



Najlepšie dostupné techniky pri nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu

Príručka č. 8/8
z edičného radu

„Príručky k nakladaniu s odpadom z ťažobného
priemyslu podľa zákona č. 514/2008 Z. z.“

Príručka bola realizovaná zo zdrojov EÚ v rámci programu Prechodného fondu UIBF 2006

Banská Bystrica 2009

Najlepšie dostupné techniky pri nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu

Objednávateľ:	Ministerstvo financií Slovenskej republiky Centrálne finančná a kontraktčná jednotka
Prijímateľ:	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky Sekcia geológie a prírodných zdrojov
Projekt:	Príprava nástrojov pre implementáciu smernice Európskeho parlamentu a Rady 2006/21/ES o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu Projekt Prechodného fondu UIBF č. 2006/018-175.06.01

Názov príručky:	Najlepšie dostupné techniky pri nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu
Číslo príručky:	8/8
Počet strán:	309 strán textu
Preklad:	RNDr. Adam Lichý, Mgr. Zuzana Mészárosová, Ján Bartek, RNDr. Jaroslav Schwarz
Redakcia:	RNDr. Vlasta Jánová, PhD., RNDr. Jaroslav Schwarz
Poskytovateľ:	ENVIGEO, a.s., Banská Bystrica prois, s.r.o., Banská Bystrica
Dátum:	August 2009

Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

OBSAH

A. ÚVOD	8
B. ZÁKLADNÉ POJMY	9
C. NAJLEPŠIA DOSTUPNÁ TECHNIKA A SÚČASNÁ LEGISLATÍVA	10
D. OBSAH REFERENČNÉHO DOKUMENTU NAJLEPŠÍCH DOSTUPNÝCH TECHNÍK	11
ÚVOD	22
3. APLIKOVANÉ PROCESY A TECHNIKY	27
3.1 RUDY	27
3.1.2 Neželezné kovy.....	27
3.1.4 Železo	98
3.1.6 Drahé kovy (zlato a striebro)	125
3.1.7 Volfrám.....	147
3.2 NERUDY	155
3.2.1 Baryty	155
3.2.6 Vápenec	159
3.2.9 Mastenec	166
3.4 UHLIE	170
3.4.1 Geologické pomery a techniky dobývania.....	170
3.4.2 Úprava nerastných surovín	171
3.4.3 Nakladanie s odpadom z úpravy	172
3.4.4 Nakladanie s hlušinou	181
3.4.5 Súčasná úroveň emisií a spotreby	181
4. TECHNIKY UVAŽOVANÉ PRI URČOVANÍ NAJLEPŠÍCH DOSTUPNÝCH TECHNÍK	184
4.1 ZÁKLADNÉ PRINCÍPY	184
4.2 MANAŽMENT ŽIVOTNÉHO CYKLU	185
4.2.1 Etapa plánovania	185
4.2.2 Etapa výstavby.....	206
4.2.3 Prevádzková etapa	206
4.2.4 Etapa uzavretia a následnej starostlivosti	214
4.3 PREVENCIA A KONTROLA EMISIÍ	228
4.3.1 Manažment kyslých výluhov.....	228
4.3.2 Techniky na zníženie spotreby činidiel.....	248
4.3.3 Zabránenie vzniku vodnej erózie.....	250
4.3.4 Opatrenia proti prašnosti.....	250
4.3.5 Techniky na zníženie emisií hluku	254
4.3.6 Postupná rekultivácia / ozelenenie.....	255

4.3.7 Vodná bilancia	257
4.3.8 Odvodňovací systém odkalísk.....	258
4.3.9 Nakladanie s odsadenou vodou.....	259
4.3.10 Nakladanie s priesakmi	259
4.3.11 Techniky na zníženie emisií do vody	267
4.3.12 Monitorovanie podzemnej vody	279
4.3.13 Následná starostlivosť.....	279
5. NAJLEPŠIE DOSTUPNÉ TECHNICKY PRE NAKLADANIE S ODPADOM Z ŤAŽOBNEJ ČINNOSTI.....	280
5.1 ÚVOD	280
5.2 VŠEOBECNÉ ZÁSADY	281
5.3 LÚHOVANIE ZLATA KYANIDOM	288
5.6 ÚHLIE.....	288
5.7 ENVIRONMENTÁLNY MANAŽMENT	289
7. REFERENCIE.....	291
VÝZNAMOVÝ SLOVNÍK.....	296

Poznámka:

Číslovanie kapitol je prevzaté z pôvodného BREF dokumentu. Pretože zatiaľ neboli preložené všetky kapitoly, nie je číslovanie kontinuálne!

ZOZNAM OBRÁZKOV POUŽITÝCH V TEXTE

Obrázok 1. Systém kolektívnej – selektívnej flotácie (bulk / selection) v Zinkgruvane [66, BASE METALS GROUP, 2002].....	33
Obrázok 2. Možný systém selektívneho spracovania suroviny pre prevádzku Zinkgruvan [66, BASE METALS GROUP, 2002].....	34
Obrázok 3. Technologická schéma spracovania suroviny v prevádzke Hitura [62, HIMMI, 2002].....	35
Obrázok 4. Schéma odkaliska a dočistovacej nádrže Aitik v roku 2000 [63, BASE METALS GROUP, 2002]	50
Obrázok 5. Rez hrádzou Aitik [63, BASE METALS GROUP, 2002].....	51
Obrázok 6. Rez hrádzou v prevádzke Garpenberg pred posledným zvýšením [64, BASE METALS GROUP, 2002].....	52
Obrázok 7. Zariadenie na nakladanie s kalom v prevádzke Pyhäsalmi [62, HIMMI, 2002].....	57
Obrázok 8. Pohľad na odkalisko Zinkgruvan zhora [66, BASE METALS GROUP, 2002].....	58
Obrázok 9. Hydrologická bilancia v prevádzke Zinkgruvan [66, BASE METALS GROUP, 2002].....	60
Obrázok 10. Rez hrádzou odkaliska v závode Lisheen [75, MINORCA LISHEEN / WEST IVERNIA 1995].	64
Obrázok 11. Systém dopravy flotačného kalu v závode Lisheen [75, MINORCA LISHEEN / WEST IVERNIA, 1995].....	65
Obrázok 12. Elektricky poháňaný navijak na kladenie potrubia, ktoré dopravuje flotačný kal na odkalisko v prevádzke Lisheen.....	66
Obrázok 13. Priekopa pre zber a meranie prietoku priesakov pozdĺž hrádze [66, BASE METALS GROUP, 2002].....	71
Obrázok 14. Ďalšia priekopa pre zber a meranie prietoku priesakov pozdĺž hrádze [66, BASE METALS GROUP, 2002].....	72
Obrázok 15. Zloženie krycej vrstvy odvalu hlušiny a zobrazenie uzavretého odvalu hlušiny v oblasti Aitik [66, BASE METALS GROUP, 2002].....	81
Obrázok 16. Hydrologická bilancia v závode Hitura [62, HIMMI, 2002].....	85
Obrázok 17. Hydrologická bilancia v prevádzke Pyhäsalmi za rok 2001 [62, HIMMI, 2002].....	86
Obrázok 18. Hydrologická bilancia v prevádzke Zinkgruvan zobrazená ako priemerné ročné prietoky a maximálne prietoky [66, BASE METALS GROUP, 2002].....	87
Obrázok 19. Priemerná ročná koncentrácia zinku (mg.l^{-1}) v prebytočnej vode z dočistovacej nádrže vypúšťanej do vodného toku a vypočítaný transport (kg.rok^{-1}) 1984 - 2000 [66, BASE METALS GROUP, 2002].....	96
Obrázok 20. Ložisko Malmberget	99
Obrázok 21. Koncentrátor v Kiruna.....	102
Obrázok 22. Pričný rez hrádzou odkaliska Malmberget [49, IRON GROUP, 2002].....	110
Obrázok 23. Steirischer Erzberg [55, IRON GROUP, 2002].....	111
Obrázok 24. Schematický diagram zariadenia na spracovanie zlatonosnej rudy.....	127
Obrázok 25. Schéma CIL procesu [50, AU GROUP, 2002].....	128
Obrázok 26. Graf vzťahu potenciálu tvorby kyselín a neutralizačného potenciálu vzoriek z bane Ovacik [56, AU GROUP, 2002].....	130
Obrázok 27. Náčrt priečného rezu cez odkalisko Ovacik [56, AU GROUP, 2002].....	132
Obrázok 28. Štruktúra kompozitnej izolačnej vrstvy na lokalite Ovacik [56, AU GROUP, 2002].....	133
Obrázok 29. Pohľad na priečný rez hrádze odkaliska Boliden [50, AU GROUP, 2002].....	135
Obrázok 30. Schematický náčrt systému odkalísk a vypúšťania prečistenej vody v bani Orivesi [59, HIMMI, 2002].....	136

Obrázok 31. Lokality environmentálneho monitoringu banského závodu Ovacik [56, AU GROUP, 2002]	139
Obrázok 32. Sezónne zmeny v kvalite vody v odkalisku a v recipiente v lokalite Boliden v roku 2001 [50, AU GROUP, 2002]	141
Obrázok 33. Hydrologická bilancia v banskom závode Boliden [50, AU GROUP, 2002]	142
Obrázok 34. Obeh vody v banskom závode Orivesi [50, AU GROUP, 2002]	143
Obrázok 35. Technologická schéma zariadenia na úpravu rudy Mittersill [52, TUNGSTEN GROUP, 2002]	149
Obrázok 36. Zrnitostné zloženie vstupného materiálu do úpravne a kalu z úpravy v prevádzke Mittersill [52, TUNGSTEN GROUP, 2002]	151
Obrázok 37. Technologická schéma úpravne barytu s použitím sádzačiek a flotácie [29, BARYTES, 2002]	156
Obrázok 38. Odvodnenie kalu z úpravy barytu v povrchovej bani [110, IGME, 2002]	158
Obrázok 39. Odvodnenie kalu z úpravy barytu v betónových nádržiach [110, IGME, 2002]	159
Obrázok 40. Technologická schéma procesu úpravy vápenca [42, IMA, 2002]	163
Obrázok 41. Technologická schéma úpravy mastenca s použitím flotácie	167
Obrázok 42. Štandardná technologická schéma procesu úpravy uhlia [79, DSK, 2002]	171
Obrázok 43. Produkcia hlušiny a kalu a použité spôsoby nakladania s odpadom v oblastiach Porúrie, Sársko a Ibbenbüren v roku 2000 [79, DSK, 2002]	173
Obrázok 44. Vývoj tvaru odvalov hlušiny z úpravy v oblastiach Porúrie, Sársko a Ibbenbüren [79, DSK, 2002]	175
Obrázok 45. Znázornenie toku informácií pre návrh uzavretia úložiska	186
Obrázok 46. Hrádze odkalísk s trvalým zavodením	223
Obrázok 47. Hrádze odkalísk pre odvodnené odkaliská [6, ICOLD, 1996]	225
Obrázok 48. Typické pokryvy pre odkaliská [11, EPA, 1995]	227
Obrázok 49. Opatrenia na odkalisku Stekenjokk [100, ERIKSSON, 2002]	231
Obrázok 50. Vzťah medzi koeficientom efektívnej difúzie v pórovitom materiále čiastočne nasýtenom vodou a difúziou vo vzduchu	234
Obrázok 51. Návrhy štyroch typov pôdneho pokryvu	235
Obrázok 52. Zberný a vypúšťací kanál na uzavretom odkalisku Apirsa	238
Obrázok 53. Rozhodovací diagram pre uzavretie odkalísk a odvalov s potenciálom tvorby kyslých výluhov [20, ERIKSSON, 2002]	246
Obrázok 54. Příklad odvalu na svahu [131, IMA, 2003]	256
Obrázok 55. Příklad alternatívneho návrhu odvalu na svahu	257
Obrázok 56. Vodný cyklus odkaliska (pozmenené podľa [11, EPA, 1995])	258
Obrázok 57. Tesnenie na lokalite Ovacik [56, AU GROUP, 2002]	259
Obrázok 58. Možné typy tesniacich systémov [11, EPA, 1995]	261
Obrázok 59. Nákrés konštrukcie odvalov v oblastiach Porúrie, Sársko a Ibbenbüren [79, DSK, 2002]	265
Obrázok 60. Návrh odpadových hald flotačného odpadu - možnosti pre zabránenie negatívneho účinku na podzemnú vodu [79, DSK, 2002]	266
Obrázok 61. Schéma úpravne vody pre kyslú technologickú vodu (t. j. vodu s nízkou hodnotou pH) (Almagrera)	270
Obrázok 62. Úprava alkalickej vody v hliníkárni	273

ZOZNAM TABULIEK POUŽITÝCH V TEXTE

<i>Tabuľka 1. Lokality ťažby a úpravy surovín na získavanie neželezných kovov uvedené v tejto kapitole</i>	27
<i>Tabuľka 2. Informácie o technológii dobývania, ťažbe rudy a hlušiny pri ťažbe nerastných surovín neželezných kovov (údaje z lokalít Almagrera, Mina Reocin, Pyhäsalmi a Hitura sú za rok 2000, údaje z lokalít Aitik, Garpenberg a Bolíden sú za rok 2001)</i>	31
<i>Tabuľka 3. Typy zariadení používaných pre rozdrvenie, počet radov a výkon</i>	38
<i>Tabuľka 4. Percentuálny podiel kalu použitého na základku</i>	41
<i>Tabuľka 5. Zrntostné zloženie hlušiny v prevádzke Bolíden [65, BASE METALS GROUP, 2002]</i>	44
<i>Tabuľka 6. Priemerné obsahy prvkov v kale, ložisko Garpenberg (2001) [64, BASE METALS GROUPS, 2002]</i>	45
<i>Tabuľka 7. Zrntostné zloženie kalu, ložisko Garpenberg [64, BASE METALS GROUPS, 2002]</i>	45
<i>Tabuľka 8. Typické zrntostné zloženie kalu zakladaného v ložisku Garpenberg [64, BASE METALS GROUPS, 2002]</i>	46
<i>Tabuľka 9. Zrntostné zloženie kalu, ložisko medi Legnica-Glogow [113, S.A., 2003]</i>	46
<i>Tabuľka 10. Chemická analýza kalu z ložiska medi Legnica-Glogow [113, S.A., 2003]</i>	47
<i>Tabuľka 11. Mineralogické zloženie kalu v prevádzke Neves Corvo [142, Borges, 2003]</i>	48
<i>Tabuľka 12. Chemická analýza kalu, ložisko Zinkgruvan [66, BASE METALS GROUP, 2003]</i>	49
<i>Tabuľka 13. Parametre existujúcich hrádzí X-Y a E-F v oblasti Zinkgruvan [66, BASE METALS GROUP, 2002]</i>	59
<i>Tabuľka 14. Kontrolované parametre a aplikované monitorovanie v prevádzke Legnica – Glogow [113, S.A., 2003]</i>	69
<i>Tabuľka 15. Základný režim merania, ktorý bude dodržiavaný na nových priehradách [66, BASE METALS GROUP, 2002]</i>	70
<i>Tabuľka 16. Schéma monitorovania odkaliska [41, STOKES, 2002]</i>	73
<i>Tabuľka 17. Štruktúra krycej vrstvy odkaliska Zinkgruvan [66, BASE METALS GROUP, 2002]</i>	77
<i>Tabuľka 18. Mineralogické zloženie kalu v prevádzke Zinkgruvan [66, BASE METALS GROUP, 2002]</i>	79
<i>Tabuľka 19. Množstvo uloženej hlušiny a hlušiny použitej ako základky v oblasti Bolíden</i>	82
<i>Tabuľka 20. Spotreba vody a využitie / recyklácia vody v úpravni</i>	84
<i>Tabuľka 21. Spotreba chemikálií pri úprave neželezných kovov</i>	88
<i>Tabuľka 22. Meranie celkového množstva sedimentovaných častíc a výsledky obsahu Cu v prachových časticiach v prevádzke Aitik [63, BASE METALS GROUP, 2002]</i>	91
<i>Tabuľka 23. Imisie prachu z odkaliska v ložisku medi Legnica – Glogow [113, S.A, 2003]</i>	92
<i>Tabuľka 24. Priemerné ročné koncentrácie celkového množstva tuhých znečisťujúcich látok a obsahu kovov vo voľnom ovzduší v blízkosti (60 - 2 250 m) odkaliska v ložisku medi Legnica - Glogow [KGHM Polska Miedz, 2002 #13]</i>	92
<i>Tabuľka 25. Emisie do ovzdušia v prevádzke Lisheen [76, IRISH EPA, 2001]</i>	93
<i>Tabuľka 26. Celkové ročné emisie z úpravni farebných kovov vypúšťané do vody</i>	94
<i>Tabuľka 27. Koncentrácie jednotlivých zložiek vo vodách z úpravni neželezných kovov</i>	95
<i>Tabuľka 28. Spotreba elektrickej energie v úpravniach rúd neželezných kovov</i>	97
<i>Tabuľka 29. Priemerné koncentrácie jednotlivých zložiek rudy v odpade z mokrého triedenia v bani Kiruna a Svappavaarra [82, IRON GROUP, 2002]</i>	103
<i>Tabuľka 30. Priemerná koncentrácia stopových prvkov pre odpad z mokrého triedenia a iný odpadový materiál v bani Kiruna a Svappavaarra [49, IRON GROUP, 2002]</i>	104

Tabuľka 31. Zrnitostné zloženie kalu z gravitačnej separácie [49, IRON GROUP, 2002].....	104
Tabuľka 32. Zrnitostné zloženie kalu po separácii na šnekových triedičoch [49, IRON GROUP, 2002].....	105
Tabuľka 33. Charakteristika systému hrádzí odkaliska Kiruna [49, IRON GROUP, 2002].....	106
Tabuľka 34. Charakteristika hrádzového systému odkaliska Svappavaarra [49, IRON GROUP, 2002].....	107
Tabuľka 35. Charakteristické údaje pre odkaliská a čistiacu nádrž Malmberget [49, IRON GROUP, 2002].....	109
Tabuľka 36. Priemerné koncentrácie vo vypúšťanej vode z úložiska hlušiny po úprave železnej rudy do povrchovej vody v roku 2001.....	123
Tabuľka 37. Zoznam súčasných producentov zlata.....	125
Tabuľka 38. Potenciál tvorby kyselín v bani na zlato Ovacik.....	130
Tabuľka 39. Veľkosť častíc úpravárenského odpadu v bani Boliden [50, AU GROUP, 2002].....	131
Tabuľka 40. Voda vypúšťaná z odkaliska Boliden v rokoch 1997 – 2001.....	140
Tabuľka 41. Jednotková spotreba reagentov v banskom závode Orivesi.....	144
Tabuľka 42. Emisie do ovzdušia v prevádzke vyluhovania zlata Boliden.....	145
Tabuľka 43. Emisie do povrchovej vody zo závodu Boliden.....	145
Tabuľka 44. Emisie do vody z banského závodu Orivesi.....	146
Tabuľka 45. Výsledky z vyluhov odpadu z úpravy v prevádzke Mittersill [52, TUNGSTEN GROUP, 2002].....	150
Tabuľka 46. Obsahy ťažkých kovov v kale z úpravne Mittersill [52, TUNGSTEN GROUP, 2002].....	151
Tabuľka 47. Priemerné hodnoty parametrov nameraných na výtoku z odkaliska v prevádzke Mittersill [52, TUNGSTEN GROUP, 2002].....	153
Tabuľka 48. Barytové bane v Európe.....	155
Tabuľka 49. Spôsoby nakladania s hlušinou aplikovanej v barytových baniach v Európe [29, BARYTES, 2002].....	157
Tabuľka 50. Možnosti nakladania s hlušinou v závodoch na spracovanie barytu v Európe.....	158
Tabuľka 51. Vyrobené množstvá uhlíkatu vápenatého v EÚ v roku 2000.....	161
Tabuľka 52. Haldy hlušiny z úpravy v bani Prosper-Haniel v oblasti Porúrie.....	176
Tabuľka 53. Poklesy z poddolovania na odkalisku v dôsledku predchádzajúcej podzemnej ťažby....	178
Tabuľka 54. Prehľad potenciálnych rizík a opatrení na odkalisku ovplyvnené poklesmi z poddolovania.....	179
Tabuľka 55. Vypúšťané množstvo a parametre vody z odkaliska / nádrže v oblasti Ostrava a Karviná v roku 2000 [83, KRÍBEK, 2002].....	183
Tabuľka 56. Klasifikácia vodných stavieb s ohľadom na stratu životov alebo vážne poškodenie zdravia ľudí.....	209
Tabuľka 57. Klasifikácia vodných stavieb s ohľadom na poškodenie infraštruktúry, životného prostredia a majetku.....	209
Tabuľka 58. Klasifikácia vodných stavieb podľa nórskej legislatívy [116, NILSSON, 2001].....	209
Tabuľka 59. Klasifikácia vodných stavieb podľa španielskej legislatívy [116, NILSSON, 2001].....	210
Tabuľka 60. Súhrn kritérií pre uzavretie [100, ERIKSSON, 2002].....	215
Tabuľka 61. Kyselinotvorný produkčný potenciál na ložisku zlata Ovacik [56, AU GROUP, 2002].....	228
Tabuľka 62. Metódy prevencie vzniku kyslých výluhov a princípy, na ktorých sú založené.....	229
Tabuľka 63. Možnosti kontroly kyslých výluhov a princípy, z ktorých vychádzajú.....	244
Tabuľka 64. Disperzia prachových častíc veternou eróziou z odkaliska alebo odvalov a jej preventívne opatrenia.....	251
Tabuľka 65. Prístupy na zníženie prašnosti z dopravy.....	253

<i>Tabuľka 66. Prehľad opatrení na reguláciu priesakov.....</i>	<i>263</i>
<i>Tabuľka 67. Aplikované procesy odstránenia kyanidov.....</i>	<i>275</i>
<i>Tabuľka 68. Koncentrácia kyanidov v európskych lokalitách používajúcich kyanidizáciu</i>	<i>277</i>

A. ÚVOD

Predkladaná príručka je príručkou č. 8/8 edičného radu „Príručky k nakladaniu s odpadom z ťažobného priemyslu podľa zákona č. 514/2008 Z. z.“ vypracovaného v rámci Aktivity 3 projektu „Príprava nástrojov pre implementáciu smernice Európskeho parlamentu a Rady 2006/21/ES o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu“. Tento projekt bol realizovaný zo zdrojov EÚ v rámci programu Prechodného fondu UIBF 2006 (*Unallocated Institution Building Facility* - Budovanie inštitucionálneho vybavenia – nealokovaná čiastka).

Hlavným cieľom tohto projektu je výrazné zlepšenie nakladania s odpadmi z ťažobnej činnosti v Slovenskej republike vedúce k celkovému zlepšeniu ochrany životného prostredia a kvality života obyvateľstva v súlade s ustanoveniami smernice Európskeho parlamentu a Rady 2006/21/ES o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu (ďalej „smernica 2006/21/ES“), ktorá bola do právneho poriadku Slovenskej republiky transponovaná zákonom č. 514/2008 Z. z. o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu a o zmene a doplnení niektorých zákonov (ďalej „zákon č. 514/2008 Z. z.“). Tento zákon nadobudol účinnosť 15. decembra 2008.

Predkladaná príručka s názvom „Najlepšie dostupné techniky pri nakladaní s odpadom z bankského priemyslu“ je prekladom vybraných častí referenčného dokumentu najlepších dostupných techník „*Reference document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste – Rock in Mining Activities*“, vypracovaného *Joint Research Centre (JRC)* so sídlom v Seville (Španielsko), so stavom k júlu 2004.

Výber kapitol bol urobený tak, aby preložené časti čo najkomplexnejšie pokrývali ťažobné aktivity, ktoré sa vykonávali, vykonávajú, či môžu vykonávať na území Slovenskej republiky.

Najlepšie dostupné techniky (angl. skr. *BAT* z „*Best Available Technique*“) boli zavedené do slovenskej legislatívy zákonom č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia (ďalej len *IPKZ*) a o zmene a doplnení niektorých zákonov, ktorým sa transponovala smernica Rady Európskej únie 96/61/EC o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia (*Integrated Pollution Prevention and Control Directive – IPPC Directive*).

Referenčné dokumenty *BAT (BREFs)* sú výsledkom výmeny informácií o aktuálnom vývoji najlepších dostupných techník a odvodených emisných limitoch. Táto výmena sa uskutočňuje v rámci špecializovanej Technickej pracovnej skupiny (*Technical Working Group – TWG*), ktorá je primárnym zdrojom všetkých informácií požadovaných pre *BREF* a je vytvorená v rámci Európskej kancelárie integrovanej prevencie a kontroly znečisťovania (*IPKZ*) priamo pre daný účel. Tvorbu *BREF* zabezpečuje Európska kancelária *IPKZ (European IPPC Bureau)*, Spoločné výskumné centrum (*Joint Research Centre – JRC*) so sídlom v Seville (Španielsko) a konečnú zodpovednosť za zverejnenie *BREFs* má Európska komisia.

Jadrom každého *BREF* je rad prvkov vedúcich k zisteniu, čo možno považovať za “najlepšie dostupné techniky” (*BAT*) na základe predchádzajúcich informácií a príslušných emisných limitov pre dané odvetvie. V závere *BREF* obsahuje informáciu o vyvíjaných technikách v danom odvetví. V žiadnom prípade by nemal obsahovať politické názory a stanoviská.

Príručka je určená prevádzkovateľom, orgánom štátnej správy na úseku ťažobných odpadov a obciam.

B. ZÁKLADNÉ POJMY

- **BAT - Best Available Techniques – najlepšia dostupná technika** - definovaná ako najefektívnejšia a najpokročilejší stav rozvoja činností a spôsob ich prevádzkovania, ktorý preukazuje praktickú vhodnosť určitej techniky, najmä z hľadiska určovania emisných limitov sledujúcich predchádzanie vzniku emisií v prevádzke, a ak to nie je možné, aspoň celkové zníženie emisií a ich nepriaznivého vplyvu na životné prostredie podľa zákona č. 245/2003 Z. z. o IPKZ.
- **BREF – Reference Document on BAT – referenčný dokument BAT** – základný dokument, udávajúci aktuálny stav poznania najlepších dostupných techník v danom priemyselnom odvetví.
- **Technika** - je používaná technológia, ako aj spôsob, akým je prevádzka navrhnutá, postavená, udržiavaná, prevádzkovaná a ukončená.
- **Najlepšia technika** - je najúčinnnejšia (najefektívnejšia) technika z hľadiska dosiahnutia vysokej úrovne ochrany životného prostredia.
- **Dostupná technika** - je do takej miery vyvinutá technika, ktorá pri zohľadnení nákladov na ňu a prínosu z nej umožňuje jej používanie v príslušnom priemyselnom odvetví za ekonomicky a technicky únosných podmienok, a ktorá je za rozumných podmienok dostupná prevádzkovateľovi bez ohľadu na to, kde sa vyrába.

C. NAJLEPŠIA DOSTUPNÁ TECHNIKA A SÚČASNÁ LEGISLATÍVA

Pri prijímaní opatrení potrebných na predchádzanie nepriaznivých účinkov nakladania s ťažobným odpadom, alebo na čo najväčšie obmedzenie týchto účinkov na životné prostredie a zdravie ľudí, je podľa § 3 ods. 4 zákona č. 514/2008 Z. z. potrebné vychádzať z použitia najlepších dostupných techník (§ 5 zákona č. 245/2003 Z. z.) so zohľadnením technických vlastností úložiska, jeho umiestnenia a miestnych environmentálnych podmienok.

Najlepšie dostupné techniky (BAT) pre jednotlivé priemyselné odvetvia a druhy prevádzok na území Slovenskej republiky sa určujú na základe údajov Európskych spoločenístiev o ich vývoji a v súlade s nasledovnými hľadiskami (príloha č. 3 zákona č. 245/2003 Z. z.):

1. používanie nízkoodpadovej technológie,
2. používanie menej nebezpečných látok,
3. podpora zhodnocovania a recyklácie látok, ktoré vznikajú alebo sa používajú v technologickom procese, prípadne zhodnocovanie a recyklácia odpadov,
4. porovnateľné procesy, zariadenia alebo prevádzkové metódy, ktoré už boli úspešne vyskúšané v priemyselnom meradle,
5. technický rozvoj a vývoj vedeckých poznatkov a ich interpretácia,
6. charakter, účinky a množstvo príslušných emisií,
7. dátumy uvedenia nových alebo jestvujúcich zariadení do prevádzky,
8. čas potrebný na zavedenie najlepšej dostupnej techniky,
9. spotreba a druh surovín (vrátane vody) používaných v technologickom procese a ich energetická náročnosť,
10. požiadavka prevencie a zníženia celkových účinkov emisií na životné prostredie na minimum a z toho vyplývajúcich rizík pre životné prostredie,
11. požiadavka prevencie havárií a minimalizácia ich následkov na životné prostredie,
12. informácie o stave a vývoji najlepších dostupných techník a ich monitorovanie zverejňované Európskou komisiou alebo medzinárodnými organizáciami.

Aktuálne údaje o BAT a BREF sú dostupné na internetových stránkach Informačného systému integrovanej prevencie a kontroly znečisťovania (<http://ipkz.enviroportal.sk/bat-dokumenty.php>) a Slovenskej inšpekcie životného prostredia (<http://www.sizp.sk>).

Je možné sa k nim dostať aj cez internetové stránky Európskej komisie (<http://ec.europa.eu/environment/waste/mining/bat.htm>), alebo tiež cez stránky Spoločného výskumného centra Európskej kancelárie IPKZ (<http://www.jrc.es>).

D. OBSAH REFERENČNÉHO DOKUMENTU NAJLEPŠÍCH DOSTUPNÝCH TECHNÍK

Pri spracovaní príručky bol použitý dokument BREF „Reference document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste – Rock in Mining Activities“, ktorého obsah je nižšie uvedený. Do príručky boli prebrané len tie kapitoly, ktoré sú v obsahu podfarbené.

SÚHRN	1
ÚVOD	XXI
CIEĽ	XLI
1. VŠEOBECNÉ INFORMÁCIE	1
1.1 Prehľad priemyslu: rudy	2
1.1.1 Hliník	3
1.1.2 Neželezné kovy (kadmium, meď, olovo, nikel, cín, zinok)	4
1.1.3 Chróm	9
1.1.4 Železo	10
1.1.5 Mangán	11
1.1.6 Ortuť	12
1.1.7 Drahé kovy (zlato, striebro)	13
1.1.8 Volfrám	17
1.2 Prehľad priemyslu: nerudné nerastné suroviny	17
1.2.1 Baryty	18
1.2.2 Boráty	19
1.2.3 Živce	20
1.2.4 Fluorit	21
1.2.5 Kaolín	22
1.2.6 Vápenec	22
1.2.7 Fosfáty	23
1.2.8 Stroncianit	23
1.2.9 Mastenec	23
1.3 Prehľad priemyslu: potaš	25
1.4 Prehľad priemyslu: uhlie	26
1.5 Európska ťažba a produkcia ťažobného odpadu	28
1.6 Kľúčové environmentálne otázky	31
1.6.1 Lokalizácia miesta	32
1.6.2 Charakteristika materiálu vrátane odhadu jeho správania z dlhodobého hľadiska	33
1.6.3 Parametre dôležité pre životné prostredie	34
1.6.3.1 Typické emisie a hospodárenie s vodou a činidlami	34
1.6.3.2 Dopad emisií na životné prostredie	35
1.6.3.3 Kyslé výluhy	36
1.6.3.4 Náhodné výbuchy alebo zrútenia	38
1.6.4 Rekultivácia a následná starostlivosť	40

2. SÚČASNÉ TECHNIKY A PROCESY	41
2.1 Techniky dobývania	41
2.1.1 Typy ložísk nerastných surovín	44
2.1.2 Metódy podzemného dobývania	44
2.2 Mineralógia	45
2.3 Techniky úpravy nerastných surovín	46
2.3.1 Zariadenia	46
2.3.1.1 Zmenšovanie zrna	46
2.3.1.1.1 Drvenie	46
2.3.1.1.1 Mletie	46
2.3.1.2 Sitovanie.....	48
2.3.1.3 Triedenie	48
2.3.1.3.1 Kuželové usadzováky	49
2.3.1.3.2 Hydrocyklóny	49
2.3.1.3.3 Mechanické triediče	50
2.3.1.4 Gravitačné rozdzružovanie	51
2.3.1.4.1 Rozdzružovanie v ťažkých suspenziách	51
2.3.1.4.2 Separácia v sádzačkách	52
2.3.1.4.3 Vibračné (natriasacie) stoly	54
2.3.1.4.4 Špirály	54
2.3.1.4.5 Kužely	51
2.3.1.5 Flotácia	56
2.3.1.6 Magnetická separácia	58
2.3.1.7 Elektrostatická separácia	58
2.3.1.8 Rozdzružovanie	59
2.3.1.9 Lúhovanie	59
2.3.1.10 Odvodnenie	60
2.3.2 Činidlá	63
2.3.3 Účinky na vlastnosti hlušiny	64
2.3.4 Techniky a procesy	65
2.3.4.1 Rafinácia oxidu hlinitého	65
2.3.4.2 Kyanidové lúhovanie zlata	66
2.4 Nakladanie s hlušinou z úpravy a ťažby	69
2.4.1 Charakteristika materiálov v odkaliskách a zariadeniach pre nakladanie s hlušinou.....	69
2.4.1.1 Pevnosť v šmyku	69
2.4.1.2 Ďalšie charakteristiky	70
2.4.2 Odkalisko	70
2.4.2.1 Dopravné systémy kašovitých hlušín	73
2.4.2.2 Hrádza	73
2.4.2.3 Ukladanie v usadzovacej nádrži.....	80
2.4.2.4 Odstránenie odsadenej vody	81
2.4.2.5 Priesaky	83
2.4.2.6 Projektovanie podľa záplav	84

2.4.3	Zahustená (odvodnená) hlušina	84
2.4.4	Odvaly hlušiny z úpravy a ťažby	85
2.4.5	Zakladanie	85
2.4.6	Ukladanie hlušiny z úpravy pod hladinu vody	87
2.4.7	Spôsoby porušenia odkalísk a odvalov	87
2.5	Charakteristika a správanie hlušiny.....	88
2.6	Uzavretie, rekultivácia a následná starostlivosť o zariadenie	89
2.7	Kyselé banské vody	90
3.	APLIKOVANÉ PROCESY A TECHNIKY	93
3.1	Rudy	96
3.1.1	Hliník	96
3.1.1.1	Mineralogia a techniky dobývania	96
3.1.1.2	Úprava nerastných surovín	97
3.1.1.3	Nakladanie s hlušinou z úpravy	98
3.1.1.3.1	Charakteristika hlušiny	98
3.1.1.3.2	Aplikované metódy	102
3.1.1.3.3	Bezpečnosť a predchádzanie haváriam	106
3.1.1.3.4	Uzavretie a následná starostlivosť.....	106
3.1.1.4	Súčasná úroveň emisií a spotreby	107
3.1.1.4.1	Nakladanie s vodou a čínidlami	107
3.1.1.4.2	Emisie do ovzdušia	108
3.1.1.4.3	Emisie do vody	109
3.1.1.4.4	Kontaminácia pôdy	109
3.1.1.4.5	Spotreba energie	109
3.1.2	Neželezné kovy	109
3.1.2.1	Mineralógia a techniky dobývania	110
3.1.2.2	Úprava nerastných surovín	113
3.1.2.2.1	Zmenšovacie zrna (drvenie a mletie)	115
3.1.2.2.2	Separácia	118
3.1.2.3	Nakladanie s odpadom z úpravy (kalom)	120
3.1.2.3.1	Charakteristika odpadu z úpravy (kalu)	121
3.1.2.3.2	Aplikované metódy	127
3.1.2.3.3	Bezpečnosť a predchádzanie haváriam	143
3.1.2.3.4	Uzavretie úložiska a následná starostlivosť	149
3.1.2.4	Nakladanie s hlušinou	152
3.1.2.4.1	Charakteristika hlušiny	152
3.1.2.4.2	Aplikované metódy	153
3.1.2.5	Súčasná úroveň emisií a spotreby	157
3.1.2.5.1	Nakladanie s vodou a čínidlami	157
3.1.2.5.2	Emisie do ovzdušia	162
3.1.2.5.3	Emisie do vody	165
3.1.2.5.4	Kontaminácia pôdy	167
3.1.2.5.5	Spotreba energie	168

3.1.3	Chróm	168
3.1.3.1	Mineralógia a techniky dobývania	168
3.1.3.2	Úprava nerastných surovín	168
3.1.3.3	Nakladanie s hlušinou z úpravy	170
3.1.3.3.1	Charakteristika hlušiny	170
3.1.3.3.2	Aplikované metódy	170
3.1.3.3.3	Bezpečnosť a predchádzanie haváriam	171
3.1.3.4	Nakladanie s hlušinou z ťažby	171
3.1.3.4.1	Uzavretie a následná starostlivosť	171
3.1.3.5	Súčasná úroveň emisií a spotreby	172
3.1.3.5.1	Nakladanie s vodou a číidlami	172
3.1.3.5.2	Emisie do ovzdušia	172
3.1.3.5.3	Emisie do vody	172
3.1.3.5.4	Kontaminácia pôdy	173
3.1.3.5.5	Spotreba energie	173
3.1.4	Železo	173
3.1.4.1	Mineralógia a dobývacie metódy	173
3.1.4.2	Úprava nerastných surovín	176
3.1.4.2.1	Zmenšovanie zrna (drvenie a mletie)	176
3.1.4.2.2	Separácia	176
3.1.4.3	Nakladanie sodpadom z úpravy (kalom)	177
3.1.4.3.1	Charakteristika kalu	177
3.1.4.3.2	Aplikované metódy nakladania	179
3.1.4.3.3	Vývoj nových metod ukladania odpadu	186
3.1.4.3.4	Bezpečnosť odkalísk a prevencia havárií	187
3.1.4.3.5	Uzavretie úložísk a následná starostlivosť	189
3.1.4.4	Nakladanie s hlušinou z ťažby	189
3.1.4.4.1	Nakladanie s hlušinou	189
3.1.4.4.2	Aplikované techniky riadenia	190
3.1.4.4.3	Bezpečnosť odvalov a prevencia havárií	192
3.1.4.4.4	Uzavretie odvalov a následná starostlivosť	193
3.1.4.5	Súčasná úroveň emisií a spotreby	193
3.1.4.5.1	Nakladanie s vodou a číidlami	194
3.1.4.5.2	Emisie do ovzdušia	194
3.1.4.5.3	Emisie do vody	195
3.1.4.5.4	Kontaminácia pôdy	197
3.1.4.5.5	Spotreba energie	197
3.1.5	Mangán	198
3.1.5.1	Mineralógia a techniky dobývania	198
3.1.5.2	Nakladanie s hlušinou z úpravy	198
3.1.6	Drahé kovy (zlato a striebro)	198
3.1.6.1	Mineralógia a dobývacie metódy	198
3.1.6.2	Úprava nerastov	199
3.1.6.2.1	Drvenie a mletie	199
3.1.6.2.2	Separácia	200

3.1.6.3	Nakladanie s kalom	203
3.1.6.3.1	Charakteristika kalu	203
3.1.6.3.2	Aplikované metódy riadenia	205
3.1.6.3.3	Bezpečnosť odkaliska a prevencia havárií	209
3.1.6.3.4	Uzavretie odkalisk a následná starostlivosť	210
3.1.6.4	Nakladanie s hlušinou	211
3.1.6.5	Súčasná úroveň emisií a spotreby	212
3.1.6.5.1	Nakladanie s vodou a číidlami	213
3.1.6.5.2	Emisie do ovzdušia	217
3.1.6.5.3	Emisie do vody	218
3.1.6.5.4	Spotreba energie	219
3.1.7	Volfrám	219
3.1.7.1	Mineralógia a dobývacie metódy	219
3.1.7.2	Úprava nerastov	220
3.1.7.2.1	Drvenie a mletie	220
3.1.7.2.2	Separácia	221
3.1.7.3	Nakladanie s odpadmi	222
3.1.7.3.1	Charakteristika kalu z úpravy	223
3.1.7.4	Aplikované metódy	224
3.1.7.4.1	Bezpečnosť odkalísk a prevencia havárií	225
3.1.7.4.2	Uzavretie úložísk a následná starostlivosť	225
3.1.7.5	Nakladanie s hlušinou	225
3.1.7.6	Súčasná úroveň emisií a spotreby	226
3.1.7.6.1	Nakladanie s vodou a číidlami	226
3.1.7.6.2	Emisie do ovzdušia	226
3.1.7.6.3	Emisie do vody	226
3.1.8	Náklady	227
3.1.8.1	Prevádzka	227
3.1.8.2	Uzavretie	231
3.2	Nerudy	232
3.2.1	Baryty	232
3.2.1.1	Mineralógia a dobývacie metódy	232
3.2.1.2	Úprava nerastov	233
3.2.1.3	Nakladanie s odpadom z úpravy	234
3.2.1.4	Nakladanie s hlušinou z ťažby	236
3.2.2	Boráty	236
3.2.2.1	Mineralógia a techniky dobývania	237
3.2.2.2	Úprava nerastných surovín	237
3.2.2.3	Nakladanie s hlušinou z úpravy	238
3.2.3	Živce	239
3.2.3.1	Mineralógia a techniky dobývania	239
3.2.3.2	Úprava nerastných surovín	239
3.2.3.3	Nakladanie s hlušinou z úpravy	244
3.2.3.3.1	Charakteristika hlušiny	244
3.2.3.3.2	Aplikované metódy	245
3.2.3.3.3	Bezpečnosť a predchádzanie haváriám	245
3.2.3.4	Súčasná úroveň emisií a spotreby	245
3.2.3.4.1	Nakladanie s vodou a číidlami	245
3.2.3.4.2	Spotreba energie	246

3.2.4	Fluorit	246
3.2.4.1	Mineralógia a techniky dobývania	246
3.2.4.2	Úprava nerastných surovín	247
3.2.4.2.1	Gravitačné rozdzružovanie	247
3.2.4.2.2	Flotácia	247
3.2.4.2.3	Úprava nerastnej suroviny	247
3.2.4.3	Nakladanie s hľušinou z úpravy	248
3.2.4.3.1	Aplikované metódy	248
3.2.4.3.2	Bezpečnosť a predchádzanie haváriam	249
3.2.4.3.3	Uzavretie a následná starostlivosť	249
3.2.4.4	Nakladanie s hľušinou z ťažby	249
3.2.4.5	Súčasná úroveň emisií a spotreby	249
3.2.4.5.1	Nakladanie s vodou a číidlami	249
3.2.4.5.2	Kontaminácia pôdy	249
3.2.5	Kaolín	250
3.2.5.1	Mineralógia a techniky dobývania	250
3.2.5.2	Úprava nerastných surovín	250
3.2.5.3	Nakladanie s hľušinou z úpravy	254
3.2.5.3.1	Charakteristika hľušiny	254
3.2.5.3.2	Aplikované metódy	254
3.2.5.3.3	Bezpečnosť a predchádzanie haváriam	256
3.2.5.4	Nakladanie s hľušinou z ťažby	256
3.2.5.5	Súčasná úroveň emisií a spotreby	256
3.2.5.5.1	Nakladanie s vodou a číidlami	256
3.2.5.5.2	Spotreba energie	256
3.2.6	Vápenec	257
3.2.6.1	Mineralógia a dobývacie metódy	257
3.2.6.2	Úprava nerastov	257
3.2.6.3	Nakladanie s odpadom z úpravy	260
3.2.6.3.1	Charakteristika odpadu z úpravy	260
3.2.6.3.2	Aplikované metódy	260
3.2.6.4	Bezpečnosť a prevencia havárií	261
3.2.6.4.1	Uzavretie úložísk a následná starostlivosť	262
3.2.6.4.2	Nakladanie s hľušinou	262
3.2.6.5	Súčasná úroveň emisií a spotreby	262
3.2.6.5.1	Nakladanie s vodou a číidlami	262
3.2.7	Fosfáty	262
3.2.7.1	Mineralógia a techniky dobývania	262
3.2.7.2	Úprava nerastných surovín	262
3.2.7.3	Nakladanie s hľušinou z úpravy	263
3.2.7.4	Nakladanie s hľušinou z ťažby	264
3.2.7.5	Súčasná úroveň emisií a spotreby	264
3.2.8	Stroncianit	262
3.2.8.1	Mineralógia a techniky dobývania	265
3.2.8.2	Úprava nerastných surovín	265
3.2.8.3	Nakladanie s hľušinou z úpravy	265

3.2.9	Mastenec	266
3.2.9.1	Mineralógia a techniky dobývania	266
3.2.9.2	Úprava nerastnej suroviny	267
3.2.9.3	Nakladanie s odpadom z úpravy	268
3.2.9.4	Nakladanie s hlušinou z ťažby	269
3.2.10	Náklady	269
3.3	Potaš	270
3.3.1	Mineralógia a techniky dobývania	270
3.3.2	Úprava nerastných surovín	273
3.3.2.1	Zmenšovanie zrna	273
3.3.2.2	Separácia	274
3.3.2.2.1	Proces lúhovania za tepla	274
3.3.2.2.2	Flotácia	276
3.3.2.2.3	Elektrostatická separácia	276
3.3.2.2.4	Rozdružovanie v ťažkých kvapalinách	277
3.3.2.3	Odsolňovanie	277
3.3.3	Nakladanie s hlušinou z úpravy	278
3.3.3.1	Charakteristika hlušiny	278
3.3.3.2	Aplikované metódy	279
3.3.3.2.1	Odvaly hlušiny	279
3.3.3.2.2	Haldy hlušiny	283
3.3.3.2.3	Zakladanie	283
3.3.3.2.4	Vypúšťanie do povrchových vôd	284
3.3.3.2.5	Vypúšťanie do podzemných vôd	285
3.3.3.2.6	Ukladanie hlušiny z úpravy do mora	286
3.3.3.3	Bezpečnosť a predchádzanie haváriam	286
3.3.3.4	Uzavretie a následná starostlivosť	286
3.3.4	Nakladanie s hlušinou z ťažby	287
3.3.5	Súčasná úroveň emisií a spotreby	287
3.3.5.1	Nakladanie s vodou a činidlami	287
3.3.5.2	Emisie do vody	287
3.4	Uhlie	288
3.4.1	Geologické pomery a techniky dobývania	288
3.4.2	Úprava nerastných surovín	289
3.4.3	Nakladanie s odpadom z úpravy	290
3.4.3.1	Charakteristika odpadu z úpravy	290
3.4.3.2	Aplikované metódy	290
3.4.3.2.1	Haldy hlušiny z úpravy	292
3.4.3.2.2	Odkaliská	294
3.4.3.3	Bezpečnosť úložisk a prevencia havárií	297
3.4.3.4	Uzavretie úložisk a následná starostlivosť	297
3.4.4	Nakladanie s hlušinou	298
3.4.5	Súčasná úroveň emisií a spotreby	298
3.4.5.1	Nakladanie s vodou a činidlami	298
3.4.5.2	Emisie do ovzdušia	299
3.4.5.3	Emisie do vody	299

4.	TECHNIKY UVAŽOVANÉ PRI URČOVANÍ NEJLEPŠÍCH DOSTUPNÝCH TECHNIK	301
4.1	Základné princípy	301
4.2	Manažment životného cyklu	302
4.2.1	Etapa plánovania	302
4.2.1.1	Environmentálne východiská	303
4.2.1.2	Charakteristika ťažobných odpadov	304
4.2.1.3	Prípravná projektová dokumentácia (štúdie a plány) pre úložiská	306
4.2.1.4	Projekt úložiska a prídavných zariadení	314
4.2.1.5	Kontrola a monitoring	317
4.2.2	Etapa výstavby	319
4.2.3	Prevádzková etapa	319
4.2.3.1	Prevádzkové manuály	321
4.2.3.2	Audity	325
4.2.4	Etapa uzavretia a následnej starostlivosti	327
4.2.4.1	Dlhodobé ciele uzavretia	327
4.2.4.2	Špecifické problémy uzavretia	331
4.3	Prevenčia a kontrola emisií	338
4.3.1	Manažment kyslíkych výluhov	338
4.3.1.1	Odhad potenciálu tvorby kyslíkych výluhov	339
4.3.1.2	Preventívne opatrenia	339
4.3.1.2.1	Trvalé zavodenie	340
4.3.1.2.2	Suchý pokryv	343
4.3.1.2.3	Ukladanie reaktívnych ťažobných odpadov pod vodnú hladinu	348
4.3.1.2.4	Pokryv spotrebujúci kyslík	350
4.3.1.2.5	Vytvorenie mokradí	351
4.3.1.2.6	Zvýšená hladina podzemných vôd	351
4.3.1.2.7	Odstránenie pyritu - depyritizácia	351
4.3.1.2.8	Selektívne nakladanie s odpadom	352
4.3.1.3	Možnosti kontroly	353
4.3.1.3.1	Pridanie materiálu s pufrakčnou schopnosťou	354
4.3.1.4	Podmienky úpravy	354
4.3.1.5	Rozhodovací proces o uzavretí úložisk s produkciou kyslíkych výluhov	354
4.3.1.6	Manažment kyslíkych výluhov pri ťažbe mastenca	355
4.3.2	Techniky na zníženie spotreby činidiel	356
4.3.2.1	Počítačové riadenie procesu	356
4.3.2.2	Prevádzkové stratégie minimalizácie prídavku kyanidov	357
4.3.2.2.1	Automatická kontrola koncentrácie kyanidov	357
4.3.2.2.2	Predúprava peroxidom	358
4.3.2.3	Predtriedenie	358
4.3.3	Zabránenie vzniku vodnej erózie	359
4.3.4	Opatrenia proti prašnosti	359
4.3.4.1	Pláže	359
4.3.4.2	Svahy	360
4.3.4.3	Doprava	361
4.3.4.3.1	Pásový dopravník	361
4.3.4.3.1	Nákladná doprava	361
4.3.5	Techniky na zníženie emisií hluku	362
4.3.6	Postupná rekultivácia / ozelenenie	362

4.3.7.	Vodná bilancia	365
4.3.8	Odvodňovací systém odkalísk	366
4.3.9	Nakladanie s odsadenou vodou	366
4.3.10	Nakladanie s priesakmi	366
4.3.10.1	Prevenčia a zníženie priesakov	367
4.3.10.2	Regulácia priesakov	369
4.3.10.3	Odvaly z úpravy draselných solí	370
4.3.10.4	Haldy kalu z úpravne uhlia	371
4.3.11	Techniky na zníženie emisií do vody	375
4.3.11.1	Recyklácia technologickej vody	375
4.3.11.2	Pranie úpravárenského kalu	375
4.3.11.3	Úprava rozpustených kovov	375
4.3.11.4	Nerozpustené častice a rozpustené látky	376
4.3.11.4.1	Usadzovacie nádrže	376
4.3.11.5	Úprava kyslých vôd	377
4.3.11.6	Úprava alkalických vôd	380
4.3.11.7	Úprava vody s obsahom arzénu	381
4.3.11.8	Odstraňovanie kyanidov	382
4.3.11.9	Priepustné reaktívne bariéry	386
4.3.12	Monitorovanie podzemnej vody	387
4.3.13	Následná starostlivosť	387
4.3.13.1	Odkalisko hliníkových červených kalov	387
4.4	Predchádzanie haváriám	387
4.4.1	Nakladanie s hlušinou z úpravy a ťažby v bani	387
4.4.2	Odvádzanie prírodných vôd	387
4.4.2.1	Nádrže	387
4.4.2.2	Odvaly	388
4.4.3	Príprava prirodzeného podlažia pod hrádzou	389
4.4.4	Materiál pre konštrukciu hrádze	389
4.4.5	Ukladanie hlušiny z úpravy	389
4.4.6	Techniky konštrukcie a zvyšovania hrádze	389
4.4.6.1	Konvenčné hrádze	391
4.4.6.2	Metóda zvyšovania hrádze proti vode	392
4.4.6.3	Metóda zvyšovania hrádze po vode	393
4.4.6.4	Metóda zvyšovania hrádze zo stredu	394
4.4.7	Nakladanie s odsadenou vodou	394
4.4.7.1	Odstánenie odsadenej vody	394
4.4.8	Prevýšenie hrádze	395
4.4.9	Havarijná výpusť	395
4.4.10	Zohľadnenie možnosti povodne pri návrhu odkaliska	396
4.4.11	Systém odvodnenia hrádze	396
4.4.11.1	Priepustné hrádze	396
4.4.11.2	Nepriepustné hrádze	397
4.4.12	Monitorovanie priesakov	397
4.4.13	Stabilita hrádzí a odvalov	398
4.4.13.1	Bezpečnostný faktor	398
4.4.13.2	Stabilita odvalov hlušiny zo spracovania kaolínu	399
4.4.13.3	Stabilita odvalov hlušiny zo spracovania vápenca	399

4.4.14	Techniky monitorovania stability hrádzi a odvalov.....	400
4.4.14.1	Plán monitorovania	400
4.4.14.2	Meranie, prístrojové vybavenie a frekvencia monitorovania odkalísk	400
4.4.14.3	Prehliadky a audity / posudky	401
4.4.14.4	Stabilita nosnej vrstvy	403
4.4.15	Nakladanie s kyanidom	403
4.4.16	Odvodnenie kalu	403
4.4.16.1	Suchá hlušina z úpravy	404
4.4.16.2	Odvodnený kal	405
4.4.16.3	Odvodnenie jemnozrného kalu z uhlia	408
4.5	Redukcia následkov	408
4.5.1	Zakladanie hlušiny z úpravy.....	408
4.5.1.1	Zakladanie ako súčasť metódy dobývania	409
4.5.1.2	Zakladanie v malej povrchovej bani	410
4.5.1.3	Zakladanie prefiltrovanej hlušiny.....	410
4.5.1.4	Čiastočné zakladanie v povrchovej bani	411
4.5.1.5	Zakladanie vo vyťaženej bani	411
4.5.1.6	Zakladanie v podzemnom porube	411
4.5.1.7	Zakladanie pri hlbinnom dobývaní	411
4.5.1.8	Pridávanie tmelu	412
4.5.1.9	Odvodnenie zakladaných porubov	412
4.5.1.10	Zakladanie vo forme pasty	413
4.5.2	Zakladanie hlušiny z ťažby	414
4.5.3	Ukladanie hlušiny pod vodu	414
4.5.4	Iné použitie hlušiny z ťažby a úpravy	416
4.6	Zmiernenie havárií	417
4.6.1	Havarijné plánovanie	417
4.6.2	Vyhodnocovanie a vyšetrovanie udalostí	417
4.6.3	Prasknutie hlušínového potrubia	418
4.7	Nástroje environmentálneho manažmentu	418
5	NEJLEPŠIE DOSTUPNÉ TECHNIKY PRE NAKLADANIE S ODPADOM Z ŤAŽOBNEJ ČINNOSTI	427
5.1	Úvod	427
5.2	Všeobecné zásady	428
5.3	Lúhovanie zlata kyanidom	434
5.4	Hliník	434
5.5	Potaš	434
5.6	Uhlie	434
5.7	Environmentálny manažment	435
6	VYVÍJANÉ TECHNIKY PRE NAKLADANIE S ODPADOM Z ŤAŽOBNEJ ČINNOSTI	437
6.1	Spoločné ukladanie hlušín z úpravy a ťažby železných rúd	437
6.2	Zabránenie tvorby kyslých výluhov	437
6.3	Recyklácia kyanidu pomocou membránovej technológie	438
6.4	Ukladanie hlušiny do nepriepustných blokov	438
6.5	Využitie červených kalov pri riešení problematiky kyslých výluhov a znečistení kovmi	439
6.6	Kombinácia techniky SO ₂ /vzduch a peroxidu vodíka za účelom rozkladu kyanidu	440

7 REFERENCIE	441
VÝZNAMOVÝ SLOVNÍK	451
PRÍLOHA 1	471
PRÍLOHA 2	479
PRÍLOHA 3	485
PRÍLOHA 4	488
PRÍLOHA 5	511
PRÍLOHA 6	512

Niekoľko poznámok k uvedenému obsahu BREF dokumentu a jeho prekladu:

- *preložené boli tie kapitoly pôvodného BREF dokumentu, ktoré sú v predchádzajúcom prehľade vyznačené sivým podfarbením, [redacted]*
- *číslovanie strán v predchádzajúcom prehľade sa viaže k originálnemu anglickému BREF dokumentu „Reference document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste – Rock in Mining Activities“,*
- *číslovanie kapitol pôvodného BREF dokumentu a príručky č. 8/8 je zhodné,*
- *pretože neboli preložené všetky kapitoly originálneho BREF dokumentu, číslovanie kapitol nie je kontinuálne.*

ÚVOD

1 Status tohoto dokumentu

Tento dokument tvorí časť série dokumentov, ktoré obsahujú výsledky výmeny informácií medzi členskými štátmi EÚ a priemyslom, ktoré sa týkajú najlepšej dostupnej techniky (BAT), súvisiaceho monitoringu a vývoja v týchto oblastiach.

Je publikovaný Európskou komisiou podľa článku 21 (3) smernice o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu (v súčasnosti už schválená smernica 2006/21/ES – pozn. prekl.). Preto sa musia brať do úvahy "najlepšie dostupné techniky".

Východiská:

Východiskový bod pre tento dokument je oznámenie Európskej komisie COM (2000) 664 o bezpečnej prevádzke pri banskej činnosti (ďalej Oznámenie). Ako je definované v odseku 5.5 tohto Oznámenia, hlavné ťažobné aktivity nie sú zahrnuté v smernici Rady 96/61/EC (ďalej „smernica IPKZ“). Avšak činnosti tohto druhu, ktoré sú vykonávané na lokalite Baia Mare (získavania zlata lúhovaním) už spadajú do oblasti, pre ktorú platí smernica IPKZ. Odsek 2.5 (b) prílohy I. smernice IPKZ zahŕňa „zariadenia na výrobu neželezných kovov z rúd, koncentrátov alebo druhotných surovín prostredníctvom metalurgických, chemických alebo elektrolytických procesov“.

Oznámenie ďalej konštatuje, že smernica IPKZ nezahŕňa *všetky* lokality v Európskej únii a v skutočnosti nezahŕňa *väčšinu* lokalít, kde sú používané odkaliská.

Oddiel 6 tohto oznámenia navrhuje následný akčný plán, ktorý zahŕňa tri kľúčové akcie:

- ✓ doplnok k smernici Rady 96/82/EC z 9. decembra 1996 (smernica Seveso II.)
- ✓ iniciatíva pre manažment odpadu v ťažobnom priemysle
- ✓ referenčný dokument BAT

Rozhodnutie pripraviť Technický referenčný dokument popisujúci BAT pre nakladanie s bankými¹ odpadmi v zmysle článku 2 (6) smernice IPKZ bola dobrovoľná dohoda medzi Komisiou, členskými štátmi a ťažobným priemyslom.

2 Definícia najlepšej dostupnej techniky

¹ v originálnom texte referenčného dokumentu sa používa termín „*mining waste*“, čoho slovenským ekvivalentom je „banský odpad“, alebo „odpad z banskej činnosti“. Schválený zákon č. 514/2008 Z. z. však používa termín „ťažobný odpad“, ktorého anglický ekvivalent je „*extractive waste*“. Tento termín zahŕňa okrem banského odpadu aj odpad z ťažby rašeliny (ktorá podľa slovenského banského práva nie je nerastnou surovinou). V preklade referenčného dokumentu sa používajú oba termíny, podľa toho, či je vhodnejší presný preklad, alebo zachovanie kontextu a nadväznosti na slovenskú legislatívu. Referenčný dokument odpad z ťažby rašeliny osobitne nerieši, preto sme sa priklonili k použitiu termínu „banský“ v preklade názvu referenčného dokumentu – pozn. prekl..

V tomto úvode sú, pre lepšie porozumenie kontextu, popísané niektoré z najdôležitejších definícií zo smernice IPKZ vrátane definície termínu "najlepšie dostupné techniky" vychádzajúc z podkladov pre návrh smernice o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu.

Tento popis nie je úplný a je uvedený len pre informáciu. Nemá zákonnú hodnotu a v žiadnom prípade nemení alebo neprejudikuje skutočné ustanovenia týchto smerníc.

Návrh smernice o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu sa týka opatrení, postupov a usmernení pre prevenciu a/alebo čo najväčšie zníženie akýchkoľvek negatívnych vplyvov na životné prostredie a akýchkoľvek možných rizík pre ľudské zdravie, ktoré vznikajú ako výsledok nakladania s odpadmi z ťažobného priemyslu. Cieľom tohto dokumentu je zavedenie jednotného prístupu v nakladaní s odpadom z úpravy a ťažby pri ťažobnej činnosti. Hlavnou zásadou tohto prístupu je všeobecný princíp, že prevádzkovatelia musia podniknúť všetky potrebné preventívne opatrenia proti znečisťovaniu, najmä použitím najlepších dostupných techník, ktoré im umožňujú zlepšiť environmentálnu kvalitu prostredia.

Boli použité najľudujúce definície:

Termín "**najlepšie dostupné techniky**" (*BAT - Best Available Techniques*) je definovaný v článku 2 (11) smernice IPKZ ako **najefektívnejší a najpokročilejší stav rozvoja činností a spôsob ich prevádzkovania, ktorý preukazuje praktickú vhodnosť určitej techniky, najmä z hľadiska určovania emisných limitov sledujúcich predchádzanie vzniku emisií v prevádzke, a ak to nie je možné, aspoň celkové zníženie emisií a ich nepriaznivého vplyvu na životné prostredie.**

Technika - je používaná technológia, ako aj spôsob, akým je prevádzka navrhnutá, postavená, udržiavaná, prevádzkovaná a akým je ukončená činnosť v nej.

Dostupná technika - je do takej miery vyvinutá technika, ktorá pri zohľadnení nákladov na ňu a prínosu z nej umožňuje jej používanie v príslušnom priemyselnom odvetví za ekonomicky a technicky únosných podmienok a ktorá je za rozumných podmienok dostupná prevádzkovateľovi bez ohľadu na to, kde sa vyrába.

Najlepšia technika - je najúčinnjšia (najefektívnejšia) technika z hľadiska dosiahnutia vysokej celkovej úrovne ochrany životného prostredia.

Príloha 4 smernice IPKZ obsahuje zoznam "aspektov, ktoré musia byť vzaté do úvahy vo všeobecnosti alebo v špeciálnych prípadoch pri určovaní najlepších dostupných techník pri uvažovaní možných finančných nákladov a ziskov z opatrení a ďalej princípov bezpečnosti a prevencie"²:

1. použitie nízkodpadových technológií,
2. použitie menej nebezpečných látok,
3. pokračovanie v získavaní a recyklácii látok, ktoré sú produkované a používané v procese a odpadov, pokiaľ je to vhodné,
4. porovnateľné procesy, zariadenia alebo prevádzkové metódy, ktoré boli úspešne priemyselne vyskúšané,
5. pokrok v technológiách a zmeny vo vedeckých poznatkoch,

² prevzaté do slovenskej legislatívy v prílohe č. 3 k zákonu č. 245/2003 Z. z. – pozn. prekl.

6. vlastnosti, vplyv a objem súvisiacich emisií,
7. prevádzkové údaje pre nové alebo existujúce prevádzky,
8. časové obdobie nevyhnutné pre zavedenie najlepších dostupných techník,
9. spotreba a povaha surovín (vrátane vody) používaných v procese a energetická účinnosť,
10. nutnosť prevencie alebo zníženie na najnižšiu možnú úroveň celkového dopadu emisií a rizík pre životné prostredie,
11. nutnosť prevencie havárií a minimalizácia ich následkov na životné prostredie,
12. informácie publikované Komisiou podľa článku 16(2) alebo medzinárodnými organizáciami**.

Článok 21 (2) smernice pre nakladanie s odpadom z ťažobného priemyslu obsahuje povinnosť členských štátov zaistiť, že príslušné úrady sledujú alebo sú informované o vývoji v oblasti najlepších dostupných techník.

3 Ciele dokumentu

V oddieli 6.3 Oznámenia sa uvádza, že dokument *BAT* sa má zaoberať metódami na:

- zníženie každodenného znečisťovania,
- prevenciu alebo obmedzovanie havárií.

Ďalej stanovuje, že dokument *BAT* bude prispievať k znalostiam o opatreniach, ktoré sú k dispozícii za účelom prevencie prípadných havárií (napríklad Baia Mare) v budúcnosti. Povoľujúce úrady a členské štáty budú mať možnosť s takto dostupnými informáciami požadovať, aby v Európskej únii prevádzky odkalísk vyhovovali vysokým environmentálnym štandardom súčasne so zachovaním ekonomickej a technickej efektívnosti priemyselného odvetvia.

Komisia (*Environment DG*) ustanovila fórum pre výmenu informácií (*information exchange forum - IEF*) a množstvo technických pracovných skupín bolo zriadených pod záštitou *IEF*. V *IEF* a technických pracovných skupinách sú zástupcovia členských štátov a priemyslu.

Účelom tejto série dokumentov je presne zachytiť výmenu informácií, ktorá prebehla a poskytnúť referenčné informácie kompetentným úradom, ktoré by mali byť zohľadnené pri určovaní opatrení na základe *BAT*. Poskytovaním dôležitých informácií o najlepších dostupných technických majú tieto dokumenty pôsobiť ako významný nástroj pre zlepšenie environmentálnej kvality.

4 Informačné zdroje

Tento dokument predstavuje súhrn informácií zhromaždených z mnohých zdrojov, zahrňujúcich obzvlášť skúsenosti skupín zriadených pre pomoc Komisii v jej práci a overených exekutívou komisie. Všetky príspevky sú prijateľne potvrdené.

5 Ako porozumieť tomuto dokumentu

Informácie uvedené v tomto dokumentu majú byť používané ako vstup pri určovaní *BAT* pri špecifických prípadoch. Pri určovaní *BAT* a stanovení opatrení založených na *BAT*, musí byť vždy braný do úvahy hlavný cieľ, ktorým je dosiahnuteľná vysoká úroveň ochrany životného prostredia ako celku. Tento dokument sa zaoberá určitým obmedzeným počtom nerastných surovín. Použité techniky však môžu byť aplikované aj na iné prevádzky. Tento dokument môže byť preto použitý nad rámec vymedzených nerastných surovín, pokiaľ ide o podobnú problematiku.

Nasleduje popis obsahu jednotlivých častí dokumentu:

Kapitoly 1 a 2 poskytujú všeobecné informácie o odkaliskách a odvaloch dotknutého priemyselného odvetvia a o priemyselných procesoch používaných v tomto odvetví, pokiaľ sú významné pre manažment hlušín z úpravy a ťažby (*tieto kapitoly, aj z dôvodu opakovania informácií v nasledujúcich kapitolách, nie sú preložené v tejto príručke – pozn. prekl.*).

Časť 3 poskytuje údaje a informácie o používaných metódach a súčasných úrovniach emisií a spotreby, ktoré odrážajú situáciu na existujúcich odkaliskách/odvaloch v ťažobnom priemysle v období tvorby dokumentu.

Časť 4 popisuje podrobnejšie znižovanie emisií a rizík a iné metódy, s ktorými je potrebné uvažovať ako s najvýznamnejšími pre určenie *BAT* a opatrení založených na *BAT*.

Tieto informácie zahŕňajú úrovne spotreby a emisií považované za dosiahnuteľné pri použití metódy a niektoré údaje o finančných nákladoch a problémoch vzájomného znečisťovania zložiek životného prostredia, ktoré sú spojené s metódou a rozsahom, v ktorom je metóda aplikovateľná na jednotlivých skupinách odkalísk a odvalov vyžadujúcich povolenie (napr. nové, existujúce, veľké alebo malé zariadenia). Metódy, ktoré sú považované za zastaralé, nie sú zahrnuté.

Časť 5 obsahuje metódy a úrovne emisií a spotreby, ktoré sú považované za kompatibilné s *BAT* vo všeobecnom zmysle. Cieľom je poskytnúť všeobecné ukazovatele pre úrovne emisií a spotreby, ktoré môžu byť považované za vhodný referenčný bod pomáhajúci pri určení opatrení založených na *BAT*. Musí byť však zdôraznené, že tento dokument nenavrhuje maximálne prípustné hodnoty emisií. Určenie vhodných opatrení založených na *BAT*-och bude zahŕňať určenie miestnych faktorov špecifických pre lokalitu rovnako ako technických charakteristík príslušnej prevádzky, jej geografickú polohu a miestne environmentálne podmienky.

V prípade existujúcej prevádzky môže byť tiež potrebné vziať do úvahy ekonomickú a technickú efektívnosť technického zlepšenia. Aj jednotlivý cieľ zabezpečenia vysokej úrovne ochrany prostredia ako celku často prináša potrebu hľadania kompromisu rozhodnutím sa medzi rôznymi typmi environmentálnych vplyvov a toto rozhodovanie je často ovplyvnené miestnymi podmienkami.

Hoci je urobený pokus zaoberať sa niektorými z týchto problémov, nie je možné ich úplné posúdenie v rámci tohto dokumentu. Metódy a úrovne uvedené v kapitole 5 nemusia byť nevyhnutne vhodné pre všetky prevádzky. Na druhej strane, povinnosť zabezpečiť vysokú úroveň ochrany prostredia znamená, že opatrenia založené na *BAT* nemôžu byť založené na čisto miestnych podmienkach. Je preto maximálne dôležité, aby informácie obsiahnuté v tomto dokumente boli plne zohľadnené kompetentnými úradmi.

Pretože sa najlepšie dostupné techniky v priebehu času menia, bude tento dokument podľa potreby aktualizovaný a doplňaný.

Všetky pripomienky a návrhy majú byť zaslané Európskej kancelárii IPKZ (*European IPPC Bureau*) v Ústave pre inovatívne technologické štúdie (*Institute for Prospective Technological Studies*) na nasledujúcu adresu:

Edificio Expo,c/Inca Garcilaso s/n,

E-41092 Seville, Španielsko

Telefón: +34 95 4488 284

Fax: +34 95 4488 426

e-mail: eippcb@jrc.es

Internet: <http://eippcb.jrc.es>

3. APLIKOVANÉ PROCESY A TECHNIKY

3.1 Rudy

3.1.2 Neželezné kovy

V tejto kapitole sú uvedené informácie o lokalitách ťažby a úpravy surovín na získavanie neželezných kovov.

Tabuľka 1. Lokality ťažby a úpravy surovín na získavanie neželezných kovov uvedené v tejto kapitole

Oblasť	Lokalita	Krajina
Aitik	Baña Aitik	Švédsko
Almagrera	Arguas Tenidas, Sotiel	Španielsko
Aznalcollar ¹	Los Frailes	Španielsko
Ťažobná oblasť Boliden	Maurliden, Petiknas, Renström, Åkerberg, Kristineberg	Švédsko
Cantabria	Mina Reocín	Španielsko
Garpenberg	Baña Garpenberg, Garpenberg Norra	Švédsko
Hitura	Baña Hitura	Fínsko
Prejekt Las Cruces ²	Las Cruces	Španielsko
Ložisko medi Legnica-Glogow	Lubin, Polkowice-Sierszowice, Rudna	Poľsko
Lisheen	Lisheen	Írsko
Pyhäsalmi	Pyhäsalmi, Mulliköräme	Fínsko
Tara	Tara	Írsko
Zinkgruvan	Zinkgruvan	Švédsko

Vysvetlivky: ¹ uzavretá banská prevádzka, ² banská prevádzka v štádiu povolovania.

3.1.2.1 Mineralógia a techniky dobývania

Mineralógia

Kadmium (Cd)³

Existuje iba niekoľko minerálov kadmia, napríklad greenockit (CdS) alebo otavit (CdCO₃ a tiež CdO). Kadmium môže izomorfne nahradzovať zinok (Zn) v sfalerite, preto sa Cd často vyskytuje pri spracovaní nerastných surovín v Zn koncentrácii. V tomto prípade je kadmium odstraňované v taviacej peci. Malé množstvo kadmia môže byť prítomné tiež v rudách olova a medi [35, EIPPCB, 2000].

Meď (Cu)

Najčastejšie sa vyskytujúce minerály s obsahom medi sú:

- Sulfidy
 - Chalkopyrit (CuFeS₂)
 - Chalkozín (Cu₂S)
 - Kovelín (CuS)
 - Bornit (Cu₅FeS₄)

Obsah medi v chalkopyrite je pomerne nízky vzhľadom k počtu atómov medi v molekule. Je to iba 25 %, v porovnaní s ostatnými minerálmi medi ako sú chalkozín – 67 %, kuprit – 67 %, kovelín – 50 % alebo bornit – 50 %. Veľké množstvo chalkopyritu v ložiskách a jeho rozšírenie po celom svete z neho však vytvára hlavný zdroj medi. Chalkopyrit je bežným minerálom a nachádza sa takmer vo všetkých sulfidických ložiskách.

- Oxidy
 - Kuprit (Cu₂O)

Kuprit bol v minulosti dlhodobo ťažený ako hlavný zdroj medi. Na viacerých miestach po celom svete je stále ťažený aj dnes. Zo všetkých rúd medi, s výnimkou rýdzej medi, kuprit poskytuje najväčší obsah medi v molekule, pretože je v nej iba jeden atóm kyslíka na každé dva atómy medi [37, MINERALGALLERY, 2002].

- Ďalšie:
 - Malachit [Cu₂(CO₃)(OH)₂]
 - Azurit [Cu₃(CO₃)₂(OH)₂]
 - Chryzokol – hydratovaný silikát medi (CuSiO₃.nH₂O)

Olovo (Pb)

Najdôležitejším minerálom olova pre ťažobný priemysel je galenit (PbS), ktorý môže obsahovať až 1 % striebra.

³ jednotlivé kovové prvky sú zoradené abecedne podľa chemických značiek, rovnako ako v anglickom origináli – pozn. prekl.

Nikel (Ni)

Nikel je prvok, ktorý vykazuje kombinované vlastnosti železných a neželezných kovov. Je súčasne siderofilný (vystupuje spoločne so železom) a chalkofilný (má afinitu k síre). Veľká časť vyťaženého niklu pochádza z dvoch typov rudných ložísk:

- laterity, kde sú najdôležitejšími rudnými minerálmi niklu limonit $[(\text{Fe},\text{Ni})\text{O}(\text{OH})]$ a garnierit (hydratovaný silikát niklu), alebo
- magmatické sulfidické ložiská, kde je najdôležitejším rudným minerálom pentlandit $[(\text{Ni}, \text{Fe})_9\text{S}_8]$.

Iónový polomer dvojmocného niklu je blízky iónovému polomeru dvojmocného železa a horčíka, čo umožňuje vzájomné zastupovanie týchto troch prvkov v kryštálovej štruktúre niektorých silikátov a oxidov. Sulfidické ložiská niklu sú všeobecne spojené s horninami bohatými na železo a horčík, ktoré sa nazývajú ultramafity a vyskytujú sa vo vulkanických i podpovrchových vyvretých formáciách. Mnoho sulfidických ložísk sa nachádza vo veľkej hĺbke. Laterity vznikajú zvetrávaním ultramafických hornín a nachádzajú sa pri povrchu. Väčšina niklu na Zemi je pravdepodobne sústredená v jadre tejto planéty [36, USGS, 2002].

Cín (Sn)

Jediným minerálom, ktorý má komerčný význam ako zdroj cínu je kassiterit (SnO_2), napriek tomu sú malé množstvá cínu získavané z komplexných sulfidov ako je stannin, kylandrit, frankeit, canfieldit a teallit [36, USGS, 2002].

Zinok (Zn)

Sfalerit (sulfid zinočnatý ZnS s obsahom Fe) je jedným z hlavných rudných minerálov zinku na svete.

V ťažbe neželezných kovov medi, zinku a olova v Európe prevládajú sulfidické rudy (výnimkou bude projekt Las Cruces, akonáhle bude uvedený do prevádzky). Obsah sulfidov a obsah úžitkového minerálu sa medzi jednotlivými lokalitami výrazne líši.

- V lokalite **Aitik** je kontakt medzi hlavnou rudnou zónou a nadložíom ostrý, pretože ruda je viazaná na prešmyk. Kontakt medzi podložíom a rudnou zónou je pozvoľný a je tvorený poklesom obsahu rudnej zložky. Hlavnými rudnými minerálmi sú chalkopyrit, pyrit a pyrotín, ktoré sa vyskytujú ako vtrúsené rudy a žilky. Podložie je tvorené biotiticko-amfibolickou rulou a intrúziami kremenného monzodioritu (podložie obsahuje menej ako 0,26 % Cu). Hlavná rudná zóna obsahuje biotitický svor až rulu a muskovitický svor. Nadložie je tvorené amfibolicko-biotitickou rulou a pegmatitom a neobsahuje meď. Úžitkovým minerálom v rudnom telese je chalkopyrit. Priemerná koncentrácia medi v rude je 0,4 %. Ruda ďalej obsahuje zlato ($0,2 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$) a striebro ($3,5 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$) [63, BASE METALS GROUP, 2002].
- V niklovej bani **Hitura** je ultramafický komplex tvorený tromi samostatnými, blízko sa nachádzajúcimi serpentinitovými masívmi obklopenými migmatitizovanou sľudnatou rulou. Hlavnými rudnými minerálmi sú pentlandit, chalkopyrit a pyrotín, avšak miestami je hojný tiež mackinawit, kubanit a vallerit. Pyrit sa vyskytuje iba na puklinách [62, HIMMI, 2002].

- Na loklíte **Las Cruces** (projekt je práve v štádiu plánovania a povoľovania) je úžitkovým minerálom chalkozín, sekundárny sulfidický minerál medi v masívnom pyrite [67, IGME, 2002].
- V panvovom ložisku medi **Legnica-Glogow** sa Cu ruda vyskytuje v hĺbke od 600 do 1200 m p. t. v 40 m hrubom polymetalickom ložisku vrstevného typu, kde sa vyskytujú okrem minerálov medi tiež ďalšie kovy, napríklad striebro, zlato, platina a paládium. Rudné minerály sa vyskytujú buď v pieskovcoch „Rotliegendes“ alebo „Weissliegendes“ alebo v bridliciach obsahujúcich meď a v karbonátových horninách cyklothémy *Werra*, predovšetkým však v dolomitoch. V tomto ložisku medi sa nachádza viac ako 110 rudných minerálov. Hlavnými rudnými minerálmi sú chalkozín, bornit, chalkopyrit, kovelín, pyrit a galenit. Rozloženie zrudnenia v ložisku je veľmi premenlivé [113, S.A, 2002].
- V prevádzke **Lisheen** sa sulfidická mineralizácia, ktorá tvorí rudné teleso, vyskytuje v podloží dolomitického vápenca. Rudnými minerálmi sú pyrit, markazit, sfalerit a galenit a v menších koncentráciách chalkopyrit, tenantit, rýdze striebro, arzenopyrit a gersdorfit. Hlušínovým minerálom je dolomit spoločne s barytom, kalcitom, ilovitou bridlicou, illitom a kremencom [75, MINORCO LISHEEN/IVERNIA WEST, 1995].
- Ruda v **Pyhäsalmi** je celistvá a hrubozrná. Ruda obsahuje priemerne 75 % sulfidov tvorených z 3 % chalkopyritom, zo 4 % sfaleritom, z 2 % pyrotinóm a zo 66 % pyritom s menším množstvom galenitu a sulfosolí. Baryt a karbonáty sú hlavnými hlušínovými minerálmi [62, HIMMI, 2002].
- Prevádzka **Neves Corvo** je prevádzkou na ťažbu rudy s vysokým obsahom medi a cínu v Iberskom pyritickom páse. Dominantnými minerálmi rudy vo vulkanickom masíve rudného telesa sulfidového typu sú pyrit, chalkopyrit, galenit, kasiterit (cínovec), stanín, tetradrit a arzenopyrit [142, BORGES, 2003].

Techniky dobývania

V súvislosti s ťažbou neželezných kovov sa v Európe využívajú podpovrchové (hlbinné) a povrchové bane. Metódami hlbinného dobývania sú dobývania so základkou, komorovanie, pilierovanie a rôzne ďalšie techniky.

Ťažobná kapacita rudy v podpovrchových baniach je 65 000 – 1 100 000 t.rok⁻¹. V povrchovom dobývaní sa ťažba v roku 2001 pohybovala medzi 1 200 000 a 4 370 000 t (ruda + hlušina). Pri hlbinnom dobývaní je takmer všetka produkovaná hlušina priamo použitá ako základka v baniach. V niektorých prípadoch bola hlušina z existujúcich skládok na povrchu vyťažená a transportovaná do podzemia. Pri povrchovej ťažbe nie je vo väčšine prípadov zakladanie možné, avšak v Mina Reocín bola do vyťaženej časti povrchovej bane hlušina zakladaná. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené rôzne formy ťažby a techniky dobývania a tiež ročná ťažba rudy a produkcia ťažobných odpadov.

Tabuľka 2. Informácie o technológii dobývania, ťažbe rudy a hlušiny pri ťažbe nerastných surovín neželezných kovov (údaje z lokalít Almagrera, Mina Reocín, Pyhäsalmi a Hitura sú za rok 2000, údaje z lokalít Aitik, Garpenberg a Boliden sú za rok 2001)

Oblasť ťažby	Baňa	Metóda dobývania	Ťažba rudy (tis. ton za rok)	Ťažob. odpady (tis. ton za rok)
Aitik	Baňa Aitik	Povrchové	17 700	26 000 ⁴
Almagrera	Aguas Tenidas	Hlbinné (dobývanie so základkou)	300	0 ¹
	Sotiel	Hlbinné	700	0
Oblasť ťažby Boliden	Maurliden	Povrchové	224,4	875,7
	Renström	Hlbinné (dobývanie so základkou)	160,5	-104*
	Petiknäs	Hlbinné (dobývanie so základkou)	553	-15,7*
	Åkerberg	Hlbinné	32	-21*
	Kristineberg	Hlbinné (dobývanie so základkou)	503,6	4,6 ³
Cantabria	Mina Reocín	Povrchové/Hlbinné	1 100	2 500 ²
Garpenberg	Baňa Garpenberg	Hlbinné (dobývanie so základkou)	310	0
	Garpenberg Norra	Hlbinné (dobývanie so základkou)	709	38,4 ⁵
Hitura	Baňa Hitura	Hlbinné (dobývanie so základkou)	518,3	0 ³
Medené ložisko Legnica-Glogow	Lubin	Hlbinné (komorovanie a pilierovanie)	6 808	0 ³
	Polkowice-Sierszowice	Hlbinné (komorovanie a pilierovanie)	10 436	0 ³
	Rudna	Hlbinné (komorovanie a pilierovanie)	11 490	0 ³
Lisheen	Lisheen	Hlbinné (dobývanie so základkou)	1 110 ⁶	7
Pyhäsalmi	Pyhäsalmi	Hlbinné (dobývanie so základkou)	1 097,2	0 ³
	Mulliköräme	Hlbinné	64	0
Tara	Tara	Hlbinné (dobývanie hlbokými vrtmi) ⁷	2 000 ⁷	
Zinkgruvan	Zinkgruvan	Hlbinné (dobývanie so základkou)	850	0 ⁴

Vysvetlivky:

¹ Ako základka je použitá hlušina a bridlice z okolorudných hornín, ² Hlušina je použitá k zakladaniu do vyťaženej povrchovej bane, ³ Ako základka je použitá hlušina, ⁴ 65 % odpadov je uložených samostatne pre alternatívne použitie, ⁵ Použitie pre stavbu hrádze, ⁶ Zdroj: [76, IRISH EPA, 2001], ⁷ Zdroj: [74, OUTOKUMPU,]

* znamienko mínus znamená, že hlušina bola odobratá z existujúcich úložísk a bola použitá ako základka v hlbinej bani.

Oblasť **Aitík** je typickým príkladom ťažby nerastných surovín neželezných kovov v povrchovej bani. Proces zahŕňa nasledujúce operácie:

Vrtanie: zariadenie na vrtanie sa skladá z rotačnej vrtnej súpravy. Výška ťažobnej lavice je 15 m a podvrtanie je 3 m. Sieť vrtania pre ťahacie práce je 8 m x 10,5 m. Priemer vrtov je približne 300 mm. Rýchlosť vrtania je bežne okolo 17 m.hod⁻¹, ale v tvrdých horninách môže byť menej ako 10 m.hod⁻¹. Voda je čerpaná z povrchovej bane rýchlosťou 3 – 15 m³.min⁻¹.

Pokladanie náloží a ťahacie práce: Výbušnina v podobe emulzie je čerpaná z nákladného automobilu do vývrtov pre nálož. Pre iniciáciu odpálenia sa používajú neelektrické detonátory. Veľkosť každého odpalovacieho okruhu je približne 600 kt a odpálenie sa vykonáva raz za týždeň. Lavice sú plánované s generálnym sklonom svahu 47° pri podloží (podľa vrstevnatosti) a 51 až 56° pri nadloží.

Nakladanie a doprava: používajú sa tri lanové nakladače a dva hydraulické nakladače. Stroje na nakladanie dopĺňa kolesový nakladač. Doprava sa vykonáva 17 nákladnými vozidlami (nákladné vozidlá s kapacitou 172 t a 218 t).

Drvenie v bani: Ruda je nákladnými vozidlami dopravená k primárnym drvičom v ťažobnej jame, 165 m pod povrchom. Ruda je zo zásobníkov pod drvičom nakladaná na pásový dopravník. Pásový dopravník dopravuje rudu do úpravne. Sklon pásového dopravníku je 15°, šírka 1 800 mm a kapacita 4 000 t.hod⁻¹. Celková kapacita skládok na povrchu je približne 50 000 t [63, BASE METALS GROUP, 2002].

Garpenberg ako aj **Garpenberg Norra** sú hlbinné bane. Používaná metóda ťažby je dobývanie so základkou. Hruboazná frakcia hlušiny je použitá ako základka a ako základňa pri dobývaní nadložnej rudy. V súčasnej dobe je ruda dobývaná v hĺbke 400 až 870 m v bani Garpenberg a v hĺbke 700 až 990 m v bani Garpenberg Norra.

Ťahacie práce sa vykonávajú s použitím emulzných výbušnín. Plnenie sa vykonáva pomocou dieselových automobilov. Ruda je drvená drvičom v bani a potom je ťachtou dopravená na povrch. Rudu z bane Garpenberg dopravuje do úpravne 500 m dlhý krytý pásový dopravník. V bani Garpenberg Norra musí byť ruda dopravovaná nákladnými vozidlami do úpravne vzdialenej približne 2 km [64, BASE METALS GROUP, 2002].

V hlbinej bani **Neves Corvo** sú aplikované štyri rôzne metódy dobývania v závislosti od tvaru ložiska nerastnej suroviny. Všetky prázdne priestory sú zakladané tak, aby bolo maximalizované množstvo vyťaženej rudy a aby bol znížený pokles pôdy na povrchu [142, BORGES, 2003].

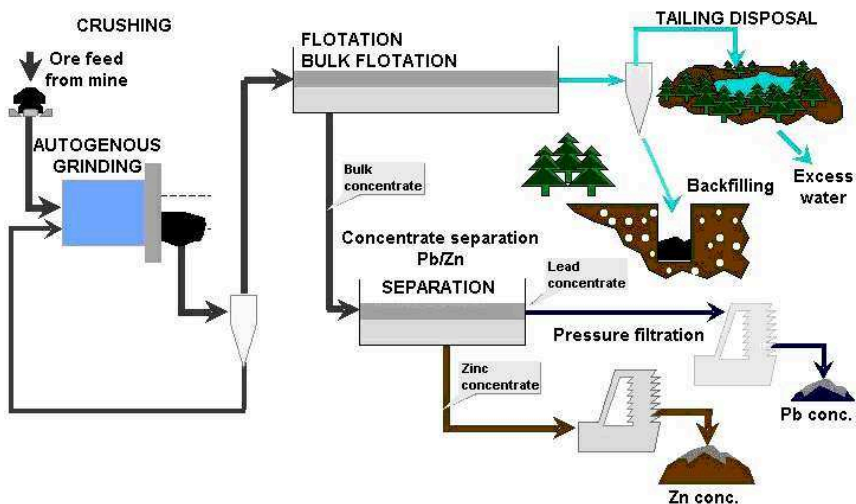
3.1.2.2 Úprava nerastných surovín

Pri úprave primárnych sulfidických rúd sa na všetkých ložiskách používa podobná technológia, ktorá zahŕňa:

- drvenie,
- mletie,
- flotáciu a
- sušenie koncentrátov.

Flotácia môže byť vykonávaná rôznymi spôsobmi. Využíva sa napríklad selektívna flotácia, ale aj iné druhy flotácie v kombinácii so selektívnou flotáciou. Ich použitie závisí od vlastností rudy, požiadavok trhu, nákladov na flotačné reagentie a podobne. Na nasledujúcich obrázkoch úpravne Zinkgruvan sú ilustrované dva možné varianty technológie úpravy.

Obrázok 1. Systém kolektívnej – selektívnej flotácie (*bulk / selection*) v Zinkgruvane [66, BASE METALS GROUP, 2002]



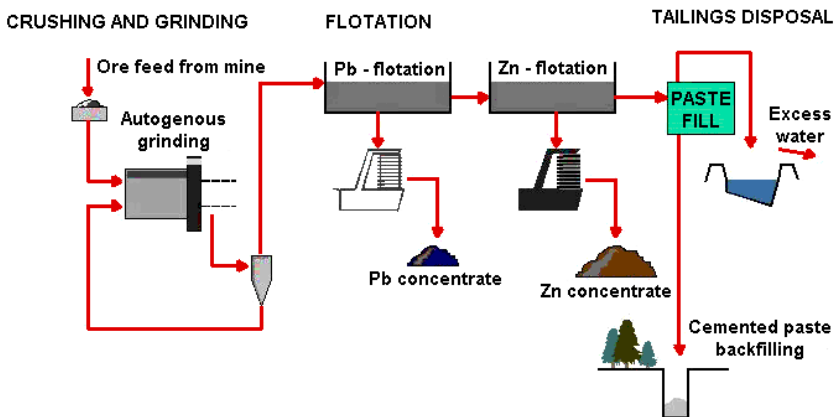
Vysvetlivky:

Crushing – mletie, *Ore feed from mine* – prívod rudy z bane, *Autogenous grinding* – autogénne mletie, *Flotation bulk flotation* – kolektívna flotácia, *Bulk concentrate* – (hromadný) koncentrát, *Concentrate separation Zn / Pb* – separácia koncentráta Zn / Pb, *Lead concentrate* – koncentrát olovnatej rudy, *Zinc concentrate* – koncentrát zinkovej rudy, *Pressure filtration* – tlaková filtrácia, *Tailing disposal* – odkalisko, *Backfilling* – základka, *Excess water* – prebytočná voda.

Úpravňa **Zinkgruvan** bola vybudovaná v roku 1977, nachádza sa neďaleko bane. Je tu nepretržitá prevádzka s ročnou produkciou 850 000 t. Výber optimálnej technológie je závislý na veľkom množstve testov s Pb - Zn rudou. Technológia úpravy rudy, ktorá sa v prevádzke Zinkgruvan používa od roku 1977, zahŕňa autogénne mletie a následnú kolektívnu – selektívnu flotáciu (pozri obrázok 1).

Alternatívnou metódou flotácie, ktorá by mohla byť použitá v prípade, že by nastali zmeny v zložení rudy, by bola postupná selektívna flotácia (pozri nasledujúci obrázok). Zmena technológie by vyžadovala zmenu flotačných činidiel, ale inak by prebiehala za podobných ekonomických a technických podmienok [66, BASE METALS GROUP, 2002].

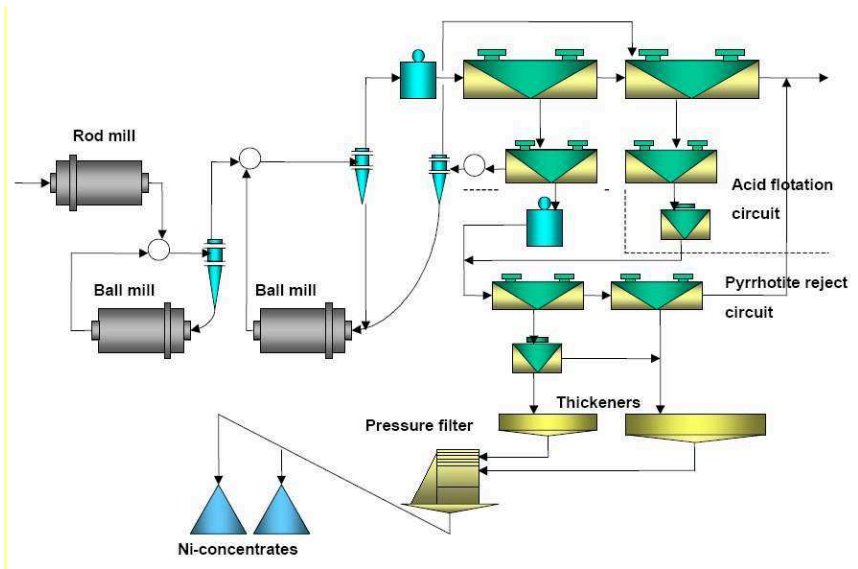
Obrázok 2. Možný systém selektívneho spracovania suroviny pre prevádzku Zinkgruvan [66, BASE METALS GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

Crushing and grinding – drvenie a mletie, *Flotation* – flotácia, *Tailings disposal* – ukladanie hlušiny, *Ore feed from mine* – prívod rudy z bane, *Autogenous grinding* – autogénne mletie, *Pb concentrate* – koncentrát olovnatej rudy, *Zn concentrate* – koncentrát zinkovej rudy, *Excess water* – prebytočná voda. *Paste fill* - kalolis a príprava zmesi pre kašovitú základku, *Cemented paste backfilling* – základka z kašovitej hmoty s prímiešanou cementačnou prísadou

Schéma spracovania niklovej rudy v prevádzke **Hitura** (nasledujúci obrázok) je podobná schéme pre sulfidické rudy.

Obrázok 3. Technologická schéma spracovania suroviny v prevádzke Hitura [62, HIMMI, 2002]

Vysvetlivky:

Rod mill - tyčový mlyn, *Ball mill* – gulový mlyn, *Acid flotation circuit* – flotácia v kyslom prostredí, *Pyrrhotite reject circuit* – odlučovač pyrotínu, *Thickeners* – zahusťovače, *Pressure filter* – tlakový filter, *Ni-concentrates* - koncentráty niklovej rudy.

V projekte **Las Cruces** je navrhovanou metódou úpravy rudy lúhovanie v kyseline sírovej s následnou extrakciou rozpúšťadlom a elektrolýzou (SX-EW). Hlušina bude odvodnená filtráciou a bude uložená v „suchých“ zásobníkoch s obložením proti tvoreniu nánosov [67, IGME, 2002].

Rudy ťažené v ložisku medi **Legnica-Głogow** sa líšia litológiou a minerálnym zložením a sú spracovávané v troch rôznych úpravniach (Lubin, Polkowice a Rudna) s celkovou kapacitou približne 30 miliónov t.rok⁻¹. V tomto prípade je pre dosiahnutie maximálnej výťažnosti medi a striebra najvhodnejšia technológia úpravy flotácia. Rudy sa navzájom líšia charakterom sprievodných hornín: pieskovec - karbonát v prevádzkach Lubin a Rudna a dolomit - bridlica v prevádzke Polkowice.

V prevádzke **Mina Reocín** sa pred mletím vykonáva prvotné obohacovanie rudy pomocou gravimetrických metód. Hlušina je čerpaná ako suspenzia do systémov odkalísk. Hrubozrnná frakcia hlušiny, ktorá sa používa pri zakladaní, sa oddeľuje od jemnozrnej frakcie hlušiny za pomoci hydrocyklónov [54, IGME, 2002].

3.1.2.2.1 Zmenšovanie zrna (drvenie a mletie)

K zmenšovaniu veľkosti zrna sa na všetkých lokalitách používa drvenie a mletie pomocou rôznych druhou drvičov a mlynov.

V prevádzke **Aitik** sa na primárne drvenie používajú dva excentrické kuželové drviče. Vstupný otvor drviča je 152 cm a priemer vnútornej plochy v spodnej časti je 277 cm. Fragmentácia drvenej rudy závisí od nastavenia drviča, ale bežne je šírka nastavená na 160 až 180 mm. Najväčšie kusy majú rozmer medzi 350 a 400 mm. Každý deň je rozdrvených a dodaných do mlecieho okruhu 40 000 až 60 000 t. Okruh sa skladá z piatich radov mlynov, každý je tvorený autogénnym mlynom, za ktorým nasleduje guľový mlyn. Každý mlecí okruh je prevádzkovaný v uzavretom obvode so špirálovým triedičom, ktorý dávkuje materiál späť do autogénneho mlyna.

Táto prevádzka má niekoľko mlecích sekcií, ktoré sú popísané nižšie:

Sekcia B, ktorá zahŕňa dva rady mlynov s výkonom 300 t.hod⁻¹, je najstarším zariadením primárneho mlyna. Všetky mlyny sú prevádzkované pri 75 % kritickej rýchlosti. Sekcia C je tvorená jedným radom s výkonom 460 t.hod⁻¹. Autogénny mlyn a guľový mlyn sú prevádzkované pri 76 %, respektíve 73 % kritickej rýchlosti. Sekcia D je tvorená ďalšími dvoma radmi o výkone 460 t.hod⁻¹ a je prevádzkovaná pri 75 % kritickej rýchlosti.

Údaje sekcie B:

- dva autogénne mlyny, priemer 6 m, dĺžka 10,5 m, inštalovaný výkon 3 600 kW.
- dva guľové mlyny, priemer 4,5 m, dĺžka 4,8 m, inštalovaný výkon 1 250 kW.

Údaje sekcie C:

- jeden autogénny mlyn, priemer 6,7 m, dĺžka 12,5 m, inštalovaný výkon 6 600 kW.
- jeden guľový mlyn, priemer 5,2 m, dĺžka 6,8 m, inštalovaný výkon 2 500 kW.

Údaje sekcie D:

- dva autogénne mlyny, priemer 6,7 m, dĺžka 12,5 m, inštalovaný výkon 6 000 kW.
- dva guľové mlyny, priemer 5,2 m, dĺžka 6,8 m, inštalovaný výkon 3 000 kW.

Celková kapacita mletia je približne 50 000 t.deň⁻¹, aktuálny výkon závisí od meliteľnosti (*grindability*) a tvrdosti rudy. Priemerná spotreba energie je približne 11 až 12 kWh.t⁻¹. Mletie je vykonávané s 55 % hmotnosťou tuhého materiálu. Konečný pomletý produkt zo špirálového triediča má hodnotu d_{80} 180 μ m a približne 25 % častíc je menších ako 45 μ m [63, BASE METALS GROUP, 2002].

Ruda dodávaná do úpravne **Boliden** prichádza buď podvrvená alebo v pôvodnom stave. Pre prípadné drvenie ťaženej rudy (väčšinou z povrchovej bane) sa využíva čelustový drvič so vstupným otvorom 220 mm. Veľkosť zŕn rudných minerálov sa občas mení, od veľmi malých zŕn až po kusy o veľkosti 200 – 300 mm. Zmeny veľkosti zŕn závisia predovšetkým od typu rudy. Všetka ruda je skladovaná v 4 podzemných zásobníkoch. Skladovacia kapacita sa pohybuje medzi 1 500 až 4 500 t rudy. Podzemné zásobníky umožňujú v prípade nutnosti miešanie suroviny. Podzemné skladovanie je výhodné v zimnom období, pretože minimalizuje problémy so zamŕzaním. Ruda je zo zásobníkov do úpravne dodávaná dávkovačmi a pásovými dopravníkmi. Samotná úpravňa využíva autogénne mletie.

Za primárnym autogénnym mlynom nasleduje guľový mlyn, kde sa kontinuálne privádza podvrvená ruda z primárneho mlyna. Pre odstránenie kovového šrotu z bane sú medzi mlyny inštalované magnetické separátory.

Po triedení na sítách a separácii v hydrocyklónoch sa hrubozrná frakcia vracia späť do mlynov. Obidva mlecie okruhy sú vybavené Reichertovými kuželmi, špirálami a splavmi pre gravitačné rozdzružovanie zlata.

Výkon sa pohybuje medzi 92 a 110 t.hod⁻¹ na jeden okruh v závislosti od charakteru rudy. Spotreba energie je približne 22 kWh.t⁻¹. Veľkosť zŕn < 45 µm po drvení kolíše medzi 50 – 80 % [65, BASE METALS GROUP, 2002].

V úpravni **Hitura** sa zmenšovanie častíc vykonáva:

- drvením v troch stupňoch pomocou čeľustového drviča, excentrického kuželového drviča a druhého kuželového drviča. V otvorenom mlecí okruhu je tiež zaradené sito
- mletím v troch stupňoch pomocou tyčového mlyna (priemer 3,2 x 4,5 m) v primárnom stupni a dvoch guľových mlynov (priemer 3,2 x 4,5 m) v nasledujúcich stupňoch [62, HIMMI, 2002].

V projekte **Las Cruces** je navrhované použitie:

- primárneho čeľustového drviča,
- sekundárneho a terciárneho kuželového drviča a
- guľových mlynov.

Predpokladaná priemerná veľkosť častíc po rozdrvení je < 100 µm (100 %).

Prvý stupeň drvenia prebieha na ložisku medzi **Legnica-Glogow** pod zemou. V troch povrchových úpravniach sa ruda najprv triedi. Nadsitná frakcia je drvená v kladivových alebo kuželových drvičoch. Podsitná frakcia je mletá v dvoch stupňoch, v tyčových mlynoch a guľových mlynoch. Konečná veľkosť častíc je nasledujúca:

- v úpravni Rudna a Lubin: 100 % < 0,3 mm a z toho 45 – 60 % < 45 µm;
- v úpravni Polkowice: 89 – 92 % < 45 µm.

V prevádzke **Lisheen** je ruda do mlecieho okruhu dodávaná z povrchovej skládky. Mlecí okruh sa skladá z mlyna na poloautogénne mletie, sekundárneho guľového mlyna a uzavretého okruhu hydrocyklónov [73, IVERNIA WEST].

V prevádzke **Neves Corvo** sa zmenšovanie veľkosti zrna v technologickej linke na získanie **medi** vykonáva primárnym drvičom v hlbínnej bani. Sekundárne drvenie sa vykonáva v úpravni pomocou dvoch hydrocyklónov v uzavretom okruhu so sitom (kapacita 350 t.hod⁻¹). Mletie sa vykonáva pomocou tyčového mlyna (3,8 m x 5,5 m, 1600 kW), za ktorým nasledujú dva guľové mlyny (každý 4,1 m x 6,7 m, 1600 kW) v uzavretom okruhu s hydrocyklónmi (kapacita 230 t.hod⁻¹). Materiál privádzaný do flotačného okruhu má koeficient d₈₀ 45 µm.

Redukcia zrna v technologickej linke na získanie **cinu** prebieha v sekcii drvenie, ktorá sa skladá z otvoreného okruhu čeľustového drviča a dvoch kuželových drvičov (2 x 4,25 m), druhý sa nachádza v uzavretom okruhu s 12 mm sitom. Kapacita prevádzky je 80 t/hod. Mlecí okruh sa skladá z tyčového mlyna 3 m x 1,8 m v otvorenom okruhu, za ktorým sa nachádza guľový mlyn 3 m x 1,8 m v uzavretom okruhu so sitom. Spoločne zabezpečujú, že materiál privádzaný do okruhu flotácie má koeficient d₈₀ 350 µm [142, BORGES, 2003].

V bani **Pyhäsalmi** je rozdrvenie vykonávané:

- v jednom stupni pomocou čeľustového drviča umiestneného v hlbínnej bani,
- autogénnym mletím v troch stupňoch (guľové mlyny sú použité v terciárnom stupni),
- v mlecí okruhu 5 guľových mlynov (3,2 x 4,5 m) [62, HIMMI, 2002].

V prevádzke **Zinkgruvan** je primárny drvič umiestnený v podzemí. Z dočasnej skládky na povrchu, bežne obsahujúcej približne 9 000 t, je ruda dopravovaná do sekundárneho drviča, ktorý produkuje:

- zrnitosťnú triedu > 100 mm ako kusový materiál pre autogénny mlyn;
- zrnitosťnú triedu 25 – 100 mm, ktorá je recyklovaná a
- zrnitosťnú triedu < 25 mm pre autogénny mlyn.

Optimálna zmes dvoch zrnitosťných tried o veľkosti častíc > 100 mm a < 25 mm je dávkovaná do autogénneho mlyna. Výsledkom autogénneho mletia je produkt s podielom 90 % častíc o veľkosti < 100 μ m pri obsahu 40 % tuhej fázy [66, BASE METALS GROUP, 2002].

Vyššie uvedené informácie o rozdrvení sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke:

Tabuľka 3. Typy zariadení používaných pre rozdrvenie, počet radov a výkon

Lokalita	Druh drviča na povrchu / v podzemí	Druh drviča v úpravni	Mletie	Rady	Výkon na rad (t.hod ⁻¹)
Aitik	povrchový kužeľový	–	AG PM	5	500
Boliden	čelust'ový	–	AG PM	2	100
Hitura	čelust'ový	kužeľový	RM BM BM	1	90
Las Cruces	čelust'ový	kužeľový	BM		
Legnica-Glogow	hlbinný	kužeľový	RM BM CM	29	86 – 100
Lisheen	hlbinný	–	SAG BM		
Pyhäsalmi	hlbinný čelust'ový	–	3 stupne AG BM	1	150
Zinkgruvan	hlbinný	sekundárny	AG	1	115

Vysvetlivky:

AG = autogénny mlyn, RM = tyčový mlyn, BM = guľový mlyn, CM = guľový mlyn s predradenými valcami, PM = kamienkový mlyn (kamienkové konkrécie - pazúrik), SAG = mlyn na poloautogénne mletie

3.1.2.2.2 Separácia

V prevádzke **Aitik** je flotácia rozdelená do dvoch stupňov, jeden okruh slúži na kolektívnu flotáciu a jeden je čistiaci okruh. Pre kolektívnu flotáciu sa využíva linka vytvorená zo štyroch paralelných radov s deviatimi mechanickými flotačnými celami v každom rade. Stupeň čistenia je vytvorený zo štyroch flotačných a 16 mechanických flotačných ciel.

K rmutu je dávkovaný penič a zberač (flotačné činidlá). Pridaním vápna sa upravuje hodnota pH na 10,5. Pri kolektívnej flotácii chalkopyrit a pyrit flotujú spoločne. Každý rad flotačných ciel je rozdelený na dve časti, kde sú prvé štyri flotačné cely použité pre základnú flotáciu a posledných päť ciel sa používa na preplachovaciu flotáciu. Základnou flotáciou sa získa obohatený koncentrát s obsahom 10-15 % Cu. Základný koncentrát zo štyroch radov je vedený na prečisťovaciu flotáciu. Obohatená ruda z preplachovacích ciel (1,3 % Cu) je znovu pomletá v guľovom mlyne.

Pri prečisťovacej flotácii je po domletí a ďalším pridaním vápna oddelený chalkopyrit od pyritu. Základný koncentrát je spoločne s vrátenými produktmi zo separačného okruhu znova pomletý v guľovom mlyne, ktorý tvorí uzavretý okruh s hydrocyklónmi. Prepad z cyklónu je vedený na kolóny. Rudné koncentráty z 1. a 2. kolóny obsahujú bežne 20 – 25 % Cu, sú zmiešané dohromady a čistené v dvoch stupňoch v malých mechanických komorách. Výsledný koncentrát obsahuje 28,8 % Cu, 8 g.t⁻¹ Au a 250 g.t⁻¹ Ag. Je odvodnený v kontinuálnom zahusťovači, bubnových filtroch a vysušený v olejom vykurovaných rotačných sušiarňach. Vysušený koncentrát je dodávaný v kontajneroch nákladnými automobilmi na železnicu a potom do 400 km vzdalenej huty.

Úpravňa využíva 100 % recirkulovanú vodu zo systému odkalísk. Výťažnosť medi je 90 %, zlata 50 % a striebra 70 %. Prevádzka je vybavená systémom pre reguláciu distribúcie a systémom pre kontinuálnu kontrolu [63, BASE METALS GROUP, 2002].

V prevádzke **Hitura** sa separácia vykonáva flotáciou. Všetky flotačné stroje sú mechanické. Je tu tiež inštalovaný automatický systém riadenia technologického procesu s dvomi *on-line* röntgenovými analyzátory.

Odvodnenie Ni koncentrátu sa vykonáva dvomi kontinuálnymi zahusťovačmi (priemer 25 m a priemer 10 m) a tlakovým filtrom (25 m²).

Činidlá pridávané do procesu v prevádzke Hitura sú:

- mletie: etylxantogenát sodný (SEX);
- flotácia: kyselina sírová, SEX, penotvorná prísada, karboxymetylcelulóza (CMC), vápno (čistenie) [62, HIMMI, 2002].

V projekte **Las Cruces** je na získanie medi navrhovaná technológia tlakového lúhovania s kyselinou sírovou a následnou extrakciou rozpúšťadlom a elektrolytickým získaním kovu (SX-EW) [67, IGME, 2002].

V úpravni medenej rudy zo sedimentárnej panvy **Legnica-Głogow** je flotácia vykonávaná v troch stupňoch: predkoncentračný, základný a prečisťovacia flotácia. Navyiac bola v prevádzkach Polkowice a Lubin zavedená technológia tzv. „rýchlej flotácie“ (zbieranie peny) v počiatočnom stupni mletia a triedenia. Obohatená ruda z tejto rýchlej flotácie obsahuje 30 – 45 % medi. V súčasnej dobe sa v prevádzke Rudna zavádza technológia rýchlej flotácie ako náhrada základnej flotácie.

Vo všetkých troch prevádzkach je spotreba vody 4,5 – 5,2 m³.t⁻¹ rudy.

Ako zberač sa používa zmes etylxantogenátu sodného (SEX), izobutylxantogenátu sodného (SIBX) a LET (sodná soľ kyseliny dietyl-ditiofosforečnej) v dávke 50 – 68 g.t⁻¹ rudy.

Ako penič sa používa zmes butyléterov a di-, tri-, tetraetylén glykolov (dávka 22 g.t⁻¹ rudy). Flotácia prebieha v neutrálnej oblasti pH, nepridáva sa vápenné mlieko ani žiadny polyelektrolyt.

Proces je kontinuálne riadený RTG - fluorescenčnými analyzátormi.

Výtťažnosť medzi je 87 – 90 % a striebra 83 – 87 %. Finálny koncentrát obsahuje:

- 18 % Cu a 1 000 ppm Ag (prevádzka Lubin),
- 27,2 % Cu a 480 ppm Ag (prevádzka Polkowice),
- 30,5 % Cu a 640 ppm Ag (prevádzka Rudna).

Pred exportom do hutí je koncentrát odvodnený v zahusťovaciach, tlakových filtroch (až na vlhkosť 12 – 14 %) a vysušený v bubnových sušiarňach vykurovaných plynom (až na vlhkosť 8,5 %) [113, S.A., 2002].

V prevádzke **Lisheen** je podvrvená ruda vedená do technologickej linky na získanie Pb koncentráta a potom do linky, kde sa získava Zn koncentrát. V obidvoch linkách sa používajú mechanické flotačné cely, v linke na úpravu Zn koncentráta sa navyše používa kolónová flotácia. Na získanie kvalitného Zn koncentráta s maximálnou výtťažnosťou je Zn linka doplnená o domieľanie. Na zníženie obsahu MgO v Zn koncentráte je pridaný okruh kyslého lúhovania [73, IVERNIA WEST]. Technologická voda je recyklovaná a dopĺňovaná regenerovanou vodou z odkaliska.

Na separáciu medi sa v prevádzke **Neves Corvo** používa flotácia. Separácia cínu sa vykonáva gravimetrickým rozdrúžovaním na pretrepávacích stoloch Holman – Wilfley a následne flotáciou kasiteritu [142, BORGES, 2003].

V bani **Pyhäsalmi** sa separácia vykonáva flotáciou. Flotácia je dvojestupňová, najprv sa získa Cu-Zn koncentrát a následne sa oddeľuje pyrit. Všetky flotačné cely sú mechanického typu.

Pred odčerpaním jemnozrnnej hlušiny od odkaliska je materiál na zakladanie (hrubozrná hlušina) oddelený od jemnozrnnej hlušiny v hydrocyklóne (priemer 500 mm).

Činidlá pridávané do procesu úpravy sú:

Mletie:

- vápno, síran zinočnatý, izobutylxantogenát sodný (SIBX), penotvorná prísada,

Cu - koncentrát:

- vápno, síran zinočnatý, SIBX, penotvorná prísada, kyanid sodný,

Zn - koncentrát:

vápno, síran meďnatý, SIBX, penotvorná prísada, kyanid sodný (čistenie),

Flotácia pyritu:

- kyselina sírová, SIBX,

Odvodnenie:

- flokulačné činidlo (zahusťovače), kyselina dusičná, CH₃COOH (filtre),

Hlušina:

- vápno (neutralizácia) [62, Himmi, 2002].

V úpravni **Tara** sa používa selektívna flotácia sfaleritu a galenitu za súčasného potlačenia pyritu. K selektívnemu oddeleniu galenitu sa ako zberač používa izopropylxantogenát sodný (SIPX) a ako penič sa pridáva metylizobutylmetanol (MIBC). Počas flotácie galenitu sú sfalerit a pyrit potláčané kebračovým tanínom, lignosolom, škrobom a kyanidom sodným.

Pri následnej flotácii sfaleritu sa na reaktiváciu povrchu zín sfaleritu pridáva síran meďnatý a pre úpravu pH sa používa oxid vápenatý. Ako zberač sa používa tiouhličitan a amyloxantogenát draselný (PAX) a ako penič metylizobutylmetanol (MIBC) [101, TARA MINES, 1999].

V prevádzke **Zinkgruvan** prebieha proces flotácie v dvoch stupňoch, rovnako ako v predchádzajúcom prípade, kedy po kolektívnej flotácii nasleduje oddelenie Zn koncentráta a Pb koncentráta. Pri kolektívnej flotácii je pridávaná kyselina sírová, aby bola hodnota pH znížená približne na hodnotu 8 zo svojej pôvodnej hodnoty 9. Ako zberač sa pre sfalerit a galenit používa izopropylxantogenát sodný (SIBX) a penič metylizobutylmetanol. Pri kolektívnej flotácii sa vykonáva domieľanie na zlepšenie čistoty koncentráta. Dosiagnutá výťažnosť v koncentráte je u zinku 98 %, u olova 95 % a u striebra 85 %.

Oddelenie Zn a Pb koncentráta flotáciou prebieha v silno alkalickom prostredí (pH okolo 12). K úprave pH sa používa hydroxid sodný. Priamo sa získa Zn koncentrát, zatiaľ čo príprava Pb koncentráta vyžaduje ďalšiu niekoľko stupňovú flotáciu [66, BASE METALS GROUPS, 1999].

3.1.2.3 Nakladanie s odpadom z úpravy (kalom)

Kal z úpravy (*tailings*) sa vo väčšine prevádzok používa na zakladanie podzemných dobývok. V týchto prevádzkach sa 16 – 52 % odpadu z úpravy používa na základku. V prevádzke **Mina Reocín** sa do povrchovej bane ukladá 94 % odpadu z úpravy. Kal, ktorý nie je zakladaný, musí byť uložený v odkaliskách. V projekte **Las Cruces** sa navrhuje uložiť odvodnený kal v utesnených komorách. V prevádzke **Almagrera** je hrubozrnný kal (33 %) pražený a vyrába sa z neho kyselina sírová. Troska je potom znova lúhovaná a získaná meď je následne extrahovaná v procese SX-EW (extrakcia rozpúšťadlom a elektrolytické získanie kovu). Troska je uložená v troskovej nádrži. Ostávajúce dve tretiny kalu sú uložené v odkalisku.

Tabuľka 4. Percentuálny podiel kalu použitého na základku

Miesto	Metóda dobývania	Produkcia kalu (t.rok ⁻¹)	Základkový kal (%)
Aitik	povrchové	17 700 000	0
Almagrera	hlbinné	900 000	0
Ložisko Boliden	povrchové / hlbinné	1 457 000	29
Garpenberg	hlbinné	910 000	50
Hitura	hlbinné	518 331	0
Ložisko Legnica-Głogow	hlbinné	27 000 000	0
Lisheen	hlbinné	910 000	50
Mina Reocín	povrchové/ hlbinné	950 000	94
Neves Corvo	hlbinné	1 370 000	30
Pyhäsalmi	hlbinné	213 816	16
Tara	hlbinné	1 680 000	52
Zinkgruvan	hlbinné	850 000	50

V tabuľke 4 je súhrne uvedená produkcia ťažobných odpadov a percentuálny podiel kalu, ktorý sa používa na základku.

V prevádzke **Almagrera** sa na zakladanie nepoužíva odpad z úpravy, ale odpad z lomového dobývania (bridlica). V prevádzke **Mina Reocín** je zavázaná vyťažená povrchová baňa, čo vysvetľuje vysoké percento zakladania. V prevádzkach **Zinkgruvan** a **Garpenberg** sa vykonáva zakladanie s využitím 45 – 50 % kalu ako základky. V ťažobnej oblasti **Boliden** je ruda získavaná z jednej povrchovej bane a množstva podpovrchových baní. Pokiaľ je ruda z povrchovej bane odpočítaná od produkcie kalu, je percento zakladaného kalu 34 %. Táto hodnota je však zavádzajúca, pretože počas roku 2001 bolo veľké množstvo hlušiny uložené do podzemia v baniach Renström, Petiknäs a Åkeberg (počas roku 2001 bolo späť do podzemia uložených celkom 140 000 t ťažobného odpadu).

Rudy obvykle obsahujú niekoľko rudných minerálov. Často sú spoločne dobývané rudy meď, olovo a zinku, ktoré sa najčastejšie vyskytujú vo forme sulfidov. Hlavným problémom pri nakladaní s ťažobnými odpadmi vzniknutými ťažbou sulfidických rúd je preto vznik tzv. kyslých výluhov (*ARD - Acid Rock Drainage* alebo *AMD - Acid Mine Drainage*), vznikajúcich zvetrávaním uloženého materiálu. Výzvovou je teda zaistenie dlhodobej chemickej stability odvalových materiálov.

Hlušina z úpravy je do odkaliska odvádzaná vo forme vodnej suspenzie (kalu). Odkalisko a hrádza môžu mať veľké rozmery. Kal ešte obsahuje rôznu škálu zbytkových komplexov kovov a chemikálií. Preto je veľmi dôležitá mechanická stabilita odkalísk.

3.1.2.3.1 Charakteristika odpadu z úpravy⁴ (kalu)

V prevádzke **Almagrera** existujú dva typy ťažobného odpadu z úpravy. Jemnozrná frakcia kalu a troska z praženia a lúhovania hrubozrného kalu. Kal obsahuje predovšetkým pyrit, ktorý sa podieľa na procese vzniku kyslých výluhov (*AMD*). Troska sa vo vodnom prostredí ľahko vylúhuje. Kal obsahuje 66 % tuhej fázy, merná hmotnosť celistvej časti materiálu (predovšetkým pyrit) je 4,0 t.m⁻³. Kal vypúšťaný do odkaliska má pôvodnú hodnotu pH približne 9, ale vplyvom *AMD* klesá hodnota pH v odkalisku na 3,2.

Možný vznik kyslých výluhov (*AMD*) je hlavným problémom pre plány uzavretia odkaliska a jeho vyradenie z prevádzky aj v prevádzke **Aitik**. Vzhľadom k predpokladu, že by kal mohol byť zdrojom kyslých výluhov, bol overovaný vplyv zloženia materiálu na ich produkciu. Vo svojej surovej forme má kal hodnotu neutralizačného potenciálu - 13 kg CaCO₃.t⁻¹, čo je určené obsahom pyritu a síry (0,9 % S). Pri flotačných skúškach a vzorkovaní rôznych produktov v úpravni sa odobralo veľké množstvo vzoriek s obsahom síry od 0,12 % v kale zbavenom pyritu až po 31 % v pyritickom produkte flotácie. Vzorky boli podrobené acidifikačnému testu v kolónach. Výsledky kinetických testov a modelovania naznačujú, že silikáty obsiahnuté v kale majú určitú pufracnú kapacitu, ktorá je schopná eliminovať významnú časť vznikajúcej kyseliny. Významnejším parametrom pre vznik kyslých výluhov je však rýchlosť oxidácie sulfidov v teréne. Pri rozpúšťaní silikátov sa spotrebováva časť kyseliny sírovej produkovanej pri oxidácii pyritu určitou mierou.

⁴ pre odpad z úpravy, najčastejšie vo forme vodnej suspenzie (kalu) sa v originálnom dokumente používa výraz *tailings*; v predkladanej príručke ho prekladáme ako „kal“, pokiaľ z kontextu nevyplýva niečo iné, vtedy používame neutrálny preklad „odpad z úpravy“

Do určitej hranice sú uhlčítany spotrebované pomaly, ale pokiaľ je rýchlosť vyššia, sú uhlčítany postupne odstránené a po ich odstránení nie sú samotné silikáty schopné neutralizovať vznikajúcu kyselinu.

Pre účely štúdia chovania sa materiálu v reálnych podmienkach boli vykonané terénne merania prúdenia kyslíka. Výsledky naznačujú, že k tvorbe kyseliny (AMD) dochádza iba v hornej 20 cm vrstve kalu, po vyčerpaní pufračnej schopnosti silikátov. V spodnej vrstve kalu sa netvorí žiadna kyselina, čo naznačuje veľký prebytok pufračnej kapacity.

V prevádzke Aitik, kde sedem mesiacov v roku prevládajú zimné podmienky, sa kinetika laboratórnych podmienok významne líši od terénnych podmienok. Aby sa zaistilo, že kal nebude vytvárať kyslé výluhy, boli vykonané kolónové skúšky za podmienok, ktoré sú reprezentatívne pre nezimné obdobie v prevádzke Aitik. Pri tejto skúške bola nameraná rýchlosť spotreby kyslíka o 50 % nižšia ako je najnižšia rýchlosť spotreby kyslíka vypočítaná pre vznik síranov pri experimentoch v komorách v prostredí s vysokou vlhkosťou. Zároveň s vyššie uvedenými testmi bolo na základe hydrogeologického modelovania toku podzemnej vody v odkalisku určené, že viac ako 90 % objemu bolo permanentne nasýtených vodou, čo reprezentuje rovnaké technologické podmienky ako ukladanie kalu pod hladinu vody. Iba menšie oblasti pred a za hrádzou môžu byť občas nenasýtené. Preto bolo navrhnuté, aby bola v spodnej časti odkaliska vytvorená mokraď, kde by sa tak nevyskytovali nenasýtené oblasti, čím by sa problém týkal iba malej časti kalu na vonkajšej strane hrádze. Tento problém zostáva v súčasnosti nedoriešený.

Možným riešením pre zostávajúcu hornú časť odkaliska je separácia pyritu a selektívne nakladanie s pyritom (depyritizácia). Avšak toto riešenie neeliminuje možné problémy, iba koncentruje pyrit ako materiál s vysokým potenciálom tvorby kyslých výluhov. Tento problém vyžaduje kvalitné a málo rizikové technické riešenie. Takým riešením by bolo uloženie daného materiálu na dno vytlačenej povrchovej bane po ukončení ťažby, kde by materiál zostal permanentne pod hladinou vody [63, BASE METALS GROUPS, 2002].

Na ložisku **Boliden** je zastúpená polymetalická sulfidická mineralizácia. Ťažba ložiska začala v roku 1925 a k dnešnému dňu bolo vytŕažených zhruba 30 baní. Kal na odkalisku má preto rôzne fyzikálne – chemické vlastnosti. V nasledujúcej tabuľke je uvedená charakteristika kalu produkovanej v súčasnej dobe. Jemnozrnný materiál je po oddelení v cyklónoch uložený do odkaliska a hrubozrnný materiál je použitý ako základka v podpovrchových baniach.

Pred rozdelením v cyklónoch a kyanidovým lúhovaním má kal nasledujúce zloženie:

- Au: 0,85 g/l
- Ag: 24,9 g/l
- Cu: 0,10 %
- Zn: 0,40 %
- Pb: 0,13 %
- S: 17,8 %

Viac ako 50 % kalu je tvorených časticami < 2 μm . Suspenzia kalu čerpaná do odkaliska obsahuje 20 až 25 % tuhých látok. Memná hmotnosť kalu uloženého v odkalisku je 1,45 t.m⁻³ [65, BASE METALS GROUPS, 2002].

Tabuľka 5. Zrnitostné zloženie hlušiny v prevádzke Boliden [65, BASE METALS GROUP, 2002]

Veľkosť zŕn	Odpad z úpravy vcelku	Prepad z hydrocyklónov do odkaliska
μm	kumulatívne % (podsitné)	
350	100	100
250	99,9	100
180	99,7	100
125	97,8	100
88	93,5	95,6
63	85,9	87,8
45	76,6	78,3
20	53,2	54,4
-20	0	0

V prevádzke **Mina Reocín** kal vo forme suspenzie (zmes vody a dolomitu) obsahuje 65 % tuhej fázy s mernou hmotnosťou $2,75 \text{ t}\cdot\text{m}^{-3}$. Kal má v okamihu vypúšťania neutrálnu až alkalickú reakciu (hodnota pH 6,5 až 8) a uvádza sa, že je ľahko zhutiteľný a nie je reaktívny (vzhľadom k svojej alkalickému povahe).

Na ložisku **Garpenberg** bolo skúmané zloženie kalu s ohľadom na pôsobenie procesov zvetrávania. Boli použité metódy mineralogickej analýzy, bola vykonaná silikátová analýza hornín a výpočet ABA (acidobázická bilancia – acidifikačný/neutralizačný potenciál). Ďalej boli vykonané kinetické testy procesu zvetrávania (rozšírené kolónové testy, ktoré prebiehali v rokoch 1995 – 1999) v kombinácii s modelovaním. Dosiahnuté výsledky ukazujú, že kal nebude zdrojom tvorby kyslých výluhov.

Kovy obsiahnuté v pórovej vode kalu majú pri prirodzene vysokej hodnote pH v odkalisku obmedzenú rozpustnosť a to i v prípade, keď je kal vystavený poveternostným vplyvom s úplným prístupom atmosférického kyslíka. Kovy, ktoré sú uvoľňované pri oxidácii sulfidov v povrchovej časti odkaliska, sú následne pri prechode odkaliskom imobilizované procesmi zrážania a sorpcie. Z toho vyplýva, že zvetrávacie procesy po ukončení činnosti ložiska významne neovplyvnia migráciu kovov a nie je nutné vykonávať žiadne technologické opatrenia. Kal produkovaný v súčasnosti vykazuje veľké rozdiely v mineralogickom zložení, pretože ďalšie časti dobývaného rudného telesa majú vysoký obsah sulfidov, predovšetkým pyrotínu (FeS). Podľa analýz vykonaných počas roka 2001 sa predpokladá, že tento „nový“ kal bude náchylný k produkcii kyslých výluhov (pozri podrobnú analýzu v nasledujúcej tabuľke). Na základe tohto zistenia môžeme vplyv zvetrávania kalu považovať za dôležitý z hľadiska výberu technológie pre zamedzenie vzniku kyslých výluhov, v prípade plánovaného vyradenia z prevádzky – napr. zatopením [64, BASE METALS GROUPS, 2002].

Tabuľka 6. Priemerné obsahy prvkov v kale, ložisko Garpenberg (2001) [64, BASE METALS GROUPS, 2002]

Prvok	Koncentrácia (mg.kg ⁻¹)	Prvok	Koncentrácia (mg.kg ⁻¹)
As	56,3	Mn	4 163
Ba	338,8	Mo	2,9
Be	0,45	Ni	7,8
Ca	30 933	P	149
Cd	18,6	Pb	4 011
Co	6,1	S	44 600
Cr	3,2	Sn	< 5
Cu	317,7	Sr	19,6
Fe	65 533	V	9,5
Li	4,6	Zn	7 051

Niektoré kľúčové informácie týkajúce sa kalu uloženého v odkalisku sú nasledovné:

- 500 000 ton kalu za rok,
- 20 % tuhých látok,
- typické rozloženie veľkosti častíc (% podsitné) ($d_{50} = 20 \mu\text{m}$, $d_{80} = 64 \mu\text{m}$).

Tabuľka 7. Zrnitostné zloženie kalu, ložisko Garpenberg [64, BASE METALS GROUPS, 2002]

Veľkosť (μm)	Kumulatívne % (podsitné)
500	100
350	99,8
250	99,7
180	99,4
125	97,5
90	93,3
63	79,1
45	68,1
20	50,8
10	31,6

Niektoré z kľúčových informácií týkajúcich sa zakladaného kalu v prevádzke Garpenberg sú:

- 450 000 t základky za rok,
- 80 - 85 % tuhých látok.

Tabuľka 8. Typické zrnitostné zloženie kalu zakladaného v ložisku Garpenberg [64, BASE METALS GROUPS, 2002]

Veľkosť (µm)	Kumulatívne % (podsitné)
250	96,6
180	86,8
90	46,4
45	18,8

V prevádzke **Hitura** boli vykonané rovnaké skúšky kalu ako v prevádzke Pyhäsalmi. Najvýznamnejším problémom kalu je obsah medi a niklu. Kal nebude produkovať kyslé výluhy, pretože neutralizačná (pufračná) kapacita kalu je vyššia ako acidifakčný potenciál. Podiel zŕn kalu < 74 µm je 60 % [62, HIMMI, 2002].

V projekte **Las Cruces** sa odhaduje produkcia kalu približne na 4 milióny m³ (alebo 15 miliónov t). Keďže kal obsahuje pyrit, dá sa predpokladať, že bude vytvárať kyslé výluhy. Odhaduje sa, že priemerná veľkosť častíc bude 100 µm. Kal bude ukladaný po odvodnení „suchý“, s obsahom vody približne 7 – 8 % [67, IGME, 2002].

V ložisku medi **Legnica-Głogow** je kal čerpaný z troch úpravní do jediného odkaliska. Kal obsahuje 14 – 20 % tuhej fázy. Chemická analýza kalu a jeho zrnitostné zloženie sú uvedené v nasledujúcich tabuľkách.

Kal nie je zdrojom kyslých výluhov pretože jednak obsahuje iba malé množstvo síry (< 1 %) a ďalej má vysoký obsah karbonátov s pufračnou schopnosťou (20 – 80 %). Problémy so vznikom kyslých výluhov sa v budúcnosti nepredpokladajú [113, S.A., 2002].

Tabuľka 9. Zrnitostné zloženie kalu, ložisko medi Legnica-Głogow [113, S.A., 2003]

Petrografické zloženie kalu	Veľkosť častíc		
	> 0,1 mm (%)	0,1 – 0,045 mm (%)	< 0,045 mm (%)
Pieskovec - karbonát (spracovávaná v prevádzkach Lubin a Rudna)	27 – 36	16 – 35	40 – 60
Dolomit - bridlica (spracovávaná v prevádzke Polkowice)	–	8 – 11	89 – 92

Tabuľka 10. Chemická analýza kalu z ložiska medi Legnica-Glogow [113, S.A., 2003]

Zložka	Jednotka	Úpravňa		
		Lubin	Rudna	Polkowice
Cu	%	0,16	0,21	0,26
Pb	%	0,06	0,04	0,026
Zn	%	0,007	0,006	0,004
Fe	%	0,57	0,54	0,48
S _{celková}	%	0,27	1,12	0,66
S _{pyritická}	%	0,15	1,01	0,12
C _{celkový}	%	2,80	4,14	9,26
TOC	%	0,48	0,32	0,54
SiO ₂	%	68,03	53,05	18,42
CaO	%	5,43	12,14	26,25
MgO	%	3,15	5,72	6,88
Al ₂ O ₃	%	3,09	4,11	4,58
Mn	%	0,094	0,153	0,190
Na	%	0,26	0,40	0,40
K	%	1,23	1,20	1,17
As	g/t	71	10	37
Ag	g/t	13	7	6
Co	g/t	39	10	21
Ni	g/t	27	16	42
V	g/t	72	38	110
Mo	g/t	15	12	8
Au	g/t	0,002	0,006	0,008

Na ložisku **Lisheen** je ukladaný kal s obsahom tuhej fázy 35 %, obsahuje zinok, olovo, niektoré technologické činidlá a soli kovov. 80 % častíc má veľkosť < 95 μm. Merná hmotnosť kalu v prepočte na sušinu je 3,5 g.cm⁻³, merná hmotnosť *in situ* je približne 1,7 g.cm⁻³.

V období povoľovacieho konania bolo vykonané sledovanie vzniku kyslých výluhov. Predpokladá sa, že kal bude vytvárať kyslé výluhy [75, MINORCO LISHEEN/IVERNIA WEST, 1995].

Kal v **Neves Corvo** je relatívne jemnozrnný, hodnota koeficientu d₈₀ je 30 – 40 μm. Tabuľka 11 zobrazuje nerasty prítomné v kale. Kal má vysoký potenciál pre tvorbu kyslých výluhov (AP = 910 kg CaCO₃ na 1 t). Očakáva sa, že počas prevádzkovania bane bude vyprodukovaných celkom 42 miliónov t kalu, z toho bude 14 miliónov t použitých ako základka [142, BORGES, 2003].

Tabuľka 11. Mineralogické zloženie kalu v prevádzke Neves Corvo [142, Borges, 2003]

Nerast	% (hmotnostné)
Pyrit (FeS ₂)	84 – 90
Arzenopyrit (FeAsS)	3 – 7
Chalkopyrit (CuFeS ₂)	1,5 – 2,5
Sfalerit (ZnS)	1,0 – 2,5
Tetraedrit, tenantit (Cu ₂ Fe) ₁₂ (Sb,As) ₄ S ₁₃	1 – 2
Nekovové nerasty	8 – 12
Ostatné	1 – 2

V prevádzke **Pyhäsalmi** bolo v odobratých vzorkách sledované chemické zloženie a boli vykonané laboratórne skúšky vylúhovateľnosti (maximálna rozpustnosť / DIN 38614-S4 Kurykovou metódou a dlhodobou reakciou). Ďalej bol sledovaný vzťah medzi pufračnou kapacitou kalu a možným acidifikačným potenciálom. V laboratórnom merítku boli taktiež vykonané skúšky erózie vplyvom účinku vetra. Najvýznamnejšími problémami z hľadiska ochrany životného prostredia sú obsahy ťažkých kovov (As, Cd, Cu, Pb, Zn) a pyritickej síry, ktorá má acidifikačný potenciál, t. j. potenciál tvorby kyslých výluhov.

Eliminácia týchto vplyvov sa dá docieľiť inou technológiou spracovania rudy, ktorá by priniesla zmenu v chemickom zložení kalu. Jednou z možností je selektívna flotácia pyritu z kalu, ktorou by sa znížil celkový obsah síry v kale na < 1%. Technologicky je to možné, ale v tomto prípade ekonomicky neprijateľné. V procese by bol vytvorený produkt (pyrit), ktorý je nepredajný a navyše by vyžadoval špeciálne podmienky ukladania alebo technológie rozkladu.

Na vytvorenie redukčných podmienok bolo taktiež skúmané miešanie rašeliny s kalom pri jej čerpaní do odkaliska. Skúšky boli vzhľadom k technickým problémom zastavené, ale existuje zámer pokračovať v laboratórnych podmienkach. Nevýhodou tejto technológie je to, že je „spotrebovávaný“ prírodný zdroj.

Podiel zrn kalu < 74 μm je 65 % [62, HIMMI, 2002].

V úpravni **Tara** sa dolomit Ca,Mg(CO₃)₂ odstraňuje z koncentráту sfaleritu preplachovaním v kyseline sírovej. Touto úpravou dôjde k vyzrážaniu síranu horečnatého a síranu vápenatého, ktoré sa pridávajú k prúdu kalu. Kal taktiež obsahuje zbytky flotačných činidiel (zberače, depresory a *MIBC*) [101, TARA MINES, 1999].

Na ložisku **Zinkgruvan** je v kale zastúpený predovšetkým kremeň, živce a kalcit. V malom množstve sú prítomné sulfidy (obsah síry < 0,25 %). Obsah vápnika je približne 8 %. Pomer medzi sírou a kalcitom je < 0,1 čo naznačuje, že kal má dobrú neutralizačnú (pufračnú) kapacitu a nebude dochádzať k vzniku kyslých výluhov. Skúšky zvetrávania taktiež ukazujú, že kal starne pomaly. Chemické zloženie odpadu je dokumentované v nasledujúcej tabuľke.

Ihneď po sedimentácii v odkalisku má kal priepustnosť in - situ 10⁻⁵ – 10⁻⁶ m.s⁻¹ a membrú hmotnosť in - situ 1,35 – 1,45 t.m⁻³.

Tabuľka 12. Chemická analýza kalu, ložisko Zinkgruvan [66, BASE METALS GROUP, 2003]

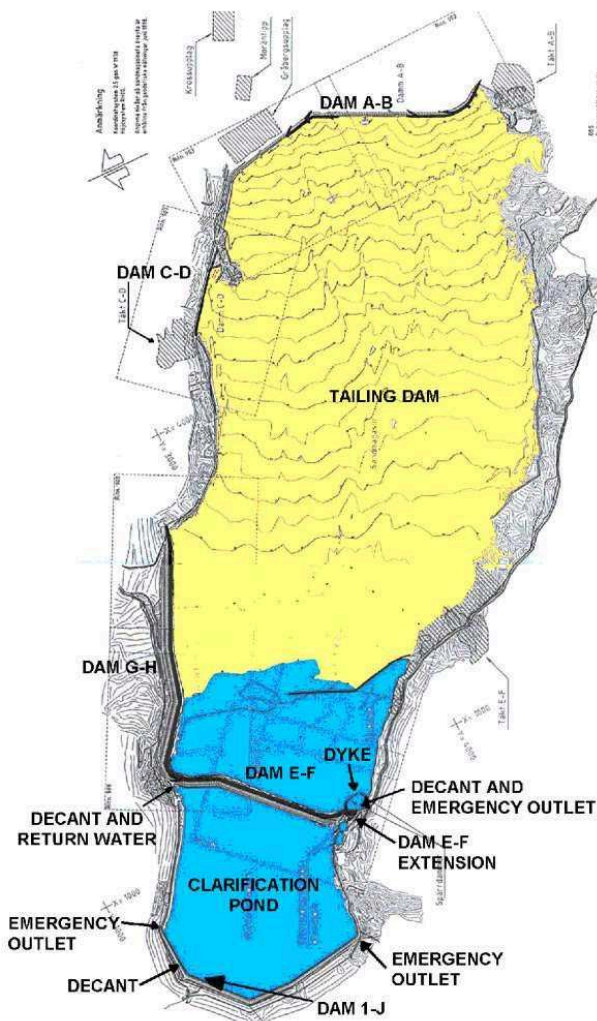
Chemická zložka	% (hmotnostné)
SiO ₂	62,4
TiO ₂	0,3
Al ₂ O ₃	11,8
Fe ₂ O ₃	0,6
FeO	2,9
MnO	0,7
MgO	2,2
CaO	7,0
BaO	0,01
Na ₂ O	0,6
K ₂ O	4,9
H ₂ O ¹¹⁰⁻³⁵⁰	0,1
CO ₂	2,1
B ₂ O ₃	0,1
FeS	0,5
ZnS	0,2
PbS	0,1
Ostatné zložky	3,3
Celkom	100

3.1.2.3.2 Aplikované metódy

V prevádzke **Aitik** sa kal čerpá do odkaliska s rozlohou 14 km² (7 km x 2 km). Na tento účel sa využívajú štyri potrubné vedenia (oceľové potrubia vyložené gumou), hoci bežne sú používané dve naraz. Všetky štyri potrubia sú vybavené piatimi čerpadlami v sérii. Celkový inštalovaný výkon pre každý rad je 2 000 kW. Voda z odkaliska je na vyčistenie vedená do číriacej nádrže.

Tvar odkaliska je daný tvarom terénu (údolie), prehradenie je zabezpečené štyrmi hrádzami (pozri nasledujúci obrázok). Kal sa čerpá do priestoru vypúšťania pozdĺž hrádze A-B. Vypúšťanie z vypúšťacích hrdiel v tomto mieste vedie k sedimentácii hrubších častíc v blízkosti hrádze A-B, zatiaľ čo jemnozrná frakcia sa rozplavuje a postupne usadzuje v odkalisku smerom k nasledujúcej hrádzi, kde sa zbiera odlúčená voda. Aktívny objem vody v odkalisku je bežne okolo 2 miliónov m³ a zaberá približne 1/5 plochy odkaliska. Voda je vypúšťaná pomocou prepadu a priepuste s oceľou pokrytými stenami, ktorá je situovaná v mieste kontaktu medzi hrádzou a bokom údolia. V budúcnosti bude pre vypúšťanie vody používaný systém otvorených kanálov v neporušenej základni a priepusť v hrádzi bude zrušená.

Obrázok 4. Schéma odkaliska a dočist'ovacej nádrže Aitik v roku 2000 [63, BASE METALS GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

Tailing dam – hrádza odkaliska, Dam AB – hrádza AB, Dam CD – hrádza CD, Dam GH – hrádza GH, Dam EF – hrádza EF, Dam EF extension – rozšírenie hrádze EF, Dam IJ – hrádza IJ, Dyke – násyp, Clarification pond – dočist'ovacia nádrž, Decant and emergency outlet – usadzovacia a havarijná výpusť, Decant – usadzovanie, Decant and return water – dekantovaná a recirkulovaná voda

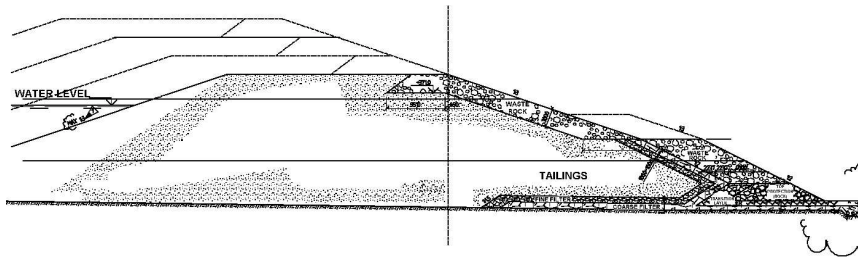
Nádrž na čírenie je umiestnená západne od odkaliska, za hrádzou E-F a za rozšírením hrádze E-F. Plocha nádrže je 1,6 km² a objem je približne 15 miliónov m³. Táto nádrž slúži ako:

- posledný stupeň čistenia technologickej vody,
- zásobník technologickej vody a
- ako vyrovnávací nádrž pri jarnom topení snehu a v prípade vysokých zrážok.

Zamŕznutie technologickej vody v zimnom období je klimatickým javom, ktorý má zvláštny význam pre zabezpečenie vodného režimu. Pri nadmerných zrážkach a topení sa snehu je voda vypúšťaná z nádrže do vodných tokov. Ak je to nutné, je taktiež možné vypúšťať vodu z kanála recirkulovanej vody.

Nepriepustné hrádze obklopujúce nádrž boli vytvorené na začiatku roku 1966 a od tejto doby boli zvyšované predovšetkým metódou „proti vode“ (*upstream*) (pozri nasledujúci obrázok). Každé zvýšenie bolo približne o 3 m. Materiál používaný na zvýšenie bol till (jemnozrnný sediment ľadovcového pôvodu - íl) na utesnenie jadra a odpadový kameň z ťažby na podporný násyp. Na stavbu rozšírenia hrádze E-F, ktorá začala v roku 1991, bola použitá metóda „po vode“ (*downstream*), kedy sa vrchol hrádze pohyboval smerom od nádrže.

Obrázok 5. Rez hrádzou Aitik [63, BASE METALS GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

Water level – vodná hladina, *Tailings* – odpady z úpravy (kal).

V úpravni **Almagrera** sa hrubozrnná frakcia kalu (33 % alebo 300 000 t.rok⁻¹) praží za vzniku kyseliny sírovej. Troska je potom vylúhovaná v prostredí kyseliny sírovej a meď z výluhu je získaná extrakciou rozpúšťadlom a elektrolyzou (SX-EW). Troska je uložená na depóniu a ostávajúcich 66 % kalu (600 000 t.rok⁻¹) je uložených na odkalisku. Hrádza je vybudovaná bez technologických vložiek, je vytvorená z kalu s jadrom z kompaktného ílu. Objem hrádze je 3,2 miliónov m³. Priesaky z hrádze sú čerpané späť do odkaliska. Vyčistená voda je čerpaná do úpravne vody, kde je pred vypúšťaním do recipientu upravená (čírenie vápenným mliekom). Havarijná výpusť je vybudovaná v hornine skalného podkladu. Troska je uložená v troskovej nádrži [61, IGME, 2002].

Na ložisku **Mina Reocin** sa 94 % hrubozrnej frakcie kalu (cca 900 000 t z 950 000 t) s obsahom vody 15 % používa na zakladanie do starej povrchovej bane. Obsah vody v kale je znižovaný filtráciou. Vzhľadom k obmedzenej kapacite filtrácie je ostávajúcich 50 000 t uložených na odkalisko. Kapacita odkaliska je 2,6 milióna m³ a v súčasnej dobe obsahuje približne 2,5 milióna m³ kalu.

Hrádze sú vytvorené z dovezeného materiálu a odkalisko je vybudované na rastlom teréne. Dekantovaná voda je odvádzaná na miesto určenia po prechode cez číriace nádrže. Späť do úpravné nie je recyklovaná žiadna voda. 100 % z požadovaného množstva 2,2 miliónov m³ technologickej vody je čerpaných z bane [54, IGME, 2002].

Všetky banské priestory na ložisku **Garpenberg** sú zavázané ťažobným odpadom z prípravných prác a kalom z úpravy. Koncentrát tvorí približne 10 % zo spracovanej rudy, čo znamená, že ostávajúci 90 % je kal. 50 % kalu je použitého na zakladanie. V prípade, že je ruda dobývaná trhacími prácami, drvením a mletím, zväčší sa jej objem asi o 60 %, čo znamená, že objem kalu na ložisku Garpenberg sa rovná približne 145 % objemu vyťaženej rudy. Z týchto dôvodov nie možné zakladať do podzemia viac kalu.

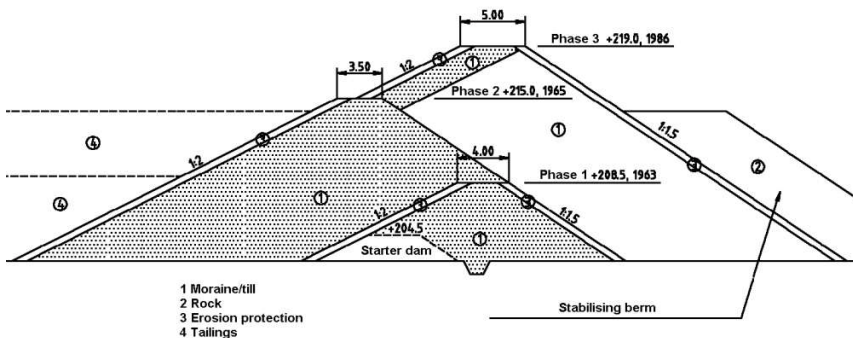
Na oddelenie jemnozrnných a hrubozrnných častíc kalu sa používajú cyklóny a na odvodnenie hrubozrnnnej frakcie kalu sa používa filtrácia. Odvodnenie je vyžadované z dôvodu dopravy kalu nákladnými automobilmi. Na stabilizáciu základky je v jednej bani kal miešaný s cementom. Po zmiešaní s vodou je cementová základka transportovaná hydraulicky do vyťaženej oblasti bane a prebytočná voda je odvádzaná systémom drenáží.

V súčasnej dobe sa na ložisku Garpenberg používa odkalisko, ktoré sa nachádza približne 2 km juhozápadne od úpravné. Pred požiadanim o posledné povolenie k zvýšeniu výšky odkaliska boli skúmané rôzne alternatívne metódy nakladania s kalom, napríklad:

- zahustenie kalu, alebo
- vypúšťanie pod hladinu do jazera.

Tieto alternatívy boli zamietnuté z dôvodu vysokých nákladov (zahusťovanie kalu) a zápornému stanovisku verejnosti.

Obrázok 6. Rez hrádzou v prevádzke Garpenberg pred posledným zvýšením [64, BASE METALS GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

1 Moraine / till – 1 Morénový íl / till, 2 Rock – 2 Hornina, 3 Erosion protection – 3 Ochrana proti erózií, 4 Tailings – 4 Úpravárenský odpad (kal).

V súčasnosti má aktívna časť odkaliska rozlohu približne 35 ha. Životnosť odkaliska závisí od rýchlosti produkcie kalu, ale ak vychádzame zo súčasnej rýchlosti produkcie, potom je odhadovaná približne na 8 rokov. Kal má mernú hmotnosť $1,5 \text{ t.m}^{-3}$. Súčasne je hrádza zvyšovaná metódou „po vode“ (*downstream*) (pozri obrázok 6) [64, BASE METALS GROUP, 2002].

Prevádzkovateľ vykonal analýzu možného použitia osovej metódy a bolo zistené, že táto metóda by znamenala nižšie prevádzkové náklady, použitie menšieho množstva stavebného materiálu a zároveň splnenie požiadaviek na stabilitu.

Úradom bola zaslaná žiadosť o povolenie k zvýšeniu hrádze s využitím osovej metódy. Množstvo vody vypúšťanej z odkaliska v roku 2001 bolo 4,55 mil. m^3 . Z tohoto množstva bolo 50 % recyklovaných na použitie v úpravni. Ostávajúcich 50 % bolo vypustených do povrchových vôd. Spádová plocha pre odkalisko je $1,56 \text{ km}^2$ [64, BASE METALS GROUP, 2002].

Úložisko kalu na ložisku **Hitura** je rozdelené do troch odkalísk, kal sa ukladá na ploche 110 ha. Kal (480 000 t v roku 2002) je vypúšťaný do prvého odkaliska. Ďalšie dve majú funkciu dočist'ovacích nádrží. K sedimentácii nerozpustených látok dochádza v prvom odkalisku, vyčírená voda je dekantovaná cez vežu a odvádzaná do ďalšej nádrže. Vyčírená voda je recyklovaná do úpravné. Do recipientu je odvádzaná iba prebytočná voda. Odkalisko je typu „s protíhľým údolným svahom“. Pôvodné hrádze sú vytvorené z morény. Kal je naplavovaný vypúšťacími hrdlami. Hrádze sú zvyšované s využitím kalu každých 12 až 15 mesiacov.

Hrádze dočist'ovacích nádrží sú vytvorené z morény a sú pokryté hrubozrnným štrkom, aby nedochádzalo k erózii. Vzdialenosť medzi úpravňou a odkaliskom je približne 500 m. Vzdialenosť odkaliska k najbližšej rieke je približne 3 km.

Na lokalite sa vyskytujú problémy s priesakom vody z odkaliska do podzemných vôd. Podzemná voda a voda z priesakov je čerpaná späť do odkaliska, aby bolo možné jednak regulovať prúdenie podzemnej vody a aby bola minimalizovaná možnosť kontaminácie.

Priemerné ročné zrážky v oblasti Hitura dosahujú približne 550 mm. Priemerná teplota počas roka je $1 - 3 \text{ }^\circ\text{C}$. Maximálna teplota v letnom období je $30 \text{ }^\circ\text{C}$ a minimálna teplota v zimnom období je $-35 \text{ }^\circ\text{C}$. Počas piatich mesiacov v roku je teplota pod nulou a počas šiestich mesiacov nad nulou.

Pred vybudovaním odkaliska bol síce vykonaný prieskum, ale nebolo zistené miesto, kde v súčasnej dobe dochádza k infiltrácii do podzemných vôd. Podzemná voda, ktorá je ovplyvnená infiltráciou je monitorovaná v monitorovacích vrtoch umiestnených na vnútornej strane odkaliska. Voda, ktorá sa čerpá späť sa vzorkuje [62, HIMMI, 2002].

V **ložisku medzi Legnica-Głogow** začala ťažba Cu - rudy v roku 1967. Všetok odpad, ktorý tvorí 94 % dobyvanej rudy je od tejto doby ukladán na odkaliská, ktoré boli zvyšované metódou „proti vode“ (*upstream*). V rokoch 1968 až 1980 bolo v prevádzke prvé odkalisko o rozlohe 600 ha. Odkalisko bolo vybudované metódou zvyšovania hrádze „proti vode“ a bolo tu uložených 93 miliónov t kalu. Odkalisko bolo odstavené z prevádzky v roku 1980. Predpokladá sa, že táto uzávierka môže byť dočasná, a že v budúcnosti môže byť znovu uvedené do prevádzky ako náhradná kapacita. Od roku 1977 je prevádzkované nové odkalisko s rozlohou 1 450 ha. Podobne ako predchádzajúce odkalisko je tu ukladán kal zo všetkých troch úpravní. Pretože sa všetky tri bane nachádzajú v obytnej oblasti a vzdialenosti medzi baňami nie sú väčšie ako 20 km, bolo potrebné nájsť topograficky vhodnú oblasť a vytvoriť z nej odkalisko, ktoré by mohlo slúžiť všetkým baniam.

Výhodou tohoto usporiadania je možnosť využitia rozdielnych vlastností kalu. Napríklad odpad z úpravy z bane Lubin a Rudna je hrubozrnný, zatiaľ čo z bane Polkowice je jemnozrnný, takže je možné využiť hrubozrnnú frakciu ku stavbe hrádze a jemnozrnný kal na utesnenie dna odkaliska.

Kal je vo forme suspenzie s obsahom 14 – 20 % tuhej fázy vedený do odkaliska potrubím. V roku 2001 sa vyskytla možnosť čerpania zahusteného kalu, ale táto myšlienka bola zamietnutá z ekonomických dôvodov, obzvlášť z dôvodu kapitálových nákladov na zmenu existujúceho systému. Dĺžka súčasných dopravných trás z troch úpravní sa pohybuje medzi 6 až 9 km.

Ku koncu roku 2001 bolo celkové množstvo ťažobného odpadu uloženého na v súčasnosti prevádzkovanom odkalisku 550 miliónov t.

Kal nie je využívaný ako základka. Hrubozrnná frakcia, ktorá technicky vyhovuje požiadavkám noriem pre hydraulickú základku sa využíva pre stavbu hrádze. Jemnozrnná frakcia kalu by mohla byť využívaná iba v pastovitej forme, čo by však bolo príliš nákladné.

Časť kalu s obsahom karbonátov (150 ton za rok) sa používa na neutralizáciu zriedenej kyseliny sírovej z huty na spracovanie medi. Proces neutralizácie sa uskutočňuje v úpravni v Polkowiciach. Produkt neutralizácie je zmiešavaný s hlavným prúdom kalu.

Pôvodné odkalisko, ktoré bolo v prevádzke od roku 1968 do roku 1980, bolo vytvorené stavbou východnej hrádze cez údolie s rozlohou 600 ha. Charakteristiky tejto hrádze boli nasledujúce:

- zemná hrádza vybudovaná z hlíny z miesta realizácie s 15 cm silnou betónovou stenou na vnútornom svahu, so sklonom 1 : 2,
- dĺžka hrádze 6 760 m,
- maximálna výška hrádze 22 m a trojuholníkový drenážny systém so štrkovým filtrom spojený s kanálom hrádze.

Vyčistená voda z odkaliska bola odvádzaná za pomoci dvoch dekantačných veží s otvormi pre vodu a ďalej potrubím umiestneným v štólňi. Dekantovaná a priesaková voda bola pomocou čerpaciej stanice umiestnenej na vonkajšej strane hrádze vedená do procesu flotácie. Na začiatku bolo odkalisko zaplnené kalom privádzaným z hrebeňa hrádze cez betónové kanály umiestnené šikmo na svahoch. Neskôr bol kal vypúšťaný priamo z výpustí umiestnených na hrebeni hrádze každých 40 m. Najprv bola hladina vyčirenej vody až 2 m nad hladinou kalu. Ihneď v začiatkoch prevádzky odkaliska sa v oblasti na vonkajšej strane hrádze prejavili negatívne javy. Došlo k zvýšeniu hladiny podzemnej vody, čo viedlo k záplavám a k vytvoreniu zón s pretiekajúcou vodou na povrchu terénu. V mnohých úsekoch sa pod dnom priekopy pri hrádzi vytvorilo čelo priesakovej vody z odkaliska so zvýšenou mineralizáciou. Voda bola neskôr odvedená do priekop zaústených do rieky Zielenica v povodí Odry.

Pred zriadením odkaliska bola v oblasti nízka hladina podzemnej vody vo významnom pozdĺžnom sklone (11 – 16 ‰) a s veľkou priepustnosťou podložia (napríklad piesok).

Proti hrozbe povodní bol vybudovaný systém obvodových drenáží v tvare otvorených priekop, ktorý počíta s vytekaním vody do rieky Zielenica a pôsobí ako ochrana proti zaplaveniu priemyselovej zóny, diaľnice a hlavnej lesnej oblasti. Pre zníženie hladiny podzemnej vody a ako miesto pre záchyt znečistenej vody bolo v blízkosti hrádze vytvorené odvodnenie záchytnou studňou. Neskôr sa zmenil systém ukladania kalu. Kal s obsahom karbonátov z flotácie rudy v úpravni Polkowice s prebytkom nánosového ílu bol vedený priamo k návodnej strane, aby bola utesnená základňa odkaliska.

Systém ukladania kalu bol taktiež zmenený vytvorením výpustí vo vzdialenosti každých 20 m. Toto umožnilo stabilizáciu pláže v minimálnej vzdialenosti 100 m a segregáciu frakcií kalu v tejto oblasti.

Vyššie uvedené opatrenia mali za následok obmedzenie infiltrácie vody do podložia a efektívny prenos vody z oblasti priamo na vnútornú stranu hrádze. V dôsledku týchto opatrení bola infiltrácia vody z odkaliska znížená na úroveň podobnú podmienkam pred stavbou odkaliska.

Opatreniami sa docielilo zníženie straty zdrojov podzemnej vody, straty lesných zdrojov (odlesnenie oblasti s rozlohou približne 45 ha), eliminovali sa náklady na ochranné opatrenia proti škodcom v oslabených častiach lesa a náklady na minerálne hnojenie a vápnenie. Voda z rieky Zielenica mala v tejto oblasti taktiež zvýšený obsah rozpustených látok 3 300 mg.l⁻¹.

Odkalisko sa nachádzalo predovšetkým v oblasti bane Lubin a čiastočne bolo rozšírené do oblastí baní Polkowice a Rudna. Z dôvodu ochrany hrádze bol zriadený ochranný pilier. Zvýšené požiadavky na ťažbu by znamenali zvýšené množstvo produkcie kalu. Poklesy spôsobené ťažobnou činnosťou a možnosť vzniku paraseizmických vibrácií v dôsledku ťažobnej činnosti by znamenali taktiež ďalšie požiadavky na zabezpečenie odkaliska. Vyššie uvedené obmedzenia mali za následok rozhodnutie o zastavení ďalšieho využívania odkaliska a zamietlo sa požadované ďalšie rozšírenie o druhý stupeň na objem 160 miliónov m³.

V súčasnej dobe dosiahlo zosadnutie hrádze 3,25 m. Taktiež bol pozorovaný horizontálny posun. V telese hrádze boli zaistené zhutnené a nespvené zóny. Aby boli zistené aktuálne požiadavky na ďalšie využívanie odkaliska, monitorovali pracovníci bane deformácie v ochrannom pilieri hrádze. Na základe tohoto monitorovania bolo rozhodnuté, že sledované deformácie nepredstavujú žiadnu hrozbu pre bezpečnosť hrádze.

Stavba **súčasného odkaliska** začala v roku 1973. Poloha odkaliska bola zvolená mimo ťažobnú oblasť a taktiež na rozdiel od predchádzajúceho odkaliska nepodliehala priamemu vplyvu ťažby, takže neobmedzovala ťažobnú činnosť. Druhým faktorom, o ktorom sa uvažovalo pri výbere lokality odkaliska, bola jeho vzdialenosť od úpravne. Podložie odkaliska je do hĺbky 30 – 50 m tvorené kvartérnymi sedimentmi. Miestami sú taktiež pozorované terciérne sedimenty, ktoré sú narušené činnosťou ťadovcov.

Na zistenie najlepšieho spôsobu plnenia odkaliska, bola vykonaná charakterizácia odpadu. Z hrebeňa hrádze bol presunutý odpad z pieskovcov v oblastiach 500 – 700 m dlhých, aby nebol breh kratší ako 200 m, a ďalej aby bola kompenzovaná gravitačná segregácia kalu na brehu. Hrubo zrnitý materiál bol uložený na brehu, zatiaľ čo väčšina jemnozrného materiálu (0,05 – 0,002 mm) bola rozplavená do odkaliska. Na začiatku bol jemnozrný kal s obsahom karbonátov vedený otvorenými kanálmi pozdĺž prirodzených svahov na utesnenie dna. Neskôr boli vybudované piliere, ktoré podopierali potrubie vedená na okraj odkaliska. Ako pôvodné hrádze boli postavené konvenčné zemné hrádze po obvode 14,5 km. Potom boli hrádze zvyšované s použitím hrubo zrnnej frakcie ťažobného odpadu ukladaného na pláži. Z hrubo zrnnej frakcie kalu boli vytvorené hrádze s výškou 2,5 m metódou „po vode“ (*downstream*) a s vytvorením stupňov v dvojročných periódach po celom obvode hrádze. Priemerné zvýšenie hrádze odkaliska je 1,2 m za rok.

V ďalšej fáze sa kal vypúšťal vypúšťacími hrdlami na pláž tak, aby vrstva kalu nepresiahla denne 25 – 30 cm po dobu niekoľkých týždňov. Obyčajne, po dlhšom prerušení, sa cyklus ukladania kalu týmto postupom niekoľkokrát opakuje (4 – 7 krát). Uloženie kalu týmto spôsobom do jednej časti odkaliska obvykle trvá približne 15 týždňov, pokiaľ nie je dosiahnutá úroveň hrádze.

Pri ďalších prerušeníach je povrch brehu stabilizovaný vodným roztokom bituminóznej emulzie, aby nedochádzalo k erózií pôsobením vetra. Emulzia je rozstrekovaná vrutníkmi.

Neskôr je stabilizovaný povrch odstránený ťažkou technikou. Stavba pomocou stupňov umožňuje správne odvodnenie kalu a stabilnú voľnú hladinu vody v telese hrádze. V tejto časti sú uložené približne 2/3 produkovaného množstva hrubozrnného odpadu. Pozdĺžny sklon brehu sa pohybuje od 6,5 % v blízkosti hrádze k hodnote 4,0 % vo vzdialenosti 100 m. Zvyšovanie hrádze sa vykonáva za pomoci buldozéro, ktoré súčasne zhutňujú kal. Merná hmotnosť v hrádze vrstve dosahuje hodnotu približne 1,40 – 1,70 t.m⁻³, ktorá sa zvyšuje s hĺbkou (do 10 m) na hodnotu 1,60 – 1,70 t.m⁻³. Obsah vody sa pohybuje medzi 5 – 20 %. Objemová hmotnosť kalu sa rovná hodnote 1,46 t.m⁻³. Na základe piezometrických meraní a CPTU⁵ meraní bol vyslovený predpoklad, že rozloženie tlaku pórov nie je hydrostatické, čo naznačuje presakovanie vody z kalu do podzemnej vody. Množstvo takto prenikajúcej vody bolo odhadnuté na 0,862 m³.min⁻¹ v roku 2000 a na 0,690 m³.min⁻¹ v roku 2001. Na reguláciu hladiny vody bol pozdĺž veľkej časti obvodu odkaliska vybudovaný obvodový dren. Vybudovanie odvodnenia sa taktiež predpokladá na vyšších úrovniach.

Hodnoty koeficientu priepustnosti „k“⁶ v oblasti brehu a v oblasti odkaliska sú nasledujúce:

- v oblasti brehu: hodnota „k“ sa pohybuje od 2,0 · 10⁻⁷ m.s⁻¹ až 2,0 · 10⁻⁹ m.s⁻¹,
- v oblasti odkaliska: hodnota „k“ sa pohybuje od 5,0 · 10⁻⁸ m.s⁻¹ až 1,0 · 10⁻¹⁰ m.s⁻¹.

Povrchová voda je proti kontaminácii chránená:

- utesnením dna odkaliska jemnozrnnou frakciou odpadu, ktorá sa spevňuje samovoľne,
- záchytným priesakovej vody pozdĺž celého obvodu hrádze,
- udržívaním hydraulickéj bariéry (čerpacie studne) pozdĺž vybraných častí,
- odvedením prietokov povrchovej vody do väčších vzdialeností a
- aplikáciou kontinuálneho monitorovania na sledovanie ovplyvnenia podzemnej a povrchovej vody odkaliskom.

Monitorovacia sieť podzemnej a povrchovej vody zahŕňa viac ako 800 monitorovacích bodov [113, S.A., 2003].

V prevádzke **Neves Corvo** je kal ukladaný v odkalisku. Vyrovnávací nádrž je konvenčného typu. Pôvodné jadro hrádze je z ílu. Pri obidvoch zvyšovaniach, metódou zvyšovania z vonkajšej strany, bola na vytvorenie málo priepustného jadra použitá ochranná vrstva HDPE. Hrádza má sklon 1 : 1,8 (návodná strana) a 1 : 1,7 (vzdušná strana). Za jadrom sa nachádza filtračná vrstva. Vzhľadom k vysokému potenciálu kalu k tvorbe kyslých výluhov sú odpady ukladané pod vodnú hladinu. Vodná krycia vrstva je udržiavaná v minimálnej výške najmenej 1 m. V súčasnej dobe je na uzavretie skúmaná možnosť využitia zahusteného kalu.

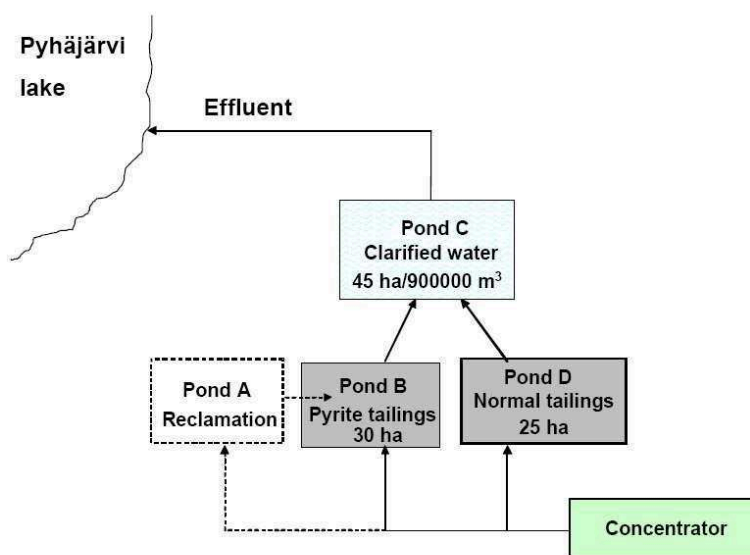
V prevádzke **Pyhäsalmi** sa používa 16 % kalu ako základka do bane, ostávajúcich 84 % (180 000 t.rok⁻¹) je uložené v odkalisku. Toto relatívne nízke percento základky môže byť vysvetlené faktom, že na zakladanie je vhodná iba hrubozrnná frakcia odpadu z úpravy. Celková plocha na ukládanie kalu zaberá rozlohu približne 100 ha, na ktorých sú prevádzkované tri odkaliská.

⁵ CPTU – Cone Penetration Test Undrained – statická penetrácia so zisťovaním pórového tlaku, geotechnická metóda na zisťovanie únosnosti

⁶ správnejšie koeficientu filtrácie k_f, ako ukazovateľa hydraulickej konduktivity

Dve z týchto odkalísk (odkaliská B a D na nasledujúcom obrázku) sa používajú paralelne na usadzovanie nerozpustených látok a pre dekantáciu vyčirenej vody z tretieho odkaliska. Doba zdržania vody v odkalisku je približne dva mesiace.

Obrázok 7. Zariadenie na nakladanie s kalom v prevádzke Pyhäsalmi [62, HIMMI, 2002]



Vysvetlivky:

Concentrator – zahusťovač, *Pond A (Reclamation)* – nádrž A (rekultivácia), *Pond B (Pyrite tailings 30 ha)* – nádrž B (pyritové kaly 30 ha), *Pond C (Clarified water 45 ha / 90 000 m³)* – nádrž C (vyčírená voda 45 ha / 90 000 m³), *Pond D (Normal tailings 25 ha)* – nádrž D (obyčajný kal 25 ha), *Effluent* – výtok, *Pyhäjärvi lake* – jazero Pyhäjärvi.

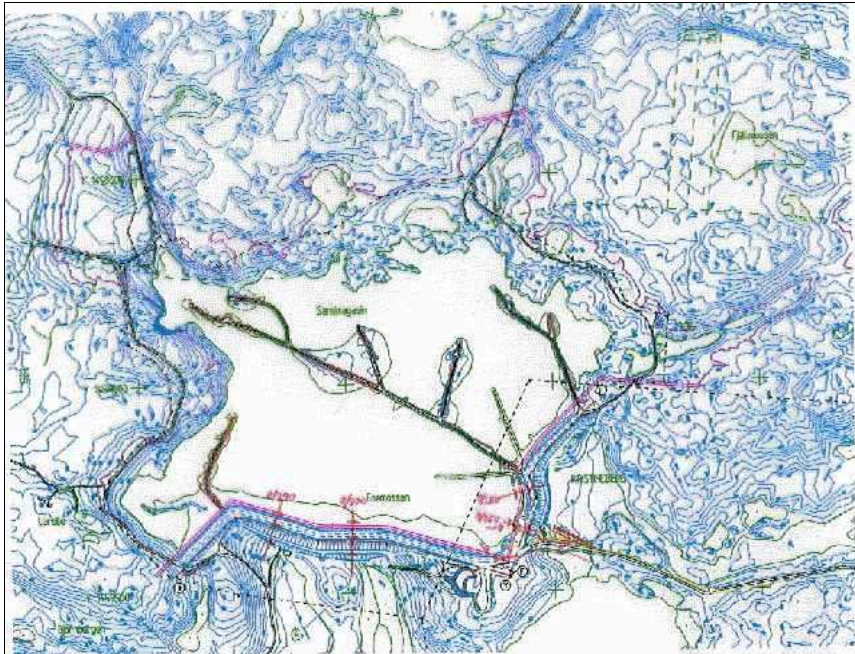
Odkalisko A na predchádzajúcom obrázku je celé zaplnené a momentálne sa už nepoužíva. Rekultivačné práce na tomto odkalisku boli začaté v roku 2001. Odkalisko bude prekryté vrstvou kalu hrúbky 80 cm (30 cm ílu a slienia a 50 cm morénového materiálu). Stredná časť odkaliska zostane pod vodou. Pred výstavbou odkaliska bol vykonaný prieskum podložných hornín. Podložie bolo vzhľadom k svojmu petrografickému zloženiu považované za dostatočne nepriepustné (sliene), aby zabránilo presakovaniu do podzemnej vody a taktiež za dostatočne stabilné (únosné), aby znieslo zaťaženie spôsobené ukladaním kalu. Východisková štúdia bola vykonaná aj na systéme jazier nachádzajúcich sa pod odkaliskom. Odkalisko je vytvorené ohraňovaním priestoru v plochom teréne. Základná hrádza je vytvorená z (ľadovcovej) morény. Kal je rozvádzaný z potrubia výpustnými hrdlami pozdĺž hrádzou prvého odkaliska a vyčistená voda je vedená ďalej zo stredu odkaliska cez dekantáciu vežu.

Potrebné zvýšenia hrádze odkaliska sú vykonávané pomocou usadeného kalu. Hrádza čiriacej nádrže je vytvorená z morény a je pokrytá drvenou horninou, aby nedochádzalo k erózií. Priesaková voda je pozdĺž odkaliska zachytávaná systémom drenáží odkiaľ je čerpaná späť do odkaliska. Vzdialenosť medzi úpravňou a odkaliskom je približne 500 m, vzdialenosť k najbližšiemu jazeru je 200 m. Ročné zrážky v Pyhäsalmi sú približne 650 mm. Klimatické podmienky sú podobné podmienkam v oblasti Hitura. Oblasť pre odkalisko bola naplánovaná už na začiatku 60. rokov minulého storočia a v etape plánovania neboli brané do úvahy žiadne plány na uzavretie a následnú starostlivosť. Prevádzkové činnosti zahŕňajú dennú kontrolu zariadenia, pravidelné monitorovanie voľnej hladiny vody v hrádzach, monitorovanie vypúšťanej vody a previerky zariadení [62, HIMMI, 2002].

V úpravni **Tara** je prúd kalu rozdelený v cyklónoch. Hrubozrná frakcia (52 % z celkového množstva kalu) je vo forme cementovej suspenzie (3 % cementu) dopravovaná vrtmi do podpovrchovej bane, kde sa využíva ako základka. Jemnozrná frakcia kalu je čerpaná do povrchového odkaliska [101, TARA MINES, 1999].

Na ložisku **Zinkgruvan** sa používa technológia ťažby so základkou. Až do roku 2001 bolo používané hydraulické zakladanie (plavená základka). Tento typ zakladania vyžaduje prietokovú drenážnu rýchlosť kalu najmenej 5 cm.hod⁻¹. Z tohoto dôvodu bola hrubozrná frakcia odpadu z úpravy rozdrúžená hydrocyklónmi a zrnitostná trieda > 50 μm bola vracaná do bane. Týmto hydraulickým zakladaním bolo založených približne 50 % kalu. Jemnozrná frakcia kalu bola čerpaná do odkaliska Enemossen.

Obrázok 8. Pohľad na odkalisko Zinkgruvan zhora [66, BASE METALS GROUP, 2002]



Zmena technológie dobývania na používanie „ťažby v blokoch“ vyžaduje zakladanie kašovitými (pastovitými) odpadmi. Tým sa zmenili požiadavky na základku a je možné využiť jemnozrnnú frakciu úpravárenského odpadu. Odhaduje sa, že novou technológiou bude možné zakladať až 65 % kalu. Navyše bude kal čerpaný do odkaliska taktiež obsahovať hrubozrnnú frakciu, ktorá umožní použitie kalu pri stavbe hrádze. Táto metóda sa v súčasnosti zavádza v prevádzke Zinkgruvan, takže sa tu hydraulické zakladanie už nevykonáva.

Kal, ktorý nie je zakladaný, je čerpaný potrubím spoločne s technologickou vodou z úpravne do odkaliska, umiestneného 4 km južným smerom. Tuhé častice v odkalisku sedimentujú a odlúčená voda je s využitím gravitácie vedená do číriacej nádrže vzdialenej 1 km od odkaliska k ďalšiemu dočisteniu. Aby bolo odkalisko rovnomerne zaplavované a aby sa zamedzilo zvýšenej prašnosti a oxidácii kalu, sú vypúšťacie hrdlá nepretržite premiestňované pozdĺž pilierov vytvorených z kalu. Voda z číriacej nádrže (pozri bilancia vody) je recirkulovaná späť do úpravne. Voda je taktiež vypúšťaná potrubím a tunelom do vodného toku.

Odkalisko a číriaca nádrž sú tvorené prirodzenými nádržami (údolného typu).

Odkalisko je vybudované v údolí a je ohraničené prirodzenými svahmi a dvoma hrádzami. V podloží odkaliska je rašelinisko, odkalisko v súčasnej dobe zaberá plochu približne 50 ha. V konečnom štádiu bude pokrývať plochu zhruba 60 ha.

Hrádze sú zonálnej konštrukcie, na návodnej strane obsahujú horninu, ktorá je ochranou proti erózii. Ďalej obsahujú šikmé jadro z nepriepustného ílu (tillu), vrstvu triedenej frakcie horniny slúžiacej ako filter a svah opevnený horninou. Charakteristiky hrádze a odkaliska sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 13. Parametre existujúcich hrádzí X-Y a E-F v oblasti Zinkgruvan [66, BASE METALS GROUP, 2002]

Parametre	Hrádza X-Y	Hrádza E-F
Využitá kapacita (december 2000) (mil. m ³)	5,7	
Povolená kapacita (z roku 1981) (mil. m ³)	7,0	
Celková plocha odkaliska (ha)	50	
Celková plocha číriacej nádrže (ha)	16	
Objem materiálu v hrádzach (m ³)	380 000	170 000
Materiál dovezený z iných oblastí (m ³)	70 000	30 000
Výška hrádze (m)	27	17
Dĺžka hrebeňa (m)	800	400
Šírka hrebeňa (m)	16	16
Uhol vnútorného svahu	1 : 1,5	1 : 1,5
Uhol vonkajšieho svahu	1 : 1,5	1 : 1,5
Šírka stabilizačného stupňa (m)	7	7
Uhol svahu vnútornej strany stabilizačného stupňa	1 : 1,5	1 : 1,5

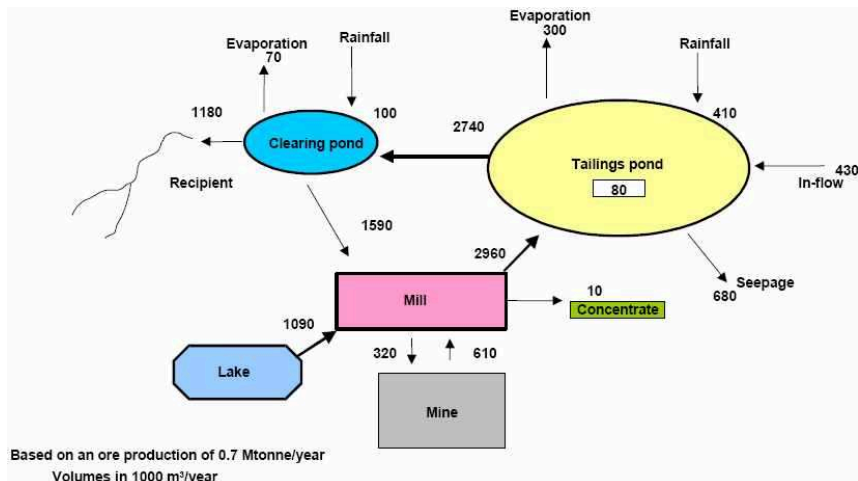
Aby sa zabránilo prašnosti a oxidácii, používa sa vypúšťanie pod hladinu vody. Pri znížení voľnej hladiny podzemnej vody, je nutné vytvoriť v blízkosti hrádze 30 až 50 m breh s výškou 0,1 až 0,5 m nad hladinou vody. Pri vypúšťaní kalu pod hladinu vody je uhol ukladania významne strmší ako pri vypúšťaní nad hladinou vody. Aby bolo odkalisko rovnomerne zaplňované, sú vypúšťacie hrdlá („spigots“) nepretržite premiestňované pozdĺž pilierov vytvorených v odkalisku.

Pláž je počas suchého obdobia roku (jar – leto – jeseň) zavlažovaná. V zimnom období, keď nie je snehová pokrývka, sa nedá úplne zabrániť prašeniu, hoci bolo vyskúšaných niekoľko metód dočasného zakrytia. Dekantačný systém je vežového typu. Dekantovaná voda prúdi gravitačne do číriacej nádrže. 50 % dekantovanej vody je opäť využitých v úpravni.

Je vybudovaná havarijná výpust', ktorá automaticky vypúšťa vodu, pokiaľ sa hladina zvýši nad určitú úroveň. Inštalovaná kapacita vypúšťania je $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (nezahrňuje kapacitu vypúšťania havarijnej výpuste), čo zodpovedá storočnej vode a maximálnemu zvýšeniu hladiny vody v nádrži o 0,5 m. Hrádze E-F a X-Y sú vybudované ako konvenčné hrádze.

Podložie hrádze tvorí skalná hornina, čiastočne pokrytá morénou alebo rašelinou. Aby bolo vytvorené prepojenie tesniaceho jadra hrádze a podložia, boli pod hrádzami vykonané výkopy k prirodzenému skalnému podkladu alebo najmenej 4 m do morény. Tesniace jadro je vytvorené z kompaktnej morény. Hodnota priepustnosti morény sa pohybuje medzi $1 \cdot 10^{-8}$ až $1 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Pri stavbe hrádze boli na moréne a filtračnej vrstve priebežne vykonávané testy kvality, prevažne zahrňujúce kontrolu zhutnenia a vlastnosti materiálu (zrnitostné zloženie). Hydrogeologické štúdie oblasti ukazujú, že skalné podložie je porušené niekoľkými zlomovými líniami. Zlomy sú priepustné a sú odvodňované, čo spôsobuje presakovanie z odkaliska. Hydrologická bilancia odkaliska je uvedená na nasledujúcom obrázku.

Obrázok 9. Hydrologická bilancia v prevádzke Zinkgruvan [66, BASE METALS GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

Lake – jazero, *Mine* – baňa, *Mill* – úpravňa (mlyn), *Concentrate* – koncentrát, *Tailings pond* – odkalisko, *Clearing pond* – dočist'ovacia nádrž, *Seepage* – priesaky, *In-flow* – prítok, *Rainfall* – zrážky, *Evaporation* – vyparovanie.

Based on an ore production of 0,7 Mtonne/year – produkcia rudy je 0,7 milión t ročne, *Volumes in 1000 m³/year* – objemy sú v 1000 m³ za rok.

Model nového zariadenia pre nakladanie s kalom v prevádzke Lisheen

Pravdepodobne najnovšie zariadenie na ukladanie kalu z úpravy v Európe bolo v nedávnej dobe vybudované v bani **Lisheen**. Toto odkalisko bolo vybudované na rovine (v štýle ohradeného priestoru) na rašelinisku a dno je celé tesnené. Napriek tomu, že bolo konštruované pre maximálne množstvo 10 miliónov t kalu, očakáva sa, že počas životnosti projektu pojme iba 6,6 miliónov t kalu [75, MINORCO LISHEEN/IVERNIA WEST, 1995]. Vo fáze plánovania odkaliska Lisheen boli prediskutované a vyhodnotené všetky dostupné primárne metódy nakladania s kalom. V procese rozhodovania, ktorý smeroval k výberu optimálnej technológie nakladania s kalom, boli na základe konštrukčných požiadaviek skúmané rôzne metódy a požiadavky na podrobnejšie konštrukčné kritéria pre odkaliská. Tento proces je popísaný nasledujúcim spôsobom.

Primárne metódy nakladania s kalom:

Počas fázy plánovania boli skúmané tri primárne metódy nakladania s kalom, hlavne jeho ukladanie:

- do povrchových vôd, ako je napríklad jazero, rieka alebo more,
- do bane ako základka,
- do povrchového odkaliska.

Prvá z uvedených možností bola považovaná za neprijateľnú z hľadiska vplyvu na životné prostredie. A to i napriek tomu, že ukladanie do jazera je za riadených podmienok akceptované ako najlepšie riešenie v niekoľkých prevádzkach na severe Kanady. V tomto prípade prijal prevádzkovateľ filozofiu, že najvhodnejšia stratégia nakladania s kalom je maximalizovať využitie kalu ako základky pri podzemných činnostiach, čo prináša tieto výhody:

- minimalizovanie objemu kalu ukladaného na povrchu,
- podpora stropu ložiska tak, aby boli minimalizované poklesy terénu,
- zabránenie oxidácii (kal v podzemí, bude neustále pod vodou),
- maximalizácia výťažnosti rudy.

Usporiadanie bane a postup ťažby umožňuje zakladať 6,9 milióna t kalu do podzemia. Zvyšných 6,6 miliónov t kalu musí byť uložených na povrchu. Z topografickej situácie v Lisheene je zrejmé, že v primeranej vzdialenosti od úpravne nie sú k dispozícii žiadne významné doliny ani vyvýšeniny, ktoré by mohli slúžiť ako potenciálne odkalisko, a preto bola navrhnutá nádrž s kruhovitou hrádzou (štýl „*paddock*“).

Ďalšie úvahy:

Zistilo sa, že ak je kal vystavený pôsobeniu kyslíka, má potenciál na tvorbu kyslých výluhov a tiež, že pórová voda obsahuje niektoré kovové ióny. Tieto dva fakty viedli k nasledovnému rozhodnutiu:

- odkalisko musí fungovať tak, aby bol kal vypúšťaný a ukladaný pod vodu,
- kal musí byť ukladaný do odkaliska, ktoré je čo najmenej priepustné, aby sa minimalizovalo množstvo priesakov do podzemnej vody.

Aby boli tieto požiadavky splnené, bolo potrebné uvažovať o zabezpečení málo alebo veľmi málo priepustnej tesniacej vrstvy. Rozsiahle močiare v oblasti obsahujú rašelinu, ktorá má nízku priepustnosť a jej využitie ako zložky kombinovanej ochrannej vrstvy je preto veľmi efektívne. Rašelina má navyše aj tú výhodu, že môže spomaľovať uvoľnenie celej série znečisťujúcich látok, ktoré sa môžu vyskytovať v priesakoch. Pre zistenie pevnosti rašeliny, jej priepustnosti v zhutnenom aj nezhutnenom stave a schopnosti atenuácie bola vykonaná séria testov.

Výber:

Maximálny objem kalu, ktorý bude uložený na povrchu, dosiahne 10 miliónov t. Úložisko kalu by malo byť vybavené nepriepustnou bariérou medzi kalom a kolektorom podzemných vôd. Pri zvážení topografie terénu a potreby ukladania primeranej hrúbky vrstvy kalu bude potrebná plocha s rozlohou 80 až 120 ha. Odhad potrebnej plochy bral do úvahy jednak hodnoty objemovej hmotnosti suchého materiálu (1,6 t.m⁻³) a relatívne nízku priemernú hrúbku vrstvy uloženého kalu (približne 10 m).

Na základe zistenia, že kal je náchylný na tvorbu kyslých výluhov, bolo rozhodnuté, že v odkalisku sa musí zabrániť oxidácii pyritu a dno musí byť tesnené, aby sa zabránilo priesakom do podzemnej vody. Boli prediskutované dve uplatniteľné metódy, a to:

- ak bude odkalisko vybudované na poľnohospodárskej pôde, vybrať vhodnú kombináciu zloženia (kompozit) tesniacej vrstvy,
- využitie zhutnenej rašeliny ako súčasti kompozitu (kombinovanej tesniacej vrstvy) na prípravu tesnenia, kedy sa zároveň využije nízka priepustnosť a vysoká sorpčná kapacita rašeliny v prípade, že výstavba odkaliska bude na mokrine.

Výber oblasti na výstavbu úložiska zahŕňal ekonomické vyhodnotenie, ďalej posúdenie vplyvu odkaliska na životné prostredie a hodnotenie technických podmienok. Cieľom výberového procesu bola minimalizácia vplyvu na obyvateľstvo a životné prostredie za súčasného dodržania technických požiadaviek, ktoré by boli čo najekonomickejšie. Proces výberu lokality zahŕňal štyri etapy, a to:

- hľadanie vhodnej depresie alebo údolia, ktoré by boli situovaná do 15 km od úpravne,
- prieskum lokalít nevyhovujúcich požiadavkám do vzdialenosti 8 km od úpravne; táto vzdialenosť bola vybraná na základe posúdenia možnosti čerpania materiálu (hydraulického dopravy – *pozn. prekl.*) a nedostatku alternatívnych vhodných lokalít vo väčšej vzdialenosti,
- identifikácia alternatívnych lokalít,
- podrobné vyhodnotenie alternatívnych lokalít [75, MINORCA LISHEEN / IVERNIA WEST, 1995].

Popis vybudovaného odkaliska:

Odkalisko bolo vybudované na mokrine, ktorá je tvorená až 4 m hrubou vrstvou rašeliny, ktorej podložie tvorí glaciálny till uložený na vápencovom skalnom podklade.

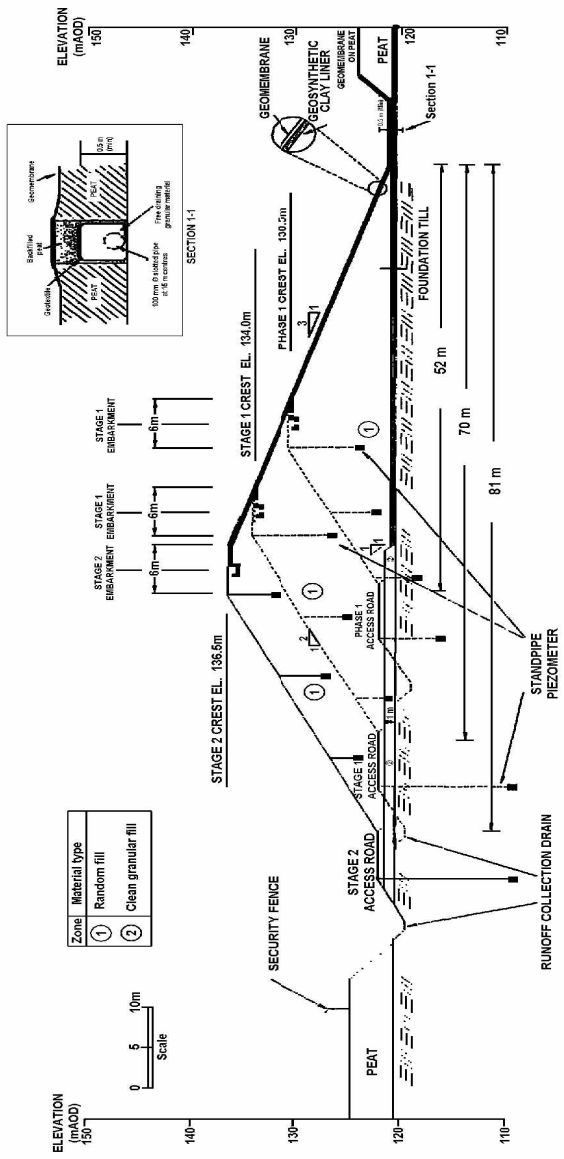
Vápenec patrí ku geotechnicky priaznivej spodnokarbónskej dolomitizovanej formácii Waulsort bez významných zlomov a s iba málo vyvinutými paleokrasovými javmi. Prieskum na mieste nezistil žiadne otvorené alebo vyplnené dutiny. Z tohto dôvodu, a tiež vzhľadom na minimálny pokles odkaliska, nespôsobuje odvodnenie blízkej bane reaktiváciu paleokrasových útvarov (aj keby boli prítomné). Odkalisko je vytvorené zo zemnej hrádze, ktorá tvorí ohraničenie úložiska. Rašelina bola odstránená z miesta budovania násypu a celá priehrada je vybudovaná na zhutnených tilloch alebo na skalnom podloží. Obvodvodová hrádza odkaliska je tvorená širokým násypom, zónovej (heterogénnej) konštrukcie, navrhovanej ako vodná stavba. Hrádze sú vybudované zo zhutneného horninového materiálu z otvárkových diel s vnútornými a vonkajšími svahmi 1 : 3, respektíve 1 : 2. Hrebeň hrádze je 6 m široký, z dôvodu zabezpečenia prístupu počas stavby aj za prevádzky. Rez hrádzou je zobrazený na obrázku 10.

Hrádze boli navrhované na maximálnu výšku 15,5 m nad vrstvou tillu, ktorá sa nachádza pod rašeliniskom. Tým je pripustená možnosť prípadného zvýšenia kapacity pri rozšírení rudných zásob alebo znížení objemovej hmotnosti kalu (resp. sušiny) alebo zmeny zakladaného množstva. Hrádze sú konštruované primárne do výšky 9,5 m, čo predstavuje 2,8 milióna t kalu, ktorý môže byť uložený na povrchu počas prvých 6 rokov prevádzky.

Väčšina plochy na ukladanie sa bude nachádzať nad rašeliniskom. Rašelina má vo všeobecnosti dostatočnú hrúbku a má požadované fyzikálne a chemické vlastnosti na obmedzenie priesakov a odstránenie kovov z výluhu vody. Keď je na rašelinu uložený kal, rašelina sa stlačí a stane sa prirodzenou tesniacou vrstvou s priepustnosťou menšou ako $1 \cdot 10^{-9} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Priepustnosť a pevnosť rašeliny sú dostatočné, aby pôsobili ako vodotesná vrstva na vytvorenie kombinovanej tesniacej vrstvy („*composite liner*“), ktorá je schopná zadržať kal a jeho porovú vodu.

Malé množstvo priesakov, odhadované na 34 m^3 za deň, by mohlo prejsť kombinovanou krycou vrstvou vzhľadom k netesnostiam. Je pravdepodobné, že väčšina tejto vody bude zhromažďovaná v drenáži okolo obvodu odkaliska a bude odčerpaná späť do odkaliska. Pozdĺž vnútorného obvodu hrádzí v oblastiach, kde je hrúbka vrstvy rašeliny menšia ako 1,5 m, a tiež na násype, bola pod geomembránu (pravdepodobne fóliu – *pozn. prekl.*) uložená geosyntetická ílová rohož, aby bol doplnený tesniaci systém. Pozdĺž vnútorného obvodu na úrovni bázy rašeliny bol uložený systém perforovaných odvodňovacích potrubí s priemerom 100 mm. Tieto drenáže siahajú do vzdialenosti 50 m od päty násypu a zhromažďujú vodu, ktorá sa uvoľňuje pri stlačení rašeliny a tiež časť vody z priesakov. V počiatočnej fáze pred ukladaním kalu bolo odkalisko zaplnené vodou s minimálnou výškou hladiny 1 m tak, aby bol kal ukladaný pod vodou. Kal bol ukladaný pod hladinu vody pomocou plavákového rozvodného systému, ktorý sa pomaly pohyboval tam a späť cez odkalisko, aby došlo k vytvoreniu relatívne rovnomernej vrstvy usadeniny, a aby sa minimalizovali rozdiely v zaťažení krycej vrstvy rašeliny. Voda použitá na dopravu kalu sa recykluje späť do úpravne a všetka prebytočná voda z odkaliska je pred vypustením do riečného systému očistená v čističke odpadových banských vôd. Prebytočná voda v odkalisku vzniká ročným úhrom zrážok približne 450 mm a nízkym množstvom priesakov.

Obrázok 10. Rez hrádzou odkaliska v závode Lisheen [75, MINORCA LISHEEN / WEST IVERNIA 1995]



Výsvetlivky:

Random fill – netriedený násyp, *Clean granular fill* – vytriedený materiál, *Elevation* – výška, *Scale* – mierka, *Peat* – rašelina, *Security fence* – bezpečnostný plot, *Stage 1 Crest el. 134,0 m* – stupeň 1 výška hrebeňa 134 m, *Stage 2 Crest el. 136,5 m* – stupeň 2 výška hrebeňa 136,5 m, *Access road* – prístupová cesta, *Runoff collection drain* – drenážny systém, *Standpipe piezometer* – piezometer vo vrte, *Foundation till* – till v podloží, *Geomembrane* – fólia, *Geosynthetic clay liner* – geosyntetická ílová rohož, *Stage 1 embankment* – stupeň 1 násyp.

Odkalisko je napravo od hrádze.

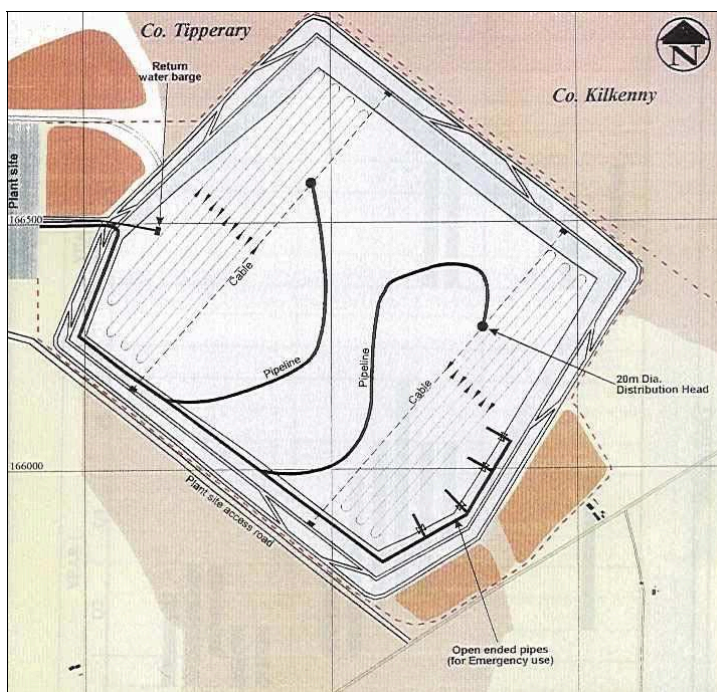
Priesaková voda a voda otekajúca z hrádzí je zachytávaná v povrchovej drenáži okolo odkaliska a je čerpaná späť do odkaliska [75, MINORCA LISHEEN / WEST IVERNIA, 1995].

Pri navrhovaní tesniacich vrstiev a hrádzí boli celkovo zvažované nasledujúce faktory:

- stabilita
 - stabilita hrádze,
 - stabilita podlažia (v prípade rašeliny),
- priesaky: rýchlosť priesakov je vypočítaná na základe rôznych scenárov havarijných situácií,
- chemické zloženie priesakov: priesaková voda bude vo všeobecnosti spĺňať normy pre pitnú vodu čiastočne preto, že rašelina má schopnosť viazať kovové ióny,
- dekantovaná voda a hydrologická bilancia,
- doprava a ukladanie kalu.

Kal bude ukladaný pod hladinu vody, aby nedochádzalo k oxidácii sulfidov. Tento spôsob ukladania bude realizovaný pomocou plávajúceho potrubia (pozri nasledujúci obrázok).

Obrázok 11. Systém dopravy flotačného kalu v závode Lisheen [75, MINORCA LISHEEN / WEST IVERNIA, 1995]



Vysvetlivky:

Return water barge – čln (plavák) pre spätnú vodu, *20 m Dia. Distribution Head* – distribučná hlavica s priemerom 20 m, *Open ended pipes (for Emergency use)* – havarijné potrubie s otvoreným koncom, *Pipeline* – potrubie, *Plant site* – úpravná.

Na konci každého potrubia sú k reverznému elektricky ovládanému a pohyblivému navijaku (pozri nasledujúci obrázok) cez hlavný bubon pripojené rozvážacie hlavice.

Obrázok 12. Elektricky poháňaný navijak na kladenie potrubia, ktoré dopravuje flotačný kal na odkalisko v prevádzke Lisheen



V prevádzke Lisheen sa ako súčasť tesniaceho systému používa LLDPE fólia (*Linear Low Density Polyethylene* – nízko hustotná polyetylénová fólia). Pri ukladaní tesniacej vrstvy bol použitý nasledujúci postup:

- testovanie materiálu zemnej hrádze,
- deštruktívne a nedeštruktívne testovanie geomembrány LLDPE,
- deštruktívne a nedeštruktívne testovanie zvarových spojov tesniacej fólie,
- testovanie geosyntetickej rohože,
- mikrogravimetrické mapovanie pre zistenie potenciálnych krasových javov,
- plošná detekcia pre určenie polohy netesností tesniacej vrstvy.

Dokumenty pre kontrolu kvality tesniacej vrstvy odkaliska zahŕňali:

- kontrolný formulár geosyntetickej ílovej rohože,
- protokol o uložení geomembrány (tesniacej fólie),
- protokol o meraní zvarových spojov tesniacej fólie,
- protokol o zvarových spojoch tesniacej fólie,
- protokol o tlakových skúškach zvarových spojov tesniacej fólie,
- protokol o podtlakových skúškach zvarových spojov tesniacej fólie,
- protokol o závadách tesniacej fólie,
- protokol o tesniacej fólii,
- zápisnicu o deštruktívnom teste tesniacej fólie,
- protokol o vzorkách na deštruktívnu skúšku tesniacej fólie,
- protokol o uložení geosyntetickej ílovej rohože,
- protokol o doplnkových testoch bentonitu geosyntetickej ílovej rohože,
- protokol vzoriek, ktoré neprešli deštruktívnymi skúškam [41, STOKES, 2002].

Posledné kontroly ukázali, že v geosyntetickej ílovej rohoži sa vytvorilo niekoľko netesností a trhlin [76, IRISH EPA, 2001]. Prístupné poruchy boli následne opravené. Prevádzkovateľ praktizuje politiku otvorenej informovanosti pre verejnosť („*open door policy*“), ktorá zahŕňa:

- informačnú kanceláriu o vplyve na životné prostredie, ktorá je otvorená v blízkom meste,
- všetky údaje z monitoringu sú prístupné v mesačných a ročných správach poskytovaných úradom,
- register sťažností.
- každoročné školské projekty [41, STOKES, 2002].

3.1.2.3.3 Bezpečnosť a predchádzanie haváriám

Odkaliská v prevádzkach **Aitik**, **Boliden** a **Garpenberg** postupujú podľa pravidiel dobrej praxe a národných štandardov (to podľa manuálu *OMS*⁷ pre odkaliská - pozri kapitolu 4.2.3.1). Navyše, každý prevádzkovateľ dodržiava predpísané postupy pre monitoring a stály dohľad (na základe vydaného povolenia – *pozn. prekl.*).

Napríklad v prevádzke Garpenberg je pórový tlak vody v nádržiach monitorovaný týždenne alebo mesačne pomocou 13 piezometrov inštalovaných v hrádzi (ručný monitoring). Každá nameraná hodnota sa porovnáva s kritickou hodnotou. Pri dosiahnutí kritickej hodnoty sa vykoná dôkladná kontrola, aby sa zistilo, prečo bola zvýšená hodnota dosiahnutá. Na mieste vypúšťania je inštalovaný automatický ukazovateľ hladiny vody, ktorý je napojený na informačný systém úpravne. Každý deň sú hrázde kontrolované pracovníkmi úpravne. Kontrolujú sa svahy, vypúšťanie z odkaliska a potrubia pre dopravu piesku [63, BASE METALS GROUP, 2002; 64, BASE METALS GROUP, 2002; 65, BASE METALS GROUP, 2002].

⁷ *OMS: Operation, Maintenance and Surveillance* – prevádzka, údržba a dozor

V prevádzkach **Pyhäsalmi a Hitura** bol pred začatím stavby hrádze vykonaný prieskum podložia. Konštrukcia bola navrhnutá a postavená tak, aby bola povrchová voda v priestore úložiska udržiavaná v rovnováhe a prebytočná voda zo zrážok mohla byť odstránená kontrolovaným vypustením, t. j. tak, aby odkaliská boli navrhnuté na vypočítanú hydrologickú bilanciu. Pred zvýšením všetkých hrádzi v lokalite Hitura boli technické problémy a problémy so stabilitou konzultované s externými expertmi. Na žiadnom úložisku nebolo vykonané iba formálne hodnotenie rizika. Zariadenia na nakladanie s kalom sú kontrolované denne zamestnancami úpravne a každoročne sú prehliadané nezávislým odborníkom. V päťročných intervaloch je stav bezpečnosti hrádze uvedený príslušným úradom do "Protokolu o bezpečnosti hrádze", čo je povinný postup pre všetkých prevádzkovateľov odkalísk vo Fínsku. Prevádzková prax tiež zahŕňa pravidelné monitorovanie voľnej hladiny vody v priehradách, monitorovanie vypúšťanej vody a previerky zariadenia. Zatiaľ nie je vypracovaný havarijný plán, ale očakáva sa, že tento bude v blízkej budúcnosti doplnený podľa novej legislatívy [62, HIMMAT, 2002].

Prevádzkované odkalisko na ložisku medzi **Legnica-Głogow** je riadené samostatnou divíziou nazývanou "divízia hydrotechnickej prevádzky". Pracovníci prevádzky môžu na zemné práce využívať všetky terénne vozidlá, vznášadlá a ťažkú mechanizáciu (rýpadlá, buldozéry, nakladače, traktory, žeriavy a pod.). V prevádzke je komunikačný systém (drôtový aj bezdrôtový) a varovný systém. Zamestnanci úzko spolupracujú s banskou záchrannou stanicou.

Hrebeň hrádze je stále osvetlený, pretože cesty na hrebeni hrádze a na nižších úrovniach hrádze sú využívané nepretržite. Bežný objem vody v odkalisku je 5 - 6 miliónov m³. Rezerva na periodické zachytenie prebytočnej vody má kapacitu približne 8 miliónov m³, zatiaľ čo ďalšia rezerva na dažďovú vodu je približne 1 milión m³. Celkový využiteľný objem pre vodu v odkalisku je teda 13 - 14 miliónov m³. Šírka brehu je udržiavaná na hodnote minimálne 200 m a minimálne prevýšenie hrádze je 1,5 m.

Monitorovanie odkaliska sa vykonáva v spolupráci s viacerými externými odborníkmi. Je tiež zavedený numerický systém pre zaznamenávanie, prenos a uloženie dát. Výsledky sú analyzované a obvykle raz za rok sú na ich základe prijímané príslušné opatrenia. Dohľad je vykonávaný konštruktérmi. Navyše bola vymenovaná odborná kontrola bezpečnosti hydraulických štruktúr. Kontrola a konzultácie sa vykonávajú tímom nezávislých odborníkov (IBE – *International Board of Experts* - Medzinárodné kolégium odborníkov). Činnosť IBE, koordinovaná Poľským geotechnickým združením (PGE), sa vykonáva na základe "metód pozorovania" aplikovaných na sledovanie dlhodobého vývoja odkaliska. V rokoch 1992 - 1999 pripravilo IBE geotechnickú správu o bezpečnosti a možnom vývoji prevádzkovaného odkaliska. Správa zahŕňala komplexné prieskumy základovej pôdy a stanovenie geotechnických charakteristík kalu.

Boli stanovené nasledujúce konštrukčné parametre:

- parametre zeminy a kalu,
- stav priesakov,
- stav stability svahov a
- program monitorovania.

Taktiež bolo nainštalovaných mnoho monitorovacích prístrojov, na vybraných miestach boli vytvorené stabilizačné stupne a boli uložené drenáže vedúce od odkaliska.

Tabuľka 14. Kontrolované parametre a aplikované monitorovanie v prevádzke Legnica – Glogow [113, S.A., 2003]

Kontrolovaný parameter	Použité monitorovanie / frekvencia monitorovania
<p>Kontrola hladiny vody v odkalisku.</p> <p>Minimálna vzdialenosť medzi pobrežnou čiarou a hrebeňom hrádze - 200 metrov.</p> <p>Kontrola voľnej hladiny vody vo flotačnom kale a v telese hrádze:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hladina vody nameraná piezometrom v telese pôvodnej hrádze a odkalisku, • hladina vody nameraná piezometrom v telese pôvodnej hrádze a v odkalisku v blízkosti potrubia A, B a C, • hladina vody v blízkosti obvodových drenáží v odkalisku, • pórový tlak v terciérnych fíloch. 	<p>Piezometer / merania 3x denne.</p> <p>Vzdialenostné značky + diaľkometer.</p> <ul style="list-style-type: none"> • skupina piezometrov: 7 priečných profilov s kontinuálnym meraním a prenos dát do hlavnej stanice, • skupina piezometrov: 7 priečných profilov s ručným meraním každý mesiac a u niektorých piezometrov každých 10 dní, • skupina 12 piezometrov v kale vo vzdialenosti 10 m pred a 20 m za osou drenáží, • piezometre.
<p>Meranie odtoku v drenáži:</p> <ul style="list-style-type: none"> • priekopy, • obvodové drenáže odkaliska, • drenáže pôvodnej hrádze, • hydraulická clona na vonk. strane hrádze. 	<ul style="list-style-type: none"> • raz mesačne, • dvakrát ročne, • dvakrát ročne, • trikrát týždenne.
Pohyb hrádze	<ul style="list-style-type: none"> • nivelačné značky, dvakrát ročne, • svahomery, raz mesačne.
Stabilita svahov	<ul style="list-style-type: none"> • náhodné prehliadky, napr. po veľkých otrasoch a pri veľkom daždi, • pravidelné prehliadky technickou komisiou (raz za mesiac, dvakrát za rok), • inšpekčné návštevy kontrolným úradom, • systém lineárnych snímačov v telese pôvodnej hrádze, na obode odkaliska, na dvoch úrovniach s prenosom signálu do hlavnej stanice.
Vlastnosti kalu a základovej pôdy (podľa programu určeného odborným dohľadom a konštruktérom)	<ul style="list-style-type: none"> • zariadenia Hyson, testy CPT, CPTU DMT, vrták Mostap
Paraseizmická aktivita vyvolaná ťažbou vo vzdialenosti minimálne 800 – 900 m a maximálne 2 km.	<ul style="list-style-type: none"> • snímače zrýchlenia v 5 priečných profiloch so snímačmi v päte svahu, na hrebeni hrádze a v jednom priereze v odkalisku
Meteorologické podmienky v oblasti odkaliska: dážď, teplota, rýchlosť a smer vetra, vlhkosť.	<ul style="list-style-type: none"> • meteorologická stanica

Keďže bolo odkalisko klasifikované ako riziková stavba, bol pre prípad pretrhnutia hrádze vypracovaný havarijný plán a príslušné postupy pre prípad havárie. V spolupráci s miestnymi a štátnymi orgánmi sa teraz buduje výstražný systém a úkryty pre prípad evakuácie miestneho obyvateľstva [113, S.A., 2003].

V prevádzke **Zinkgruvan** bola klasifikácia rizika odkaliska a dočist'ovacej nádrže vykonaná podľa systému RIDAS⁸ (Smernica pre bezpečnosť hrádzí vytvorená Združením pre energiu z vodných zdrojov, pozri tabuľku 4.2 v originálnom dokumente). Podľa tohto systému klasifikácie sú hrádze odkaliska (EF a XY) klasifikované ako typ 1B a hrádze dočist'ovacej nádrže sú klasifikované ako typ 2.

Táto klasifikácia určuje, aké minimálne bezpečnostné opatrenia a programy kontroly majú byť vykonané. Pre hrádze v prevádzke Zinkgruvan sú to tieto opatrenia:

- vykonanie previerky hrádze triedy 1 minimálne každé 3 roky a hrádze triedy 2 najmenej každých 6 rokov,
- hrádze triedy 1 musia umožňovať vypúšťanie storočnej vody a tiež musia byť schopné pojať storočnú vodu. Hrádze triedy 2 musia byť schopné iba vypúšťať storočnú vodu,
- monitorovanie hrádze triedy 1 a triedy 2 sa musí vykonávať podľa nasledujúcej tabuľky:

Tabuľka 15. Základný režim merania, ktorý bude dodržiavaný na nových priehradách [66, BASE METALS GROUP, 2002]

Parameter	Význam pre triedu 1B	Význam pre triedu 2
Priesaky	X, nepretržite	každých 6 mesiacov
Pohyb hrebeňa hrádze	X, každých 6 mesiacov	(X, každoročne)
Pohyb svahov	(X, každých 6 mesiacov)	(X)
Pórový tlak v jadre hrádze	(X, každoročne)	(X)
Hladina vody v podpornom násype	(X, každých 6 mesiacov)	(X)
Hladina vody v podloží	X, každých 6 mesiacov	(X, každých 6 mesiacov)
X = meranie je povinné tam, kde je to uskutočniteľné		
() = meranie je dôležité, ale za určitých podmienok nemusí byť vykonávané		

Stabilita týchto dvoch hrádzí bola vyhodnotená s pomocou externých odborníkov. Výsledky vykazujú bezpečnostné faktory 1,5 a 1,6. Napriek tomu však uskutočnený program zlepšenia bezpečnosti hrádze zahŕňa medzi iným inštaláciu piezometrických snímačov, sploštenia svahu hrádze z 1 : 1,5 na hodnotu 1 : 2,5 až 1 : 3,0 a monitorovanie priesakovej vody.

V minulosti sa vyskytlo mnoho problémov, predovšetkým vzhľadom k vnútornej erózii hrádze. To viedlo k zmene normálnej prevádzkovej praxe so zreteľom na techniku ukladania kalu v hrádzi.

⁸ klasifikácia vodných stavieb podľa rizikovosti, vypracovaný Svensk Energi AB; podobnú klasifikáciu používajú aj Nóri

Aby bola znížená hodnota pórového tlaku a zabránilo sa tak ďalšej vnútornej erózii hrádze, je na vnútornej strane hrádze udržiavaný viac ako 30 m široký breh (pláž). Úroveň pórového tlaku je často monitorovaná (mesačne, ale častejšie v prípade, keď sa zistia abnormálne hodnoty) inštalovanými piezometrami v priehradách. Program kontroly bezpečnosti hrádze bol schválený príslušným úradom a obsahuje nasledujúce hlavné časti:

- každoročná externá previerka odkaliska, hrádzí a dočist'ovacej nádrže. Táto prehliadka zahŕňa tiež kontrolu potrubia pre vodu a kal a tiež zariadenia na vypúšťanie,
- týždňová prehliadka hrádze pracovníkmi oddelenia životného prostredia podniku. Pri týchto inšpekciách sa kontroluje možné poškodenie hrádzí, hladina vody, tlaky ľadu a stav pri prípadných vysokých zrážkach. Je meraný prietok presakujúcej vody pri päte hrádze (stabilne okolo $5 - 10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$). Všetky pozorovania sú zaznamenané do knihy meraní,
- každoročné previerky vplyvu celej oblasti na životné prostredie, ktoré tiež zahŕňajú zariadenie odkaliska,
- každoročné prehliadky odborníkmi z príslušných úradov,
- udržiavanie pravidelnej komunikácie s konzultantom, ktorý sa podieľal na budovaní hrádze.

Obrázok 13. Priekopa pre zber a meranie prietoku priesakov pozdĺž hrádze [66, BASE METALS GROUP, 2002]



Za účelom registrovania hydraulického gradientu (tlakového spádu) hrádze sú od roku 2001 v programe monitorovania zahrnuté piezometrické merania. Bolo nainštalovaných celkom 21 piezometrov pre manuálne monitorovanie. Navyše boli vybudované 3 kontrolné nádrže pre zlepšenie monitoringu množstva a kvality priesakov. Zariadenia na monitoring priesakov sú na obrázkoch 13 a 14. Ďalšie metódy monitorovania stavu hrádze umožňujú snímanie gradientu elektrického potenciálu, ktoré registrujú pretekajúcu vodu hrádzami násypu.

Obrázok 14. Ďalšia priekopa pre zber a meranie prietoku priesakov pozdĺž hrádze [66, BASE METALS GROUP, 2002]



Na popisanie všetkých problémov spojených s nakladaním s kalom sa pripravuje v súčasnosti manuál bezpečnosti hrádze. Manuál bude zahŕňať nasledujúce oblasti:

- zabezpečenie organizácie bezpečnosti hrádze,
- havarijný plán,
- hodnotenie rizika, vplyv na životné prostredie a klasifikáciu následkov,
- projekt a stavebnú dokumentáciu,
- hydrologiu a dekantérny systém,
- systematické monitorovanie,
- plán uzavretia úložiska,
- povolenie a ďalšie dôležité dokumenty [66, BASE METALS GROUP, 2002].

V prevádzke **Lisheen** je v odkalisku aplikovaná nasledujúca schéma monitorovania:

Tabuľka 16. Schéma monitorovania odkaliska [41, STOKES, 2002]

Poloha	Parameter	Frekvencia monitorovania	Metóda / Technika analýzy
Piezometre v hrádzi odkaliska	hladina vody pH vodivosť Pb, Zn, As, Fe, Cu, Hg, Co, Cr, Mg, Mn, Cd, Ni, CN, sulfidy a sírany	týždenne týždenne týždenne mesačne	hladinomer elektrometricky elektrometricky normovaná metóda
Prístroje na meranie hydrostatického tlaku v podloží odkaliska	hydrostatický tlak	mesačne	povolená metóda
Oporná stena (opevnenie) hrádze odkaliska	Kontroly stavu a stability pri štandardných obchádzkach Pokles / Pohyb násypu Správa z každoročnej inšpekčnej prehliadky	týždenne štvrt'ročne každoročne	vizuálne mapovanie pomocou 7 monitorovacích staníc na sledovaní pohybu schválená norma
Chrbát násypu odkaliska	systém pre rozvod flotačného úprav. odpadu	dvakrát denne	vizuálne
Odkalisko	Usadzovanie kalu / hutnenie rašeliny	každé dva roky	schválená geofyzikálna metóda
Odkalisko	objem uloženého kalu hmotnosť uloženého kalu využitá kapacita voľná kapacita	nepretržite mesačne každoročne každoročne	prietokomer mer. hmot. sušiny schválená metóda schválená metóda
Rozvodný systém s vypúšťacími hrdlami	Časový úsek a objem / tonáž Účinnosť rozvodu	nepretržite počas prevádzky	kniha záznamov vizuálne
Distribučné hlavy rozvodov kalu	vrstva kalu	nepretržite	schválená metóda
Drenáže po obvode odkaliska (najmenej šesť vybraných miest)	hladina vody pH vodivosť Pb, Zn, As, Fe, Cu, Hg, Co, Cr, Mg, Mn, Cd, Ni, CN, nerozpustené látky, sulfidy a sírany	týždenne týždenne týždenne týždenne	hladinomer elektrometricky elektrometricky normovaná metóda
Monitorovacie objekty (vrty) monitorovacieho systému po obvode odkaliska (vnútorný a vonkajší okruh)	hladina vody pH vodivosť Pb, Zn, As, Fe, Cu, Hg, Co, Cr, Mg, Mn, Cd, Ni, CN, Cl, PO ₄ , NO ₂ , NO ₃ , Na, rozpustené látky, sulfidy a sírany	mesačne mesačne mesačne mesačne	hladinomer elektrometricky elektrometricky normovaná metóda

3.1.2.3.4 Uzavretie úložiska a následná starostlivosť

Plán uzavretia pre prevádzku **Aitik** sa zameriava na tri hlavné prevádzkované časti, t. j. oblasť háld hlušiny, odkalisko a ťažobnú oblasť, ktorá zahŕňa povrchovú baňu. Vyhodnocovanie vlastností kalu pri zvetrávaní prebieha kontinuálne. Výsledky naznačujú, že nebude potrebné uložiť kal pod hladinou vody. Plánované opatrenia sú preto obmedzené na hnojenie a vysadenie rastlín, trávy a stromov, aby nedochádzalo k veternej erózii hornej vrstvy. Hrádze odkaliska a dočist'ovacej nádrže budú znovu vytvarované na sklon svahu 1 : 3 a svahy budú zatravnené [63, BASE METALS GROUP, 2002].

V prevádzke **Aznalcollar** bol po havárii do plánu uzavretia porušenej hrádzce a celého odkaliska začlenený havarijný program. Tento program zahŕňa:

- odklon blízkej rieky,
- vybudovanie podzemnej tesniacej steny okolo severnej a východnej strany hrádzce,
- inštaláciu hydraulického bariéry so systémom spätného čerpania na vnútornej strane podzemnej tesniacej steny,
- prebudovanie hrádzce na sklon 3 : 1 a jej pokrytie novou krycou vrstvou,
- pretvarovanie povrchu odkaliska tak, aby sa minimalizovala infiltrácia a aby bol regulovaný povrchový odtok,
- vytvorenie kombinovaného vegetačného pokryvu na pretvarovanom povrchu odkaliska; smerom od podložia je krycia vrstva zložená z geotextílie, z 0,5 m vrstvy hlušiny, z 0,1 m štrkovej vrstvy; z 0,5 m zhutneného ílu a z 0,5 m ochrannej vrstvy pôdy a vegetácie [68, ERIKSSON, 2000].

Plán uzavretia úložiska v prevádzke **Boliden** je popísaný v kapitole 3.1.6.3.4.

Podľa výsledkov hydrogeologického modelovania bude v prevádzke **Garpenberg** horná časť odkaliska Ryllshyttan takmer úplne nasýtená podzemnou vodou. Obmedzené oblasti pozdĺž západnej a južnej hrádzce budú mať čiastočne nenasýtenú hornú vrstvu zeminy. Podľa plánu uzavretia bude odkalisko pokryté vegetačným krytom. Podľa mnohých referencií z iných miest sa očakáva, že siatie priamo bezprostredne do kalu s prídavkom živín bude lacnejšou a reálnou možnosťou. Ak nastanú problémy, budú sa uskutočňovať opatrenia na podporu rastu vegetácie, ako napríklad aplikácia organickej vrstvy alebo iné. Ak sa v oblastiach pozdĺž hrádzce, ktoré zostanú nenasýtené vodou, vyskytnú kyslé prostredie, budú pokryté ochrannou vrstvou.

Hrádze, ktoré potenciálne obsahujú materiál produkujúci kyslé výluhy, budú opatrené technickou krycou vrstvou s hrúbkou 1,1 m, obsahujúcou 0,4 m zhutnenej vrstvy ílu ako tesniaceho prvku. Pred položením krycej vrstvy a vegetačného krytu budú hrádzce znovu vytvarované do sklonu 1 : 2,5 – 1 : 3. Spodná časť odkaliska (časť, ktorá je teraz aktívna) je situovaná tak, že môže byť garantovaná pozitívna hydrologická bilancia, takže táto časť zostane pod hladinou vody.

Po dobu niekoľkých rokov sú udržiavané kontakty s blízkymi papierňami, z dôvodu využitia ich organického odpadu pre účely rekultivácie. Tieto kontakty sú založené na výsledkoch skúšobného programu, ktorý bol spustený po dokončení hornej časti odkaliska v roku 2000. Papierne produkujú kaly s organickým materiálom a popolčekom, čo predstavuje materiál, ktorý je vhodný ako krycia vrstva. Dodávka materiálu je dostatočná na pokrytie celej oblasti odkaliska po dobu 5 - 10 rokov a predstavuje potenciál pre stabilné životné prostredie a vhodné technické riešenie [64, BASE METALS GROUP, 2002].

V prevádzke **Hitura** bol vypracovaný plán návrhu uzavretia úložiska a následnej starostlivosti, ale zatiaľ nebol schválený kompetentnými úradmi [62, HIMMAT, 2002].

V prevádzke **Lisheen** bol plán uzavretia vypracovaný ako súčasť projektu pre povolenie činnosti a každoročne sa reviduje. Predpokladá sa, že bude potrebné päťročné obdobie aktívnej starostlivosti a desaťročné obdobie pasívnej starostlivosti. Vzhľadom na potenciál tvorby kyslých výluhov je za najlepšie riešenie považované trvalé pokrytie odkaliska vodou. Ochrana hrádzi proti erózii bude zabezpečená vegetačným krytom a ak to bude potrebné, ochrannou vrstvou horniny [75, MINORCA LISHEEN / IVERNIA WEST, 1995]. Od začatia výstavby bolo dohodnuté s úradmi financovanie uzavretia (vrátane následnej trvalej starostlivosti) vo výške 14 miliónov Eur [41, STOKES, 2002].

V prevádzke **Pyhäsalmi** bol vypracovaný plán uzavretia prvého odkaliska (odkaliska A) a bol predložený úradom pre ochranu životného prostredia, ale ešte nie je oficiálne schválený. Náklady na uzavretia tohto odkaliska sa odhadujú približne na 1 milión Eur. Neexistujú žiadne podrobné plány pre ďalšie odkaliská, ale náklady na úplné uzavretie a následnú starostlivosť pre odkaliská Pyhäsalmi sa odhadujú na 5,4 milióna Eur. Náklady sú každoročne revidované. Suma 5,4 milióna Eur potrebná pre financovanie uzavretia bola rezervovaná vo výročnej správe spoločnosti na financovanie uzavretia úložisk a následnej starostlivosti. Táto suma však nebola zatiaľ použitá. Z dôvodov ekonomických ťažkostí spoločnosti neexistuje žiadna zábezpeka financovania uzavretia úložisk.

Plánuje sa, že ťažba bude pokračovať najmenej ďalších 15 rokov. Z toho vyplýva možnosť získania skúsenosti z dlhodobého správania sa materiálu a hrádze v odkalisku A. Táto skúsenosť bude využitá na plánovanie uzavretia ďalších odkalísk v budúcnosti. Zatiaľ nie je určené, akým spôsobom bude odkalisko monitorované v budúcnosti, t. j. po uzavretí. Hlavným cieľom následnej starostlivosti bude zabrániť tvorbe kyslých výluhov z kalu (5 – 10 % síry), aby nemusela byť zhrmažďovaná upravovaná voda z drenážní po neurčito dlhú dobu. V odkalisku A bude sedimentovaný kal pokrytý 80 cm vrstvou zeminy. Spodná vrstva bude z ílovitého a prachového materiálu (hrúbka približne 30 cm) a horná vrstva bude tvorená morénovým materiálom. Hrúbka krycej vrstvy bude určená tak, aby sa zohľadnili miestne špecifické konštrukčné kritériá a materiály dostupné na mieste. Uvažovalo sa aj o ďalších materiáloch, ktoré by boli použité ako krycia vrstva, ako napríklad rašelina, piesok a podobne, ale konečné rozhodnutie vyplýva z technických a ekonomických dôvodov s prihliadnutím na využitie materiálov dostupných na mieste. Stredná časť odkaliska zostane pod hladinou vody. Bude vytvorený systém pre reguláciu vodnej hladiny, ktorý bude zahŕňať usadzovaciu vežu a priepuť. V konečnej fáze bude povrch upravený a plochy budú pokryté vhodným vegetačným krytom [62, HIMMAT, 2002].

Existujúce a odhadované zásoby rudy predstavujú pre baňu **Zinkgruvan** životnosť najmenej 15 rokov. Plány na rekultiváciu oblastí dotknutých ťažbou sú vypracované so zohľadnením súčasnej úrovne rekultivačnej technológie. Keďže sa technológie a požiadavky úradov stále menia, je tento plán považovaný za model, vytvorený podľa súčasných požiadaviek a noriem. Rekultivácia odkalísk začala v roku 1985 výstavbou golfového ihriska s 18 jamkami a bola dokončená v roku 1991, kedy bola v strede oblasti vybudovaná pláž s obytnými domami. V súčasnosti prebieha program monitorovania kvality vody otekajúcej z plochy golfového ihriska. Až do doby, keď bude zariadenie prevádzkované v súčasnosti uzavreté, bude sa plán uzavretia revidovať najmenej každých 5 rokov. Plánuje sa, že súčasné odkalisko bude odvodnené a zakryté krycou vrstvou. Keď bude oblasť uvedená do pôvodného a rekultivovaného stavu, bude vrátená späť pôvodným vlastníkom. V tomto stave môže byť využitá na rovnaké účely ako pred ťažbou, t. j. lesné hospodárstvo.

Časový plán rekultivácie závisí na životnosti bane a nebude spustený, kým nebude ukončená ťažobná činnosť, čo sa v súčasnosti odhaduje okolo roku 2025. V závislosti na odhade plochy rozšírenia odkaliska, ktorá by mala dosiahnuť plánovanú kapacitu v roku 2007, môže potreba rekultivácie existujúceho úložiska nastať skôr. Keď budú úrady požadovať vybudovanie nového odkaliska, súčasné odkalisko bude rekultivované.

V žiadosti o nové povolenie je primárnou alternatívou rozšírenie existujúceho úložiska kalu. Toto zariadenie môže technicky, zvýšením hrádzí, pojať množstvo kalu zodpovedajúce ďalším 25 rokom ťažby rudy.

Zvýšenie hrádze do výšky zodpovedajúcej životnosti bane bude znamenať, že opatrenia na rekultiváciu sa nebudú aplikovať pred uzavretím bane. Výnimkou môžu byť vonkajšie steny hrádzí, ktoré môžu byť rekultivované pred konečným uvedením do pôvodného stavu. „Vodný kryt“ na existujúcom odkalisku nie je možný, pretože plocha uloženia kalu je príliš malá, aby garantovala stálu vodnú hladinu. Preto musí byť vytvorená „suchá“ krycia vrstva tillu, aby bola znížená infiltrácia a difúzia a zabránilo sa prenikaniu vody a kyslíka k sedimentovanému kalu.

Po odvodnení odkaliska nebudú hrádze ďalej vystavené pôsobeniu tlaku vody. Miesto toho budú hrádze klasifikované ako stabilné zemné konštrukcie s tlakom podzemnej vody. Z tohto dôvodu nemôžu byť hrádze zaplavené a nebudú vystavené vnútornej erózii, čo sú dva najčastejšie dôvody porušenia hrádze. Počas vysokého stavu vody (povodne) je dôležité, aby sa zabránilo prieniku vody do odkaliska. Na zabezpečenie fyzikálnej a chemickej stability hrádzí a usadeného kalu v odkalisku, musia byť prijaté určité opatrenia. Dlhodobá stabilita a prístup pre ťažkú techniku môžu byť dosiahnuté sploštením svahov hrádze zo súčasného sklonu 1 : 1,5 na sklon 1 : 2,5 až 1 : 3.

Veľká časť materiálu potrebného k splošteniu hrádze bude dovezená na miesto súčasne s materiálom dodaným na pokračujúce zvyšovanie hrádze. Svahy a povrch odkaliska budú opatrené vegetačným krytom z dôvodu ochrany proti erózii a estetickjšieho pôsobenia na okolité prostredie.

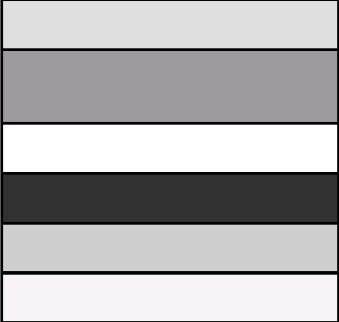
Postup konečnej rekultivácie odkaliska možno zhrnúť do nasledujúcich bodov:

- vyhlbenie priekop pozdĺž okolitých prirodzených svahov, približne 2 000 m,
- odvodnenie a zhutnenie odkaliska,
- tvarovanie povrchu odkaliska,
- sploštenie vonkajších svahov hrádze,
- uloženie krycej vrstvy pre zníženie prašnosti,
- uloženie vrchnej krycej vrstvy,
- vytvorenie vegetačného krytu.

Nasledujúca tabuľka poskytuje návrh zloženia prekryvnej vrstvy. Tento návrh je založený na odporúčaní úradov, medzinárodnej praxi a skúsenostiach z iných rekultivačných projektov na podobných miestach. Návrh prekryvnej vrstvy sa môže časom zmeniť, pretože uzavretie úložiska je časovo vzdialené. Uvedený návrh bol navrhnutý tak, aby dostatočne splnil svoj účel.

Predpokladá sa, že kryt bude tvorený nasledujúcimi materiálmi, od vrchu smerom nadol:

Tabuľka 17. Štruktúra krycej vrstvy odkaliska Zinkgruvan [66, BASE METALS GROUP, 2002]

	0,2 m ornica
	0,5 m ochranná vrstva morénového materiálu
	0,2 m drenážna vrstva morénového materiálu
	0,2 m tesniaca vrstva
	0,2 m vrstva na obmedzenie prašnosti (drvené kamenivo alebo piesok a štrk)
	- usadený kal

Hladina vody dočist'ovacej nádrže bude znížená na takú úroveň, ktorá môže byť zachovaná prirodzenými zrážkami v oblasti úložiska. Pri tejto hladine budú obnažené menšie oblasti usadeného kalu, najmä v hornej (južnej) časti odkaliska. Predpokladá sa, že v týchto oblastiach bude dostatočné použitie krycej vrstvy zjednodušeného typu v porovnaní s krycou vrstvou použitou na odkalisku. Ďalej sa predpokladá, že zjednodušená krycia vrstva sa môže skladat' z 0,2 m ornice a ďalších 0,2 m morénového materiálu [66, BASE METALS GROUP, 2002].

3.1.2.4 Nakladanie s hlušinou

Na všetkých lokalitách, kde je ruda dobývaná v podzemí, zostane relatívne malá časť hlušiny z otvárkových a prípravných prác v podzemí.

3.1.2.4.1 Charakteristika hlušiny

Hlušina z ťažby na ložisku Aitik bola podrobená rozsiahlemu testovaniu (získovanie vlastností materiálu, modelovanie dopravy v prevádzkových podmienkach, hydrogeologické stopové testy, mineralógia a geológia). Súbor vykonaných testov zahŕňal nasledujúce kroky:

- silikátová analýza,
- mineralogické výskumy,
- sledovanie produkcie kyslých výluhov,
- kinetické testy produkcie kyslých výluhov, napríklad sériový test, kolónový test, test humidity, skúšky zvetrávania vo veľkých lyzimetroch,
- hydrogeologické stopové testy pre stanovenie prietokových ciest v hlušine,
- stanovenie memého povrchu.

Terénne pozorovania:

- *in situ* merania koncentrácie rozpusteného kyslíka v závislosti od hĺbky vo vnútri odvalov,
- teplotné profily vo vnútri odvalov,
- hydrogeologické stopové skúšky,
- stanovenie efektívneho difúzneho koeficientu,
- meranie prietoku a chemizmu vody,
- hydrologická bilancia.

Všetky tieto údaje boli získané v rôznych odborných štúdiách a pri plánovaní nakladania s hlušinou v prevádzke Aitik. Medzi realizovanými činnosťami je napríklad modelovanie odhadu vývoja kvality vody za určité obdobie, modelovanie rovnováhy a kinetického správania pórovej vody a chemizmu drenážnych vôd, výpočty látkovej bilancie, kombinované hydrogeologické a transportné modelovanie. Vzhľadom na rozsiahle testovanie je dokonca možné využiť informácie z oblasti Aitik k pokusu vyriešiť jeden z najväčších vedeckých problémov v tejto oblasti - závislosť medzi laboratórnymi skúškami a skutočnými prevádzkovými podmienkami. Z týchto výsledkov je možné urobiť záver, že v prevádzke Aitik sú vyprodukované dva typy hlušiny - približne 65 % hlušiny, ktorá nemá potenciál k tvorbe kyslých výluhov a 35 % hlušiny, ktorá tento potenciál má.

Tieto výsledky viedli k rozhodnutiu pokúsiť sa ukladať oddelene hlušinu, ktorá nevytvára kyslé výluhy a minimalizovať priestor, na ktorom je uložená hlušina generujúca kyslé výluhy. Od roku 1999 využíva baňa Aitik nový odval na selektívne ukladanie hlušiny, ktorá neobsahuje sulfidy. Tento odval bol pomenovaný "environmentálny odval". Výsledky tohto testovania boli tiež využité na vypracovanie zodpovedajúceho plánu uzavretia odvalov. „Environmentálny odval“ sa často analyzuje. Aby hornina tu uložená vyhovovala na využitie mimo ťažobný priestor, musí obsahovať menej ako 0,1 % síry a 0,03 % medi s pomerom NP / AP⁹ presahujúcim hodnotu 3. Testy uskutočnené rôznymi laboratóriami ukazujú, že vlastnosti hlušiny umožňujú ich využitie na drvené kamenivo do stavebných konštrukcií, na koľajové lôžka, na stavbu ciest a do živičných zmesí [63, BASE METALS GROUP, 2002].

V oblasti **Boliden** (5 činných baní) je nakladanie s hlušinou založené na detailnej charakteristike, prevažne zohľadňujúcej procesy zvetrávania. Hlušina generujúca kyslé výluhy je prednostne využívaná ako základka. Pri ťažbe v povrchových baniach je hlušina vytvárajúca kyslé výluhy ukladaná oddelene. V bani Maurliden je materiál vytvárajúci kyslé výluhy dočasne uložený na depóniu a po uzavretí povrchovej bane bude založený do vyťaženého priestoru, kde bude trvalo uložený pod hladinou vody [65, BASE METALS GROUP, 2002].

Hlušinou v oblasti **Mina Reocin** je predovšetkým dolomit (vápenec). V počiatočnej fáze ťažby v povrchovej bani boli tiež produkované íly (sliene) a ornica. Boli uložené oddelene pre budúce využitie pri etape uzavretia [54, IGME, 2002].

Mineralogické zloženie hlušiny v prevádzke **Zinkgruvan** je uvedené v nasledujúcej tabuľke (podľa mikroskopickej analýzy). Hlušina obsahuje prevažne kremeň a živec (viac ako 70 %) a môže obsahovať stopové množstvá sulfidických minerálov. Pomer karbonátov a síry je > 10, odpad z ťažby má vysokú pufráčnú kapacitu a preto sa nebudú tvoriť kyslé výluhy.

⁹ NP / AP – neutralizačný potenciál / acidifikačný potenciál

Hlušina sa pravidelne vzorkuje, vzorky sú analyzované na obsah Pb a Zn. Vo väčšine vzoriek boli zistené hodnoty okolo 0,3 % Pb a 0,2 % Zn. Objemová hmotnosť drvenej hlušiny je $1,75 \text{ t.m}^{-3}$, pričom rastlá hornina má hodnotu objemovej hmotnosti v rozmedzí 2,6 až $2,7 \text{ t.m}^{-3}$ [66, BASE METALS GROUP, 2002].

Tabuľka 18. Mineralogické zloženie kalu v prevádzke Zinkgruvan [66, BASE METALS GROUP, 2002]

Minerál	Zastúpenie (%)	Minerál	Zastúpenie (%)
Kremeň	32,8	Epidot	0,4
Plagioklas	1,0	Zoisit	3,1
Mikroklin	27,3	Kalcit	2,5
Biotit	4,3	Titanit	0,3
Muskovit	1,6	Zirkon	0,3
Amfibol	11,7	Apatit	0,1
Diopsid	9,9	Ostatné	0,5
Granát	4,2	Celkom	100 %

3.1.2.4.2 Aplikované metódy

V prevádzke **Aitik** sú ťložiská hlušiny situované východne a západne od bane a zaberajú oblasť približne 400 ha. V roku 2001 bolo z bane vyťažených 26 miliónov t hlušiny, z ktorých bolo 67 % uložených samostatne vzhľadom k ich nízkemu obsahu síry a kovov. Dnešná stratégia spočíva v zabránení rozširovania plochy odvalu hlušiny, ktorá obsahuje sulfidy. V roku 1999 bolo otvorené nové ťložisko hlušiny. Tento odval bol navrhnutý výlučne pre hlušiny bez obsahu sulfidov, aby bolo možné podľa povolenia používať menej náročné rekultivačné postupy. Navyše kvalita horniny umožňuje jej využitie ako stavebný materiál. Selektívne nakladanie s hlušinou ponúka možné úspory nákladov a možné výhody v prípade, že môže byť oddelený materiál s nízkym obsahom síry.

Nadložná hornina má nízky obsah síry, a preto je vhodnejšia pre selektívne ukladanie ako hornina z iných častí ťložiska. Materiál je tvorený amfibolicko-biotitickou rulou, do ktorej prenikajú pegmatitové žily. Amfibolicko-biotitická rula je charakterizovaná rôznym obsahom amfibolických zón s obsahom amfibolu, biotitu, kremeňa a menším obsahom plagioklasu. Pegmatity obsahujú väčšinou živec a kremeň. Prešmyky vytvárajú ostré kontakty medzi nadložími a rudnou zónou, čo umožňuje ľahko sledovať ich kontakt. Je známe, že nadložie neobsahuje med' a predchádzajúci prieskum jadrovým vrtním vykazuje homogénnu stavbu podložia. Vykonávané analýzy ukazujú nízky obsah medi a síry. Pre zistenie vlastností hlušiny bol vyvinutý nový skúšobný postup. Tento proces zahŕňa chemické analýzy, monitorovanie acidifikačného potenciálu (test ABA^{10}) a kolónové testy humidity na vrtných jadrách z vrto v budúcej hlušine. Táto práca viedla k ďalším prieskumom. Jadrá z vrto boli analyzované z viacerých miest s pozitívnymi výsledkami.

¹⁰ ABA – Acid Base Accounting – výpočet acidifikačnej bázy

V súčasnej dobe je zavedená prax tohto typu testovania hornín pre každý odstrel za účelom rýchleho pretriedania materiálu pre uloženie na novú haldu hlušiny. Materiál by mal byť buď amfibolicko-biotitická rula a/alebo pegmatit. Obsah medi, síry a test *ABA* nesmie prekročiť odporúčané hodnoty. Všetky výsledky sú uložené v databáze. V poslednom pláne nakladania s odpadom z roku 1999 sú regulované podmienky pre selektívne nakladanie s rôznymi typmi hlušiny. Kritériá pre selektívne ukladanie hlušiny bez obsahu sulfidov sú:

- menej ako 0,1 % síry,
- menej ako 0,03 % medi, a
- pomer NP / AP presahujúci hodnotu 3.

Analýzy sú vykonávané na vzorkách odobratých minimálne z 8 vrto, ktoré reprezentujú 150 000 t hlušiny. Pre zabezpečenie týchto vlastností, musí byť vylúčená hornina zo vzdialenosti menej ako 30 m od rudnej zóny. Navrhovaný spôsob uzavretia úložiska zahŕňa pokrytie úložiska hlušiny (odvalu) bez obsahu sulfidov vrstvou 0,3 m tillu, prípadne iného materiálu ako podkladu pre vegetačný kryt. Uzavretie je vykonávané etapovito a zazelenenie sa začne do dvoch rokov po ukončení každého stupňa.

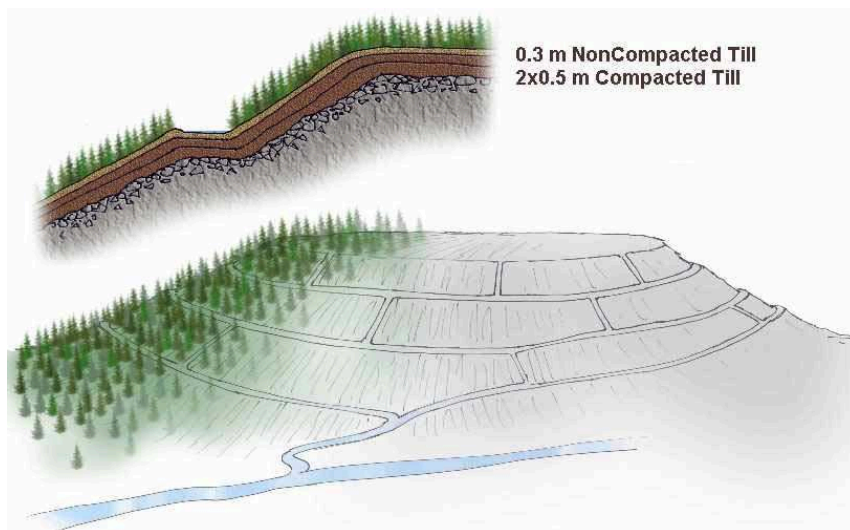
Povrchová voda a voda z drenáží sa zhromažďuje v zberných priekopách a je recyklovaná ako technologická voda v úpravni. Do zberných priekop, kam priteká voda zo starých častí odvalov hlušiny, v súčasnosti priteká drenážna voda s vysokým obsahom kovov a s nízkou hodnotou pH. Chemizmus vody v obvodových priekopách je dosť ovplyvnený zložením miestnych kvartérnych sedimentov so zvýšeným obsahom sulfidov v tillu. Hydrogeologické prieskumy ukazujú, že odvaly nie sú hydraulicky spojené s povrchovou baňou. Celá oblasť, na ktorej sa nachádzajú haldy, je pokrytá 10 m hrubou vrstvou málo priepustného glaciálneho tillu uloženého na podložnej hornine. Všetka infiltrovaná voda uniká z odvalov pri ich päte a je ľahko zhromažďovaná v priekopách. V 70-tych rokoch minulého storočia bola zistená produkcia kyslých výluhov so zvýšeným obsahom medi. Na základe podrobného prieskumu v rokoch 1992 - 1993 bol stanovený odhad ročného množstva výluhov medi z odvalov na 80 t, z ktorých 55 t pochádza zo starej depónie chudobnejšej rudy. Zodpovedajúce celkové množstvo síranov bolo 4 000 t ročne. Počas posledných rokov bola väčšina málo výnosnej rudy znovu spracovaná a teraz sa hodnotí vplyv tohto procesu na produkciu znečistenia.

Kritickou súčasťou plánu uzavretia úložiska bol návrh opatrení na vyriešenie problému vzniku kyslých výluhov. Ako jediné reálne riešenie pre haldy hlušiny bola navrhnutá technická krycia vrstva. V rokoch 1993 až 1996 bol s využitím modelovania vypracovaný projekt a bola navrhnutá krycia vrstva na zníženie prenikania vody a prístupu kyslíka do telesa hlušiny. Cieľom bolo dosiahnuť 99 % zníženie prístupu kyslíka do odvalov. Boli merané hydraulické vlastnosti potenciálnych materiálov použiteľných na vytvorenie krycej vrstvy a skúmalo sa mnoho variantov krycej vrstvy, ktoré zahŕňali vrstvy morénového materiálu a piesku z úpravárenských kalov. Na základe modelovacieho programu bol vybraný návrh krycej vrstvy pre hlušínové haldy. Fyzikálne testy glaciálneho tillu z okolia, napríklad z depónie skrývky, ukazujú, že tento materiál je alebo v budúcnosti môže byť vhodný na vytvorenie vrstvy použitej ako bariéra proti prenikaniu plynu požadovaných vlastností.

Bolo vyhodnotených mnoho možných variantov krycej vrstvy. Výsledky ukazujú, že vrstva hrúbky 1 m zhutneného morénového materiálu s koeficientom filtrácie $1,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ zníži prístup kyslíka do odvalov na $1,2 \cdot 10^{-9} \text{ kg O}_2 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ – čo je menej ako 1 % referenčnej vzorky bez krycej vrstvy. Z týchto výsledkov sa na základe testov zvetrávania odhadovalo, že zníženie úrovne znečistenia medi bude rovnakého rádu a znamenalo by, že sa uvoľní menej ako 1 000 kg medi za rok.

Sneh znižuje prenikanie mrazu. Odhad vplyvu mrazu, ktorý by mohol ovplyvniť dlhodobú účinnosť krycej vrstvy, bol taký, že mráz by mohol prenikáť krycou vrstvou do hĺbky 0,7 m. Hĺbkový dosah mrazu veľmi závisí na snehovej vrstve, ktorá je v oblasti Aitik v zimnom období dosť veľká. Aby bolo podporené založenie vegetačného krytu, a aby bola zabezpečená odolnosť stavby voči premŕzaniu, bolo navrhnuté polozenie ešte jednej vrchnej krycej vrstvy o hrúbke 0,3 m z nezhutneného tillu. Na nasledujúcom obrázku je znázornená uzavretá halda hlušiny a zloženie navrhovanej krycej vrstvy.

Obrázok 15. Zloženie krycej vrstvy odvalu hlušiny a zobrazenie uzavretého odvalu hlušiny v oblasti Aitik [66, BASE METALS GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

NonCompacted Till – nezhutnený till¹¹, *Compacted Till* – zhutnený till.

Povolenie z roku 1997 umožňuje, aby bolo v prevádzke Aitik začaté v rovnakom roku ukladanie krycej vrstvy na ploche o rozlohe 14 ha na východnej strane odvalov. Táto krycia vrstva sa skladá z jednometrovej vrstvy morénového materiálu, rozdelenej do dvoch polmetrových vrstiev, ktoré boli zhutnené samostatne a 0,2 - 0,3 metrovej vrstvy ornice. Podľa povolenia bola maximálna hodnota koeficientu filtrácie $2 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ a miera zhutnenia podľa Proctora bola na úrovni 93 %. Na jeseň toho istého roku bol povrch nakoniec vysiaty trávou. Aby bola odvedená povrchová voda, boli s použitím geotextílie a tillu pozdĺž etáže a dole po svahoch vybudované kanály. Onedlho bolo zrejmé, že problém povrchovej vody musel byť vyriešený týmto spôsobom, pretože erózia pôsobením topiaceho snehu poškodila kryciu vrstvu.

¹¹ till – jemnozrnný sediment ľadovcového pôvodu

Náhradné riešenie s využitím nového tillu a hlušiny odolnej proti erózii bolo okamžitým riešením, ale pre budúce etapy ukladania krycej vrstvy museli projektanti riešiť odvádzanie povrchovej vody tak, aby nebola ohrozená integrita krycej vrstvy. Položenie krycej vrstvy na svahy nepredstavovalo žiadny problém. Sklon svahu 1 : 3 je dostatočne plochý, aby umožňoval bežnú prevádzku konvenčnej stavebnej techniky.

V najbližších rokoch budú ďalšie časti odvalov hlušiny pokryté tak, aby bola minimalizovaná expozícia hlušiny voči oxidačným podmienkam, a aby sa znížili náklady a minimalizovala sa manipulácia s materiálom. Pri ďalšom postupe bane bude uloženie krycej vrstvy zosynchronizované s ťažbou skryvkvy. Od roku 1999 využíva baňa Aitik nový odval pre selektívne ukladanie hlušiny, ktorá neobsahuje sulfidy. Na tento odval bolo zatiaľ uložených 40 miliónov t hlušiny. Aby sa overilo, že kal vyhovuje stanoveným podmienkam (obsah síry < 0,1 % síry a meď < 0,03 %, pomer NP / AP > 3), je vzorka hlušiny často analyzovaná. Skúšky kameniva z hlušiny vykonané v rôznych laboratóriách preukázali, že hlušina je vhodná na výrobu kameniva do cestných konštrukcií a do živínych zmesí [63, BASE METALS GROUP, 2002].

V podpovrchovej bani **Boliden** je veľké množstvo hlušiny zakladané priamo do vyťažených priestorov v bani. Na povrch je prepravená len časť hlušiny, ktorá nie je použitá na zakladanie. Pri ťažbe v povrchovej bani všetka hlušina musí byť odvezená z ťažobného priestoru a uložená. Pri uzavretí môže byť do vyťaženej ťažobne navožená časť hlušiny, ktorá vykazuje potenciál na tvorbu kyslých výluhov. Počas roka 2001 boli využité na zakladanie a na uloženie v povrchovej ťažobnej oblasti Boliden nasledujúce množstvá hlušiny.

Tabuľka 19. Množstvo uloženej hlušiny a hlušiny použitej ako základky v oblasti Boliden

Baňa	Hlušina použitá na zakladanie (tis. t)	Hlušina uložená na haldách (tis. t)
Renström	82,1	-104,0
Petiknäs	103,4	-15,7
Kristineberg	127,6	4,6
Maurliden	-	875,7
Akeberg	24,3	-21,0

Hlušina z ložísk v baniach Petiknäs a Akeberg bola zakladaná (teda sú uvedené záporné hodnoty). Materiál z odvalov bane Renström bol použitý pri výstavbe regionálnej cestnej siete, čo významne prispelo k zmenšeniu jeho objemu.

Všeobecne možno uviesť, že množstvá ukladanej hlušiny sú relatívne malé, s výnimkou povrchovej bane Maurliden.

Ukladanie hlušiny sa vykonáva na základe podrobnej charakteristiky, zameranej najmä na sledovanie vplyvu zvetrávania. Hlušina generujúca kyslé výluhy je prednostne používaná priamo na zakladanie. Pri povrchovej ťažbe je hlušina vytvárajúca kyslé výluhy ukladaná samostatne. V bani Maurliden je materiál vytvárajúci kyslé výluhy dočasne uložený v úložisku a po odstavení prevádzky bude zakladaný do povrchovej bane, kde bude trvalo uložený pod hladinou vody. Všetky haldy hlušiny sú ohraničené obtokovými priekopami a priekopami pre zhromaždenie odtokov z drenáže.

Ak je to potrebné, môže byť odtok z drenáže pred vypustením upravený. Ornica a morénový materiál sú uložené samostatne pre budúce využitie pri ukončení ťažobnej prevádzky [65, BASE METALS GROUP, 2002].

Pri ťažbe ložiska medi **Legnica - Glogow** produkujú Doly Lubin, Polkowice-Sierszowice a Rudna dva druhy hlušiny. Prvý typ hlušiny je produkovaný pri prípravných a otvárkových prácach v podzemných baniach. Vzhľadom k odlišnému tvaru ložiska v každej bani je rôzne i množstvo hlušiny. Každoročne produkuje baňa Lubin približne 450 000 t a baňa Rudna asi 600 000 t hlušiny. Baňa Polkowice - Sierszowice produkuje desaťnásobné množstvo (6 000 000 t), pretože tunajšie ložisko má najmenšiu hrúbku (0,4 - 3,5 m) a na mnohých miestach sa musí vyťažiť hlušina i ruda súčasne a ich oddelenie prebieha až na povrchu. Všetka hlušina je využitá ako tuhá základka vo vyťažených priestoroch alebo ako stavebný materiál pre cesty v podzemí. Ďalšia časť hlušiny, ktorá sa pravidelne vyskytuje, pochádza z budovania šacht (napríklad v roku 2001 sa z dôvodu budovania šachty v bani Rudna vyťažilo 61 500 t hlušiny). Tento materiál je uložený na haldách, na ktorých sú vykonané krajinné úpravy a rekultivácia [113, S.A, 2003].

V závode **Mina Reocin** je hlušina uložená do vyťaženého priestoru povrchovej bane. Staré úložiská hlušiny vzniknuté v počiatočnej fáze ťažby povrchovej bane sú pokryté zeminou a sú porastené vegetačným krytom. Obnova sa vykonáva s využitím ílu (slieňov) a ornice, ktoré sú na tento účel uložené oddelene [63, BASE METALS GROUP, 2002].

V závode **Zinkgruvan** sa pri prípravných a otvárkových prácach každoročne produkuje približne 0,2 milióna t hlušiny. Na konci životnosti bane bude po dobu niekoľkých rokov možná ťažba rudy bez produkcie hlušiny. Hlušina je využitá pri budovaní hrádzí odkaliska, ako základka v bani, tiež aj na predaj. Približne 0,5 milióna t hlušiny je uložených na povrchu v blízkosti starej povrchovej bane ako protihluková bariéra pozdĺž východnej časti priemyselnej oblasti. Všetka nadbytočná hlušina je ukladaná na úložisko, ktoré je prevádzkované externým subjektom, ktorý materiál drví a ďalej predáva. Počas rokov 1996 - 2000 bolo predaných 58 % hlušiny [66, BASE METALS GROUP, 2002].

3.1.2.5 Súčasná úroveň emisií¹² a spotreby

3.1.2.5.1 Nakladanie s vodou a čínidlami

Spotreba vody

Nasledujúca tabuľka ukazuje spotrebu vody a percentuálny podiel recyklovanej technologickej vody v prevádzkach úpravne rúd farebných kovov.

¹² emisiami sa v tomto texte chápe množstvo, charakter a zloženie výstupov vo všeobecnosti, nielen striktné emisie do ovzdušia, ako je to bežnou praxou na Slovensku – pozn. prekl.

Tabuľka 20. Spotreba vody a využitie / recyklácia vody v úpravni

Lokalita	Spracovávaná ruda (t.rok ⁻¹)	Spotreba vody (m ³ .t ⁻¹)	Opätovné využitie v úpravni (%)	- z toho podiel vody z odkaliska (%)	- z toho podiel vody z bane (%)
Aitik	17 700 000	1,8	100	100	0
Almagrera	1 000 000	3,2	0	0	0
Oblast Boliden	1 450 000	3,2	0	0	0
Garpenberg	984 000	2,9	68	100*	0*
Hitura	518 331	6,2	100	90	10
Mína Reocín	1 100 000	2,0	100	0	100
Pyhäsalmi	1 250 000	5,3	0	0	0
Zinkgruvan	850 000	2,7	63	73	27

Vysvetlivky:

* voda z bane je najprv čerpaná do odkaliska

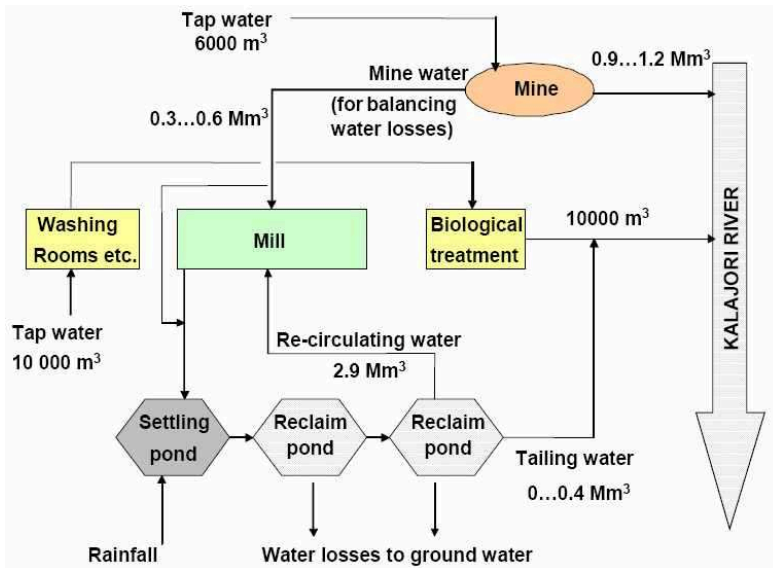
V prevádzkach Pyhäsalmi a Boliden je voda čiastočne opätovne využitá v úpravni.

Úpravňa Aitik využíva 100 % recyklovanej vody z odkaliska. Za normálnych podmienok je celá spotreba vody 31,5 milióna m³ za rok, zabezpečená dodávkou recyklovanej vody z odkaliska. V prevádzke úpravne sa použilo približne 1,8 m³ vody na 1 t rudy. V období topenia snehu je prebytočná voda bežne vypúšťaná z dočist'ovacej nádrže do vodného toku. Vypúšťaná voda je kvalitná a nie je potrebné vykonať žiadnu úpravu (pozri kapitolu 3.1.2.5.3.) [63, BASE METALS GROUP, 2002].

V bani **Garpenberg** je banská voda čerpaná do úpravne a je použitá ako technologická voda. Potom je čerpaná ako kal z úpravy do systému odkalísk, kde sa pri úprave vody využíva interakcia vody s čerstvým povrchom minerálnych zŕn, kde dochádza k účinnej adsorpcii všetkých rozpustených kovov. Banská voda z Garpenberg Norra je po prečistení vypúšťaná do vodného toku. Počas roka 2001 bola v prevádzke úpravne Garpenberg spotreba použitej / recyklovanej vody 1,95 milióna m³ a spotreba pitnej vody počas rovnakého obdobia bola 0,93 milióna m³. Množstvo vypúšťanej vody z odkaliska dosiahlo hodnoty 4,55 milióna m³. Z tohto objemu bolo približne 50 % recirkulovaných do úpravne a použitých ako technologická voda. Zvyšných 50 % bolo vypustených do jazera [63, BASE METALS GROUP, 2002].

V závode **Hitura** je prečistená voda z odkaliska recirkulovaná späť do procesu. Množstvo tejto vody zodpovedá takmer 100 % celkového množstva vody používanej v procese úpravy. Tento systém ale nevytvára výraznú úsporu reagentii, pretože reagentie používané v procese flotácie (xantogenát a penič) sa v odkalisku rozkladajú a kal spotrebováva kyselinu sírovú. Hydrologická bilancia je prezentovaná na nasledujúcom obrázku.

Obrázok 16. Hydrologická bilancia v závode Hitura [62, HIMMI, 2002]

*Vysvetlivky:*

Tap water – vodovodná voda, *Mine water (for balancing water losses)* – banská voda (pre bilanciu strat vody), *Mine* – baňa, *Washing rooms etc.* – umývarne a pod., *Mill* – drviareň (mlyn), *Biological treatment* – biologická úpravná, *Settling pond* – usadzovacia nádrž, *Reclaim pond* – regeneračná nádrž, *Re-circulating water* – recirkulačná voda, *Rainfall* – zrážky, *Water losses to ground water* – straty vody do podzemnej vody, *Tailing water* – voda z odkaliska.

Množstvo použitej / recyklovanej vody z odkaliska na úpravu (mletie) sa v závislosti na zrážkach pohybuje v rozmedzí 88 až 100 % (0 až 0,4 milióna m³ do rieky).

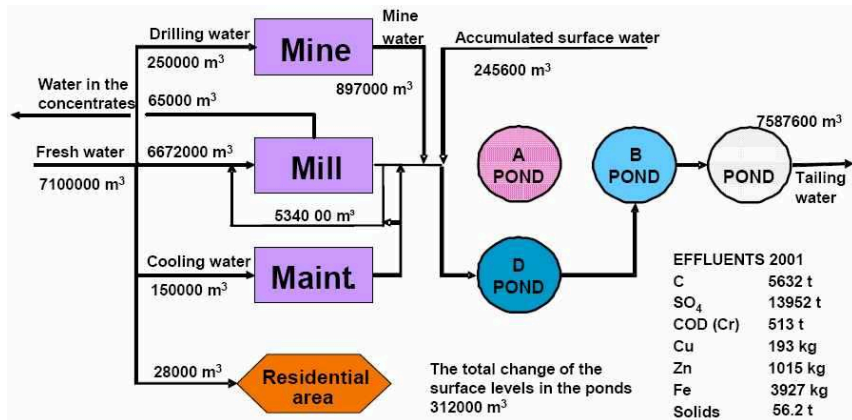
V baniach na ložisku medzi **Legnica - Glogow** je čerpaných spolu približne 80 000 m³ banskej vody denne. Obsah chloridov sa pohybuje v rozmedzí od 0,5 do 127 g.l⁻¹ a obsah síranov je okolo 2 g.l⁻¹. Skutočné množstvo banskej vody odčerpávanej na povrch je väčšie a jej salinita je nižšia z dôvodu ďalších prítokov vody zo zakladania a preplachovania vrtov. Všetka voda je zmiešaná a využitá v prevádzke úpravne [113, S.A., 2003].

V závode **Lisheen** sa recykluje technologická voda, ktorá je napájaná prečistenou vodou z odkaliska [73, IVERNIA WEST,].

V závode **Pyhäsalmi** nie je v procese recyklovaná žiadna technologická voda z odkaliska. Dôvodom je skutočnosť, že sadrovec (CaSO₄ · 2 H₂O) vo vode spôsobuje problémy s usadzovaním v potrubí. Existujú tu iba interné recyklácie vody v procese, kedy je voda z koncentrácie v procese flotácie pyritu vrátená späť do mliečieho okruhu, aby bola ušetrená kyselina sírová používaná pri flotácii pyritu a vápenné mlieko pri flotácii medi.

Množstvo vody zodpovedá 10 % celkového množstva potrebného v úpravni. Voda je čerpaná z jazera. Na obrázku je uvedená hydrologická bilancia pre rok 2001.

Obrázok 17. Hydrologická bilancia v prevádzke Pyhäsalmi za rok 2001 [62, HIMMI, 2002]



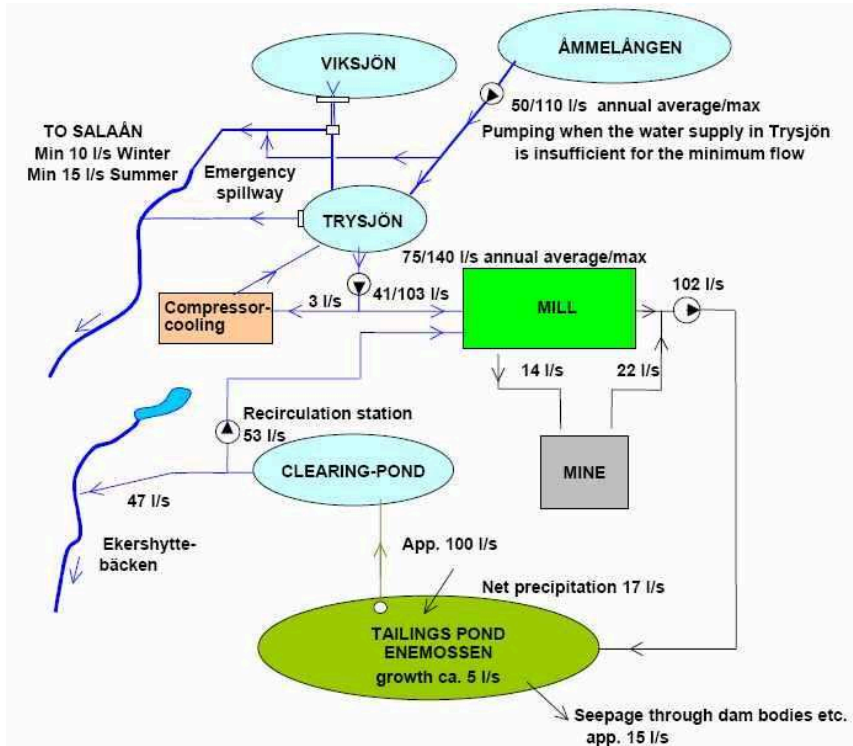
Vysvetlivky:

The total change of the surface levels in the ponds – celková zmena hladiny vody v odkaliskách, Water in the concentrates – voda z koncentrátov, Fresh water – čistá voda, Cooling water – chladiaca voda, Drilling water – voda použitá pri vŕtaní, Mine water – banská voda, Accumulated surface water – akumulovaná povrchová voda, Tailing water – voda z odkaliska, Effluents 2001 – množstvá vypúšťané v roku 2001;

Mine – ťažobňa, Mill – úpravňa (mlyn), Maint. - ??? (asi skr. Maintenance – údržba), Residential area – obývaná zóna, Pond – (vodná) nádrž

V závode **Zinkgruvan** je spotreba vody v závode úpravne približne $2,7 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$ alebo celkom $2,4 \text{ mil. m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$. Požiadavky na spotrebu vody sú pokryté čerpaním vody z blízkeho jazera a recykláciou vody z odkaliska (sčasti technologická voda a sčasti banská voda). Najväčšia spotreba vody je vo vlastnom procese, pri tvorbe flotačného mletu a pri chladení. Celá hydrologická bilancia je zobrazená na nasledujúcom obrázku.

Obrázok 18. Hydrologická bilancia v prevádzke Zinkgruvan zobrazená ako priemerné ročné prietoky a maximálne prietoky [66, BASE METALS GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

Emergency spillway – havarijný prepad, *Compressor cooling* – kompresorové chladenie, *Mill* – mletie, *Mine* – baňa, *Clearing pond* – dočist'ovacia nádrž, *Tailings pond Enemossen* – odkalisko Enemossen, *Growth ca. 5 l/s* – prírastok cca $5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, *Seepage through dam bodies etc. app. 15 l/s* – priesaky cez telesá hrádzi atď. približne $15 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, *Net precipitation* – čisté zrážky, *Pumping when the water supply in Trysjön is insufficient for the minimum flow* – čerpanie, keď dodávka vody v Trysjön nie je postačujúca pre sanitárny prietok

Spotreba chemikálií

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené chemikálie použité v úprave rúd farebných kovov. Kyanid môže byť použitý pre dva účely, jednak ako činidlo pre potlačenie sfaleritu, pyritu a niektorých iných sulfidov medi a alebo ako činidlo pre lúhovanie zlata.

Tabuľka 21. Spotreba chemikálií pri úprave neželezných kovov

Chemikálie	Skupina:	Typ:	Lokalita																	
			Aitik		Almagrera		Mina Reocin		Boliden		Garpenberg		Hitura		Lisheen		Pyhasalmi		Zinkgruvan	
			Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹
Flotačné činidlá			-	-	-	-	-	179 ¹	-	-	209	300	135	250	100 – 200	-	-	-	-	
	Xantogenáty		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,9	-	-	-	-	-	-	
	Triokarbamáty		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Peniče			-	-	-	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	<i>Sylvapin</i> *		-	-	-	-	-	-	-	-	150	-	-	50	-	-	-	-	-	
	MIBC*		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,8	-	30 – 40	-	-	-	-	
	<i>Dowfroth</i> *		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	-	-	-	-	-	-	
Aktivátory			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Síran meďnatý		-	-	-	-	441	-	-	433	-	-	876	500	-	-	-	-	-	
	Sulfid sodný		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Hydrogénsulfid sodný		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Depresory			-	-	-	-	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Kyanid sodný		-	-	-	-	310 ²	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	
	Síran zinočnatý		-	-	-	-	92	-	-	306	-	-	234	400	30 – 50	-	-	-	-	
	Síran železnatý		-	-	-	-	-	-	-	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Kyselina octová		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	
	Chróman sodný		-	-	-	-	30	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Ditiofosforečnan		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55,1	-	-	-	-	-	-	

- pokračovanie tabuľky

Chemikálie		Lokalita																	
		Aitik		Almagrera		Mina Reocín		Boliden		Garpenberg		Hitura		Lisheen		Pyhasalmi		Zinkgruvan	
Skupina:	Typ:	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	Spotreba g.t ⁻¹	
pH		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Vápno	408	-	-	-	3448	773	-	-	4368 ⁵	350	7500	5609 ⁶	12000 ³	9000	-	-	-	-
	Kyselina sírová	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hydroxid sodný	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kyselina dusičná	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	-	-	-	-
	Kyselina chlórvoďiková	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flokulanty		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CMC**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ostatné	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,5	1	-	-	-	-
Ostatné		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Bezvodá sóda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	„Flotačné činidlá“ ⁴	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oxid siričitý	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	869 ⁴	-	-	-	-

Fyzvetivky:

* druh komerčného penidla, ** Karboxymetylcelulóza

¹Nie sú informácie o type zberača, asi xantogenát.

²Používa sa pri kyanidovom lúhovaní.

³Na základe 100 % H₂SO₄

⁴Na deštrukciu kyanidu po kyanidácii

⁵pH a úprava vody

⁶pH a lúhovanie

Ako alternatíva ku xantogenátom, používaným ako flotačné činidlo (zberače), existuje na trhu veľa rôznych chemikálií. Tieto flotačné reagenty sú na báze diarylditiofosforečnanov. Zmena týchto flotačných reagentov by znamenala pre prevádzku Zinkgruvan zmenu flotačného procesu na proces priamej selektívnej flotácie olovo / zinok. Celkové náklady na chemikálie použité v tomto procese by boli dvojnásobné v porovnaní k nákladom procesu používaného v súčasnej dobe. To možno vysvetliť tak, že by muselo byť použitých aj mnoho iných chemikálií, t. j. síran meďnatý, oxid siričitý a hasené vápno [66, Base metals group, 2002].

Separácia medi v závode **Neves Corvo** sa vykonáva pomocou flotácie. Používajú sa nasledujúce flotačné činidlá:

- ditiofosforečnan, 80 - 120 g.t⁻¹, pH 10-11,
- mylxantogenát draselný (PAX), 30 - 40 g.t⁻¹, pH 11.

Separácia cínú sa vykonáva gravitačným rozdužovaním na pretrepávacích stoloch Holman-Wilfley a následnou flotáciou kasiteritu.

3.1.2.5.2 Emisie do ovzdušia

Emisie do ovzdušia pre oblasť **Boliden** sú diskutované v kapitole drahých kovov. V závode **Aitik** postupujú podľa komplexného programu monitorovania emisií do ovzdušia.

V lokalite sa nachádzajú tri hlavné zdroje emisií:

- emisie z procesu sušenia koncentráta,
- emisie z trhacích prác a emisie naftových motorov automobilov,
- emisie prachu rozptyľovaného z celého priestoru vrátane odkaliska.

Emisie z trhacích prác, dieselových automobilov a z procesu sušenia koncentráta nie sú predmetom tohto dokumentu. Je však potrebné uviesť, že pece sú postupne vybavované filtrami.

Prašné imisie sú merané na 8 monitorovacích miestach ako množstvo sedimentovaných prachových častíc. Odobraté vzorky sú analyzované, je stanovený obsah medi v prachu a celkové množstvo sedimentovaných častíc (normalizované na plochu odberového zariadenia). V tabuľke 22 sú zhrnuté výsledky pre roky 1999 až 2001 [63, BASE METALS GROUP, 2002].

V závode **Garpenberg** existujú dva hlavné zdroje emisií do ovzdušia:

- emisie z procesu sušenia koncentráta,
- ventilácia z baní (SO₂, NO₂ a CO₂) [6, BASE METALS GROUP, 2002].

V závode **Hitura** boli ako hlavné zdroje emisií do ovzdušia identifikované:

- prach vznikajúci pri technológii ukladania na odkaliská a úpravne,
- prach z komunikácií.

Príslušná oblasť je monitorovaná na niekoľkých odberových miestach. Prach z odkaliska je problémom v období sucha a pri veternom počasí. V minulosti sa podnikli pokusy zabrániť prášeniu pokrytím brehov zeminou a aplikáciou suspenzie roztoku vápenca na brehy ihneď po ich zvýšení. Tiež hladina vody v odkalisku je v letnom období udržiavaná čo najvyššie a ukladanie kalu je vykonávané tak, aby boli brehy čo najviac mokré [62, HIMMAT, 2002].

Tabuľka 22. Meranie celkového množstva sedimentovaných častíc a výsledky obsahu Cu v prachových časticiach v prevádzke Aitik [63, BASE METALS GROUP, 2002]

Miesto merania	1999		2000		2001	
	Sedimentované častice	Cu	Sedimentované častice	Cu	Sedimentované častice	Cu
	mg.m ⁻² za mesiac	mg.m ⁻² za mesiac	mg.m ⁻² za mesiac	mg.m ⁻² za mesiac	mg.m ⁻² za mesiac	mg.m ⁻² za mesiac
S 1	1210	1,5	1 910	2,5	3 030	2,6
S 7	450	0,4	330	0,3	480	0,4
S 8	394 420	21,4	55 550	19,8	23 440	12,7
S 9	1 100	0,7	720	0,3	2 610	1,0
S 10	920	0,9	750	0,7	540	0,5
S 11	690	0,7	1 200	0,8	480	0,5
S 12	1 820	0,8	1 360	0,8	1 000	0,9
S 13	520	0,3	860	0,5	780	0,4

V ložisku medzi **Lenica - Glogow** existujú tri typy emisií do ovzdušia:

- prach, ťažké kovy, emisie SO₂ a NO₂ z vetracích šácht podzemných baní,
- prach, ťažké kovy, emisie SO₂ a CO₂ z úpravne rudy,
- emisie prachu zo suchej časti odkaliska.

Pokiaľ ide o posledný typ emisií, je to breh, ktorý tvorí významný zdroj emisií prachu, obzvlášť pri veternom počasi. Aby sa znížilo množstvo prachu, bola na hrebeni hrádze vytvorená vodná "clona". Navyše, aby bol stabilizovaný povrch v oblastiach, ktoré sú dočasne vysušené, z vrtuľníku sa rozprašuje emulzia asfaltu.

V súčasnej dobe je testovaná ďalšia vodná "clona". "Clony" sú inštalované vo vnútornom priestore odkaliska na brehoch vo vzdialenosti 150 m a bývajú uvedené do prevádzky v čase, keď je suchá časť (po odstránení asfaltového krytu) použitá pre budovanie hrádz. V blízkosti odkaliska bol nainštalovaný systém na monitorovanie ovzdušia. Systém sa skladá z troch staníc s kontinuálnym meraním, jednej meteorologickej stanice a jednej centrálnej stanice.

Meracie stanice sú vybavené zariadením na meranie prašnosti v ovzduší FAG¹³, ktoré meria celkový obsah tuhých znečisťujúcich látok (TZL). Je tiež nainštalovaná ešte jedna stanica, ktorá slúži na účely miestneho dozorného úradu.

V nasledujúcej tabuľke sú zobrazené výsledky merania imisii tuhých častíc.

¹³ prístroj spoločnosti FAG Bearings, Schweinfurt, Nemecko

Tabuľka 23. Imisie prachu z odkaliska v ložisku medi Legnica – Glogow [113, S.A., 2003]

Meracie miesto (vzdialenosť od hrázde)	Priemerné ročné celkové množstvo TZL (celkom, $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)			
	Rok 1998	Rok 1999	Rok 2000	Rok 2001
Rudna (1 000 m juhovýchodne)	36,3	34,3	29,2	33,6
Kalinowka (600 m severovýchodne)	33,9	29,1	28,7	30,2
Tarnówek (500 m juhozápadne)	35,7	34,0	31,3	23,9
Stanice miestneho úradu (1 800 m juhovýchodne)	24,3	18,0	14,8	12,7

Ďalej sú merané priemerné ročné koncentrácie celkového množstva tuhých látok (TZL) a obsahu kovov v okolitom ovzduší v blízkosti (60 - 2 250 m) odkaliska. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené výsledky za rok 2001.

Tabuľka 24. Priemerné ročné koncentrácie celkového množstva tuhých znečisťujúcich látok a obsahu kovov vo voľnom ovzduší v blízkosti (60 - 2 250 m) odkaliska v ložisku medi Legnica - Glogow [KGHM Polska Miedz, 2002 #13]

	Veľkosť častíc (celkom)	Kov				
		Cu	Pb	Zn	Cd	As
		($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)
D ₂₄ ¹	1,0-70,0	< 0,01 – 0,07	0,05 – 0,26	0,001 – 1,321	0,0001 – 0,0226	0,0001 – 0,0515
D _a ²	12,7	0,019	0,099	0,151	0,0007	0,0038

Vysvetlivky:

¹Rozsah výsledkov merania za 24 hodín.

²Priemerná ročná hodnota.

V prevádzke **Lisheen** sú emisie do ovzdušia monitorované pomocou nasledujúcich meraní:

- merania bodového zdroja,
- merania voľného ovzdušia,
- merania v úložisku prachu [41, STOKES, 2002].

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené emisie v roku 2001.

Tabuľka 25. Emisie do ovzdušia v prevádzke Lisheen [76, IRISH EPA, 2001]

Parameter	Jednotka	Množstvo
Tuhé častice	kg.rok ⁻¹	3 375
Oxidy dusíka	kg.rok ⁻¹	243 266
Oxid uhoľnatý	kg.rok ⁻¹	129 546
Oxid uhličitý	kg.rok ⁻¹	186 713 872

V závode **Pyhäsalmi** boli ako hlavné zdroje emisií identifikované tieto:

- prach a SO₂ zo sušenia koncentráту v úpravni,
- prach z odkaliska,
- prach z priestoru nakladania s koncentrátom,
- prach z komunikácií v ťažobnej oblasti.

Emisie prachu sa merajú v niekoľkých odberových miestach. Hlavným cieľom je lokalizácia oblastí, ktoré sú ovplyvnené emisnou záťažou. Od roku 2001 sú emisie kontrolované automatickým zariadením, ktoré vykonáva kontinuálne meranie.

Emisie prachu z priestoru odkaliska sú problémom v období sucha. Boli vykonané pokusy na obmedzenie prašnosti rozprašujúcimi suspenziami roztoku vápenca na brehy odkaliska [62, HIMMAT, 2002].

3.1.2.5.3 Emisie do vody

Nasledujúca tabuľka sumarizuje celkové emisie do vody z úpravni farebných kovov.

Tabuľka 26. Celkové ročné emisie z úpravni farebných kovov vypúšťané do vody

		Lokalita						
		Aitik	Boliden	Garpenberg	Hitura	Legnica - Glogow	Lisheen	Pyhasalmi
Paramet.	Jedn.	Rok						
		2001	2001	2001	2000	2001	2001	2000
Odtok	mil.m ³	6,44	11,10	2,60	0,08	21,1	22,9	6,89
Ca	t.rok ⁻¹	-	-	-	-	26 164	-	4 727
SO ₄	t.rok ⁻¹	-	-	-	254	58 742	-	12 057
CHSK		-	-	-	-	654	51,4	334
Tuhé čast.	t.rok ⁻¹	-	-	6,2	0,9	633	89,4	47,1
Al	kg.rok ⁻¹	446,0	-	-	-	-	2 465	-
As	kg.rok ⁻¹	1,7 ¹⁾	156	18	-	422	-	-
Cd	kg.rok ⁻¹	-	1	0,8	-	591	8,1	7
Co	kg.rok ⁻¹	5,3	-	-	-	-	17	-
Cr	kg.rok ⁻¹	0,2 ¹⁾	-	25	-	1 160	-	-
Cu	kg.rok ⁻¹	36,0	72	40	-	1 435	28,5	309
Fe	kg.rok ⁻¹	-	-	-	24	9 495	1 412	9 141
Mn	kg.rok ⁻¹	-	-	-	-	-	565	-
Hg	kg.rok ⁻¹	0,1	-	0,3	-	6,33	0,6	-
Ni	kg.rok ⁻¹	5,1 ¹⁾	-	-	107	-	311,9	-
Pb	kg.rok ⁻¹	0,1	191	52	-	3 376	263	-
Zn	kg.rok ⁻¹	34,6	1070	586	-	949	2 321	1 464
N	t.rok ⁻¹	17,0	-	6,5 ²⁾	-	130	40 892	-
Cl ⁻						176 269	-	-

Vysvetlivky:

¹⁾rozpuštené kovy, pred oxyslením je vzorka prefiltrovaná

²⁾rok 2002

Celkové množstvo vody vypúšťané za rok z prevádzky Zinkgruvan bolo 1,5 milióna m³. Tabuľka 27 dokumentuje chemické zloženie vody vypúšťanej z odkaliska v jednotlivých oblastiach.

Tabuľka 27. Koncentrácie jednotlivých zložiek vo vodách z úpravni neželezných kovov

		Lokalita			
		Aitik	Garpenberg	Legnica-Glogow	Zinkgruvan
Paramet.	Jedn.	Rok			
		2001	2001	2001	2001
pH		7,1	10	7,9	7,5
Susp. čast.	mg.l ⁻¹	-	2,4	30	3,1
NEL	mg.l ⁻¹	-	0,1	-	-
Meď (rozp.)	µg.l ⁻¹	2,1	-	-	-
Meď (celk.)	µg.l ⁻¹	7,3	15	68	2,7
Zinok	µg.l ⁻¹	1,7	218	45 (celkom)	220
Olovo	µg.l ⁻¹	0,02	20	160 (celkom)	27,3
Kadmium	µg.l ⁻¹	0,004	0,37	28 (celkom)	0,3
Arzén	µg.l ⁻¹	0,3		20 (celkom)	1,9
Chróm	µg.l ⁻¹	0,004	9	55 (celkom)	< 1,0
Ortuť	µg.l ⁻¹	0,009	-	0,3 (celkom)	< 0,1
Železo	µg.l ⁻¹	8	-	450 (celkom)	-
Hliník	µg.l ⁻¹	38,5	-	-	-
N-celkový	mg.l ⁻¹	2,6	-	6,16 (celkom)	5,4

V prevádzke **Aitik** je odber vzoriek vody vykonávaný v mieste vypúšťania (dočist'ovacia nádrž) a na 12 vzorkovacích staniách v riečnom systéme podľa programu pravidelného monitorovania. Vo vzorkách je monitorovaný obsah niekoľkých kovov, je stanovená hodnota pH, celkový obsah dusíka, síranov, vodivosť a zákal.

Počas roka 2001 bola voda vypúšťaná do rieky Leipojoki len z dočist'ovacej nádrže. Z recyklačnej nádrže ani z recyklačných kanálov nebola vypúšťaná žiadna voda [63, BASE METALS GROUP, 2002].

Emisie do vody z odkaliska **Boliden** sú podrobne popísané v kapitole drahých kovov.

V prevádzke **Garpenberg** postupujú pri monitorovaní povrchových vôd a tiež pri kontrole a odbere vzoriek z vodného toku podľa rozsiahleho programu monitorovania, ktorý prebieha v rámci „integrovaneho programu povodia“ (najväčšia rieka v oblasti). Tento program zahŕňa odber vzoriek na analýzu vody, skúmanie rýb, sedimentov a fauny z dna toku.

Voda vypúšťaná z odkaliska je odoberaná automatickým vzorkovačom každé dve hodiny a raz mesačne je vytvorená priemerná vzorka. V systéme odkalisko / dočist'ovacia nádrž je získavaná voda v dostatočnej kvalite pre technologické využitie aj pre vypúšťanie do vodného toku. Hlavnými znečisťujúcimi látkami sú zinok a dusík predovšetkým z banskej vody. Banská voda obsahuje približne 4,5 mg/l Zn a až 50 mg/l celkového dusíka. Najvýraznejšie zníženie obsahu vypúšťaného zinku sa dosiahne tým, že banská voda je čerpaná spoločne so suspenziou kalu do odkaliska, kde sa zinok adsorbuje na povrchu minerálnych častíc.

Laboratórne testy ukázali, že táto metóda účinne znižuje koncentráciu zinku v banskej vode z hodnoty $4,5 \text{ mg.l}^{-1}$ na hodnotu $< 0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ za 40 minút. Dusikaté látky sú v odkalisku a v dočist'ovacej nádrži čiastočne odstránené. V roku 1998 sa odhadovalo, že z banskej vody bolo do systému pridaných asi 10 t dusíka [64, BASE METALS GROUP, 2002].

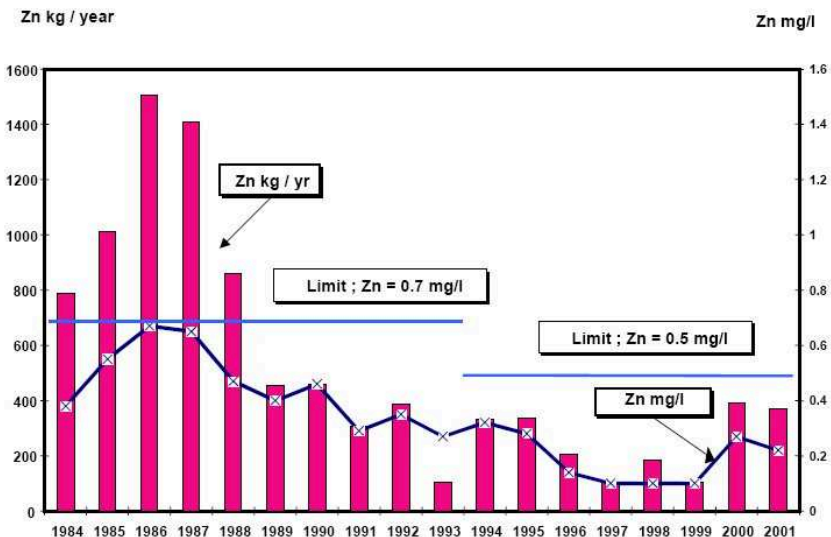
V závode **Hitura** boli zaznamenané priesaky do podzemnej vody pochádzajúce z odkaliska. Presné údaje nie sú k dispozícii. Bol znížený prietok podzemnej vody a kontaminovaná voda je čerpaná späť a následne je odvádzaná do rieky [62, HIMMAT, 2002].

V ložisku medzi **Legnica-Glogow** musí byť zo systému vyradené odkalisko, ktoré udržiava rovnováhu vody v systéme vrátane salinity. Priemerné množstvo prečistenej vody je $60\,000 \text{ m}^3.\text{deň}^{-1}$. Voda obsahuje $16 - 20 \text{ g.l}^{-1}$ nerozpustených látok. Vypúšťaná voda je čerpaná do rieky Odry potrubím dlhým 17 km. Množstvo vypustenej vody je regulované tak, aby zodpovedalo súčasnemu prietoku rieky. Celkové množstvo chloridov a síranov v rieke Odra nesmie prekročiť hodnotu 500 mg.l^{-1} . Aby boli eliminované miestne vyššie koncentrácie tuhých látok v rieke, vypúšťa rozvodný systém vodu na dne pozdĺž celého priezru rieky.

Koncentrácia nerozpustených látok sa vo vode vypúšťanej z odkaliska mení v závislosti od súčasného objemu vody v odkalisku a od poveternostných podmienok. Pretože nerozpustené látky obsahujú ťažké kovy, je do prevádzky dočasne uvedená úpravňa vody, z dôvodu zníženia obsahu nerozpustených látok vo vypúšťanej vode na hodnotu $< 50 \text{ mg.l}^{-1}$.

Technológia úpravy vôd je založená na koagulácii (koncentrácia chloridu železitého je približne 300 mg.l^{-1}), ktorá je podporovaná polyelektrolytom Praestol (1 mg.dm^{-3}) a následnom usadení v lamelovej usadzovacej nádrži. Tabuľka 26 a tabuľka 27 ukazujú celkové emisie do vody a koncentráciu zložiek v emisiách z odkalísk [113, S.A, 2003].

Obrazok 19. Priemerná ročná koncentrácia zinku (mg.l^{-1}) v prebytočnej vode z dočist'ovacej nádrže vypúšťanej do vodného toku a vypočítaný transport (kg.rok^{-1}) 1984 - 2000 [66, BASE METALS GROUP, 2002]



V prevádzke **Lisheen** je arzén odstraňovaný síranom železitým, ak jeho koncentrácia vo vypúšťanej vode prekročí hodnotu $0,0048 \text{ mg.l}^{-1}$. Arzén je teda vyzrážaný ako metastabilná zlúčenina arzeničnan železitý. Podobný postup sa používa v prípade, keď je do procesu pridávaný ako potláčajúca zložka kyanid. Ak sa koncentrácia vo vypúšťanej vode priblíži hodnote $0,048 \text{ mg.l}^{-1}$, musia byť kyanidy degradované [75, MINORCA LISHEEN / IVERNIA WEST, 1995].

V prevádzke **Zinkgruvan** predstavuje systém hald a odkalísk veľmi dobré zariadenie na úpravu technologickej a banskej vody vzhľadom k svojej vysokej absorpčnej kapacite. Pri úplnom využití vlastností systému a prechode všetkých banských a technologickejch vôd systémom sa dosiahlo významné zníženie vypusteného zinku za posledných 15 rokov, čo je ilustrované na obrázku 19.

3.1.2.5.4 Kontaminácia pôdy

Kontaminácia pôdy bola zistená v oblasti približne 400 m okolo odkaliska **Hitura**.

V závode **Pyhäsalmi** bola pozorovaná kontaminácia pôdy v blízkom okolí prevádzky. Tento stav bol spôsobený distribúciou pyritu v prашnej depozícii. Pri analýzach pôdy neboli zistené žiadne významné obsahy kovov ani chemických látok [62, HIMMAT, 2002].

Na ložisku medzi **Legnica - Glogow** sa každoročne monitorujú pôdy na 54 miestach, ktoré sa nachádzajú v blízkosti odkaliska (50 až 2000 m). Výsledky získané v rokoch 1996 – 2001 naznačujú, že vyššie koncentrácie medi v pôde boli zistené len v najbližšom okolí hrádze. Koncentrácie ďalších kovov predstavujú pozad'ové hodnoty [113, S.A., 2003].

3.1.2.5.5 Spotreba energie

Nasledujúca tabuľka sumarizuje spotrebu energie pri procese úpravy rúd farebných kovov.

Tabuľka 28. Spotreba elektrickej energie v úpravniach rúd neželezných kovov

Spotreba elektrickej energie	Jedn.	Lokalita						
		Aitik	Boliden	Garpenb.	Hitura	Neves Corvo	Pyhasalmi	Lisheen
Baňa	kWh.t ⁻¹	-	-	-	-	21,44	-	-
Úpravná, celkom	kWh.t ⁻¹	-	-	-	32,8	36,95	34,9	47,3
	Gwh	-	-	-	-	-	-	53,4
Mletie	kWh.t ⁻¹	11 – 12	22	-	-	24,93	-	20,6
Odvodnenie	kWh.t ⁻¹	-	-	-	0,22	1,28	3,9	-
Odkalisko	kWh.t ⁻¹	2	2	3	1	1,97	1,6	-
Nakladanie s kalom	kWh.t ⁻¹	-	-	-	-	-	-	-
Σ elektric. energie	kWh.t ⁻¹	22,1	-	-	-	-	-	-
Σ všetky energie	GWh	545,5	241,6	123,5	-	-	-	-
	kWh.t ⁻¹	30,7	148	126	-	-	-	-
Spracovaná ruda	milióny t	17,77	1,45	0,98	0,52	1,75	1,25	1,15

3.1.4 Železo

Táto časť obsahuje informácie o bankých podnikoch **Kiruna** a **Malmberget** vo Švédsku a **Steiricher Erzberg** v Rakúsku.

3.1.4.1 Mineralógia a dobývacie metódy

Železné rudy s komerčným obsahom kovu sú dobývané hlavne z proterozoických, sedimentárnych, páskovaných a železitých súvrství. Hlavnými rudnými minerálmi sú hematit (Fe_2O_3), magnetit (Fe_3O_4) a siderit (v poradí podľa dôležitosti). Hlavnými svetovými producentmi sú Rusko, Brazília, Čína, Austrália, India a USA. V Európe je hlavným producentom železnej rudy Švédsko. Jeho výskyty sú viazané na fosforové magnetitové rudy, ktoré súvisia s proterozoickou, syenit-porfýrovou vulkanickou činnosťou. Niekoľko menších baní hlavne v strednej a južnej Európe (napr. Steirischer Erzberg) produkuje chudobnejšiu sideritovú železnú rudu (siderity), ktorá súvisí aj so sedimentárnymi súvrstviami.

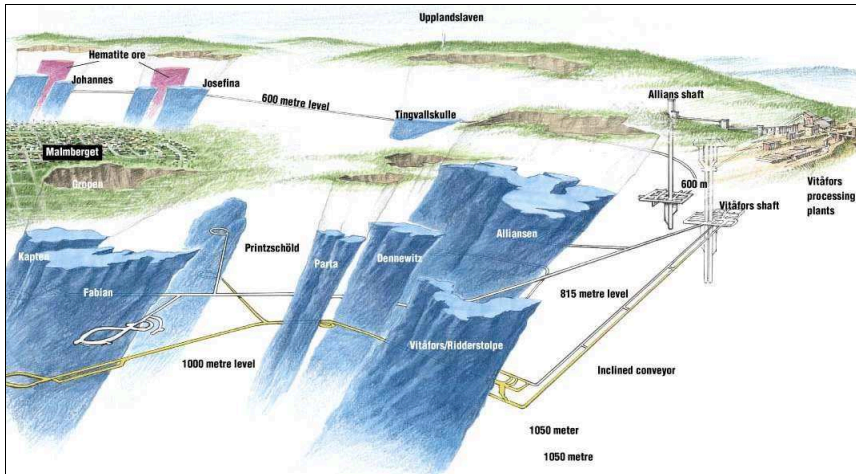
Banká činnosť pred úpravou rudy pozostáva spravidla z prípravy, vrátane odstraňovania skrývky alebo razenia chodieb, vŕtania, odstrelov a dopravy rudy do úpravne [49, IRON GROUP, 2002].

Podzemné bane

Magnetitové rudné teleso v bani **Kiruna** je dlhé okolo štyroch kilometrov, s priemernou šírkou 80 m a zasahuje do hĺbky okolo 2 km, so sklonom zhruba 60° . Hlavný ťažobný horizont je v hĺbke 1 045 m. Ťažba rudného telesa medzi úrovňami 1 045 m a 775 m bude pokračovať približne do roku 2018. Doteraz bolo z rudného telesa Kiruna vyťažených okolo 940 miliónov t rudy. Ročne je vyťažených okolo 20 – 23 miliónov t neupravenej rudy, okolo 5 miliónov t materiálu je odosielané na odkalisko s hrubým odpadom a 1,7 miliónov t na odkalisko s jemným odpadom z úpravy (kalom).

Rudné teleso je rozdelené na desať blokov. Každý blok má svoje zoskupenie šácht pozostávajúce zo štyroch šácht, okrem dvoch najsevernejších blokov (Lake Ore), kde sú po tri šachty. Celkovo má baňa Kiruna 38 takýchto šácht. Každá šachta v skupine je vzdialená okolo 30 m od nasledujúcej. Desať ťažobných blokov je sprístupnených cez päť oddelených úpadníc. Profil každej úpadnice je vyrazený do dvoch susedných blokov na spoločnej strane. Týmto spôsobom sa spojením blokov vytvorí päť menších „baní“. Každý blok má svoje vlastné šachty na prívod a odvod vzduchu. Geografické rozdelenie rudného telesa na päť baní umožňuje väčšiu ťažobnú produktivitu. Pretože sú bane dobre oddelené jedna od druhej, z jednej bane sa môže ťažiť ruda, zatiaľ čo v inej sa robí odstreľ alebo údržba. Banské práce dosiahli horizont 775 m v lete roku 1999. Ťažba nad úrovňou 1 045 m bude prebiehať do roku 2018. Rudné teleso je medzi horizontmi 775 m a 1 045 m horizontálne rozdelené na deväť úsekov, z ktorých každý má výšku 27,5 m. Vzdialenosť medzi rudnými (ťažobnými) komínmi je 25 m. Každý odstreľ uvoľní okolo 10 000 t rudy [49, IRON GROUP, 2002].

Baňa **Malmberget** má okolo 20 rudných telies, z toho 10 sa v súčasnosti ťaží. Základná ruda je magnetit, ale vyskytuje sa aj nemagnetická hematitová ruda. Najnovší hlavný ťažobný horizont v bani Malmberget je v hĺbke 1 000 m. Z rudných telies bolo doteraz vyťažených okolo 350 miliónov t rudy. Každý rok sa z rudných telies vyťaží okolo 12 miliónov t neupravenej rudy, z ktorej sa vytvorí 5,6 miliónov t hlušiny z úpravy.

Obrázok 20. Ložisko MalMBERGET

Vysvetlivky:

Hematite ore – Hematitová ruda, *Ridderstolpe* – Rudný stĺp, *Vitåfors processing plant* – Spracovateľský závod (úpravňa) Vitåfors, *Inclined conveyor* – Šikmý dopravník, *Level* – Úroveň, *Shaft* – Šachta (jama)

Banské pole je v smere Z - V 4,5 km dlhé a v smere S - J 2,5 km široké. V západnej časti bankského závodu tvorí ruda viac alebo menej súvislé, zvlnené pruhy šošovkovitých rudných telies. Rudy vo východnej časti bankského závodu tvoria zložitejšie, intenzívne zvrásnené, tektonické štruktúry. Rudné telesá sú strmé, s veľkými lokálnymi rozdielmi. Hrúbka rudných telies kolíše medzi 20 a 100 m. Okolitú horninu tvoria kyslé až neutrálne, silne deformované a metamorfované vulkanické horniny, teraz vyzerajúce ako „leptity“ (jemnozrnné živcovokremenné horniny) a ruly. Rudné pole je väčšinou metamorfované na nižšie stupne amfibolitovej fácie. V západnej časti rudného poľa sa lokálne vyskytujú vyššie stupne metamorfózy.

Obidve švédske bane používajú ako dobývaciu metódu veľkokomorové dobývanie na zával.

Príprava / rozfáranie (otvárka)

Prvým krokom v banskej oblasti **Kiruna** je vyrazenie ťažobnej chodby priamo do ložiskového telesa. Vrtanie sa robí elektrinou poháňanými hydraulickými vrtnými súpravami. Vrtajú sa „cykly“ so 60-timi dierami, z ktorých každá má hĺbku 5 m. Tieto diery sa potom naplnia trhavinami a odstrelia. Navrtnané „cykly“ sa odstrelujú v noci. Ruda z týchto odstrelův sa odváža nakladačmi. Potom sa vyvíja ďalší cyklus a tak ďalej, až kým sa nevyrazí celá chodba. Chodba môže byť dlhá až 80 m. Ak je to potrebné, tak sa strop a boky chodby vystužia svorníkmi alebo betónom (takzvaný „injekčný betón“). Keď sú počiatočné otvárkové práce alebo počet prekopov v tej istej časti hotové, potom nasleduje ďalší krok, a to ťažobné vrtanie a odstrel.

Ťažba

Keď sa vyrazí potrebný počet ťažobných chodieb, môže sa začať ťažobné vrtnie 27,5 m hrubej „lavice“. Toto sa vykonáva s diaľkovo ovládanými ťažobnými vrtnými súpravami. Z riadiaceho priestoru obsluha diaľkovo riadi niekoľko vrtných súprav v ťažobnom priestore. Súprava vyvrta do vrchu v rude sústavu 10 dier v tvare vejára. Diery sú zvyčajne dlhé 40 – 45 m a rovné aby sa dalo urobiť následné efektívne naplnenie trhavinou a odstrel. Keď je vyvrtný vejár dier, súprava sa posunie 3 m naspäť a začne sa vrtnie ďalšieho vejára. V 80 m dlhej chodbe sa vyvrta okolo 20 takýchto vejárovitých sústav. Keď je vrtnie ukončené, začne sa plnenie dier trhavinou.

Plnenie vyvrtných dier trhavinou v jednom vejári robí robot. Odstrel sa robí každú noc. Jeden odstrel uvoľní okolo 10 000 t rudy. Keď sú splodiny odstrelu odvetrané, môže sa začať nakladanie kolesovými nakladačmi (LHD). Potom sa odstrelí ďalšia sústava dier a tak ďalej. Postup sa opakuje až kým nie je vyťažený celý porub. Elektrické kolesové nakladače nakladajú a vozia rudu do vertikálnych komínov pozdĺž rudného telesa. Každý nakladač nesie lyžicu (naberák) s nákladom 17 – 25 t a vysype ho do rudného komína. Účinkom gravitácie padá ruda dolu do zásobníkov, ktoré sa nachádzajú tesne nad hlavným horizontom.

V bani **Kiruna** sa využívajú aj elektrické, diaľkovo ovládané nakladače. V tomto prípade sedí obsluha pred monitorom na riadiacom pracovisku a riadi stroje v ťažobnom priestore. Stroje sú navigované pomocou rotačných laserov a svetlometov na stenách chodieb. Informácie ako napr. poloha stroja sú odosielané cez množstvo bezdrôtových základní do riadiaceho systému počítača v riadiacej miestnosti.

Hlavný ťažobný horizont v bani **Kiruna** je na úrovni 1 045 m. Ruda je diaľkovým ovládaním vypúšťaná do zásobníkov do železničných vagónov. Vlak bez vodiča pozostávajúci z lokomotívy a 24 vagónov odváža rudu do jednej zo štyroch výsypných staníc. Keď vlak prechádza cez stanicu, otvorí sa dno vagónov a ruda padá do zásobníka pre drviče a odtiaľ je dodávaná do jedného zo štyroch drvičov. Ruda je drvená na kúsky priemeru okolo 100 mm. Na hlavnom horizonte je v prevádzke 9 lokomotív a 185 vagónov. Každý vlak vezie okolo 500 t rudy.

V bani **Malmberget** sa ťaží na samostatných, odlišných horizontoch, pretože je tu veľa rudných telies. Hlavné ťažobné horizonty sú na úrovniach 600 m, 815 m a 1 000 m. Drviče sú na každej úrovni. Na týchto úrovniach je v prevádzke dvanásť veľkých, banských, nákladných áut s ložnými (nákladnými) kapacitami 70 až 120 t. Autá prídu k zvislým šachtám. Vodiči riadia nakladanie z kabíny auta. Plne naložené auto príde do výsypnej stanice a ruda je bokom nasypaná do zásobníka drviča. Vysýpanie rudy je tiež riadené z kabíny auta. Ruda je privádzaná do drviča a drvená na kusy s priemerom okolo 100 mm [49, IRON GROUP, 2002].

Povrchové ťažobne

Úžitkový nerast v ťažobni **Steirischer Erzberg** je železná ruda siderit (FeCO_3) a nerudný minerál výplne je ankerit¹⁴. Obsah železa v rude je približne 21 %. Baňa Erzberg je povrchová baňa s ročnou ťažbou 3,8 miliónov t, z toho je 1,2 miliónov t jaloviny. Používa sa obvyklé vrtnie a odstrelovanie hornín. Doprava je vykonávaná kolesovými nakladačmi a nákladnými autami. V bani je 20 lomových etáží s priemernou výškou 24 m [55, IRON GROUP, 2002].

¹⁴ uhličitán vápenato-železnatý - $\text{Ca}(\text{Fe},\text{Mn},\text{Mg})(\text{CO}_3)_2$

3.1.4.2 Úprava nerastov

Na dosiahnutie požadovanej veľkosti zrna je ruda väčšinou po vyťažení drvená a mletá na rôzne stupne. Potom nasleduje alebo sitovanie na konečné produkty, hrubšie a jemné častice, alebo ďalšia úprava. Výber metód na úpravu nerastu závisí od typu rudy, chemického zloženia, čistoty a podobne. Najbežnejšie používané metódy sú magnetická separácia, zvyčajne silné magnety na koncentráciu hematitovej rudy a slabšie magnety pre magnetit. Používa sa aj gravitačná separácia a flotácia. Percentuálny obsah kovu v rude a metóda úpravy ovplyvňujú množstvo, typ a zloženie odpadu z úpravne.

V bankskom závode **Steirischer Erzberg** upraví úpravňa 1,7 miliónov t rudy za rok. Z toho sa vytvorí 0,98 miliónov t koncentráta, 0,7 milióna t hrubého odpadu z úpravne (uloženého spolu s jalovinou) a 0,1 milióna jemného odpadu. Za rok sa predá priamo, bez úpravy 0,9 milióna t rudy s nízkym obsahom úžitkovej zložky.

3.1.4.2.1 Drvenie a mletie

V prevádzkach drvenia a mletia **Kiruna** a **Malmberget** sú využívané drviče (100 % produkt je 100 mm kusovitosti) a sekundárne drvenie materiálu na výrobu drviny. Používa sa drvenie v bani, sekundárne drvenie, AG¹⁵ mlyn a rôzne guľové mlyny na výrobu peliet (49, IRON GROUP, 2002).

V prevádzke **Erzberg** sa používajú dva excentrické kužeľové drviče (produkcia 100 % s kusovitosťou 120 mm) a sekundárne drvenie [55, IRON GROUP, 2002].

3.1.4.2.2 Separácia

V prevádzkach **Kiruna** a **Malmberget** používajú (v tzv. „triediacom závode“) suchú magnetickú separáciu s následnou mokrou magnetickou separáciou materiálu na výrobu drviny. Na výrobu peliet sa v tzv. „koncentrátore“ používa suchá magnetická separácia, mokrá magnetická separácia, hydrocyklónové odľučovanie a flotácia (v Malmbergete nie je potrebná žiadna flotácia) [49, IRON GROUP, 2002].

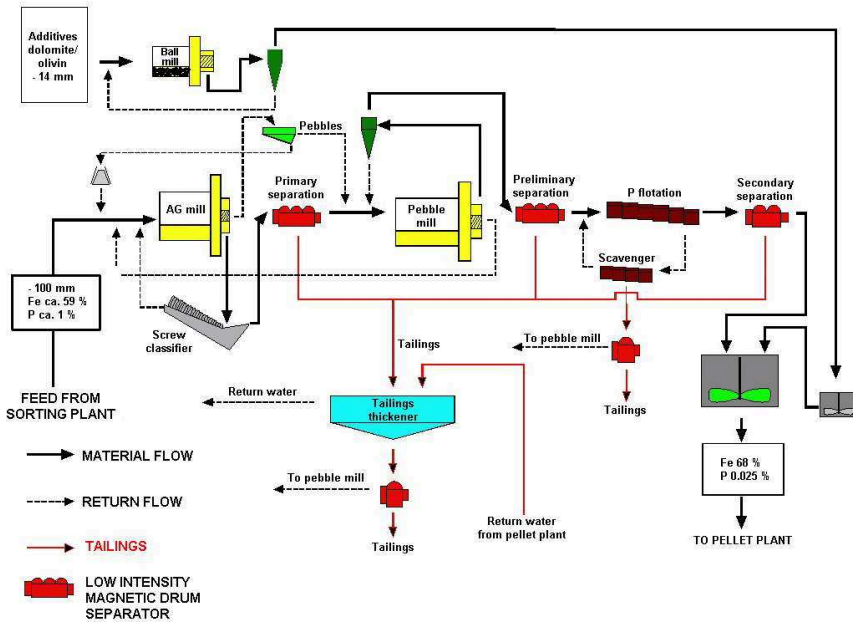
Na obrázku 21 je zobrazený „koncentrátor“, ktorý vyrába materiál pre prevádzku na výrobu peliet.

V prevádzke **Erzberg** je hrubá frakcia, t.j. 8 – 30 mm a 30 – 120 mm oddelená plavením v ťažkej kvapaline. Jemné frakcie, t. j. 1 – 4 mm a 1 – 8 mm sú oddeľované suchou, silne magnetickou separáciou. Koncentrát je ďalej drvený na zrnitosť < 8 mm. Jemné častice 0,1 – 1 mm sú odvodnené v závitovkovom triediči a sú spolu s hrubým odpadom zo separácie v ťažkých kvapalinách a silne magnetickej separácie odvázané na haldy v areáli bane. Pri finálnom drvení a preosievaní sa robí miešanie „priamej rudy“ (ruda, ktorá nie je upravovaná) s koncentrátom.

Voda z výroby, čo je hlavne preliv zo šnekových triedičov, je upravovaná v troch 32 m dlhých priebežných zahusťovačoch. Preliv je vracaný späť do úpravnickeho procesu a zahustený kal sa čerpá do odkaliska [55, IRON GROUP, 2002].

¹⁵ AG – Autogenous Grinding Mill – samočinný drvič / mlyn (na Slovensku ako rotačný drvič)

Obrázok 21. Koncentrát v Kirune

**Vysvetlivky:**

Additives dolomite / olivín - 14 mm – prísady dolomit / olivín – 14 mm, *Ball mill* – guľový mlyn, *Feed from sorting plant* – materiál z triediacej linky, *AG mill* – AG mlyn, *Primary separation* – primárna separácia, *Pebbles* – okruhliaky, *Pebble mill* – typ guľového mlyna, *Preliminary separation* – predbežná separácia, *P flotation* – flotácia fosforu, *Secondary separation* – sekundárna separácia, *Scavenger* – odstraňovač odpadu, *Screw classifier* – šnekový triedič, *To pebble mill* – do guľového mlyna, *Tailings* – kal, *Tailings thickener* – zahusťovač kalu, *Return water* – vratná voda, *Low intensity magnetic drum separator* – nízko-magnetický bubnový separátor, *Material flow* – tok materiálu, *Return flow* – spätný tok, *To pellet plant* – do prevádzky na výrobu peliet

3.1.4.3 Nakladanie s odpadom z úpravy (kalom)**3.1.4.3.1 Charakteristika kalu**

Železné rudy sa zvyčajne ťažia ako oxidy (napr. Kiruna a MalMBERGET) alebo ako karbonáty (siderit). Vo fáze úpravy rudy sa vytvárajú dve frakcie odpadu, hrubý a jemný. Hrubý odpad je ukladaný na haldy a jemný je čerpaný na odkalisko. Ak je železná ruda vo forme oxidov, tak hlušina a odpad z úpravy nevytvára kyslé výluhy.

V oblasti **Kiruna** je odpad z úpravy rudy dobre charakterizovaný, z hľadiska:

- mineralogického zloženia,
- geochemie (kinetické lúhovacie testy, analýza stopových prvkov) a
- mechanických / geotechnických vlastností.

Odpad z úpravy v banskom závode **Malmberget** nebol charakterizovaný (49, IRON GROUP, 2002).

Príklad výsledkov z bane Kiruna je v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 29. Priemerné koncentrácie jednotlivých zložiek rudy v odpade z mokrého triedenia v bani Kiruna a Svappavaarra [82, IRON GROUP, 2002]

Zložka	Priemerná koncentrácia (hm.%)	Prvok	Priemerná koncentrácia (hm.%)
SiO ₂	33,82	Fe	11,6
TiO ₂	1,21	P	3,55
Al ₂ O ₃	6,82	S	0,35
MnO	0,15		
MgO	6,9		
CaO	15,7		
Na ₂ O	2,02		
K ₂ O	1,89		
V ₂ O ₅	0,06		
P ₂ O ₅	8,1		
F _X O _Y	16,5		
Celkom	93,17		

Geotechnické vlastnosti kalu z úpravy v banskom závode Kiruna boli skúmané z dôvodu jeho použitia ako materiálu na výstavbu hrádzí. Bolo skonštatované, že kal musí byť kvôli zrnitostnému zloženiu upravený na cyklónovom odlučovači, aby splnil požiadavky potrebné na výstavbu hrádzí.

V prevádzkach Kiruna aj Svappavaarra boli odobraté neporušené vzorky v rôznych hĺbkach nádrže (odkaliska). Charakteristické výsledky skúšok sú nasledovné:

- objemová hmotnosť: 1,71 – 2,30 t.m⁻³,
- vypočítaná hmotnosť sušiny: 1,66 – 1,97 t.m⁻³,
- špecifická hmotnosť častíc: 3,21 t.m⁻³,
- uhol vnútorného trenia: 19° – 26,5°.

Tabuľka 30. Priemerná koncentrácia stopových prvkov pre odpad z mokrého triedenia a iný odpadový materiál v bani Kiruna a Svappavaarra [49, IRON GROUP, 2002]

Prvok	Odpad z mokrého triedenia (ppm)	Iný odpad (ppm)
As	3,67	18,1
Ba	168	205
Be	8,25	6,10
Cd	0,14	0,10
Co	94,2	67
Cr	13,4	23,5
Cu	356	211
Hg	<0,0400	0,060
La	107	331
Mo	15,4	11,8
Nb	11,9	<12,0
Ni	82,4	56,5
Pb	9,35	7,56
S	4990	4130
Sc	48,2	26,7
Sn	36,8	31,1
Sr	30,3	80,4
V	523	290
W	11,9	<12,0
Y	40,6	170
Yb	7,78	15,4
Zn	53,5	42,5
Zr	114	161

Vysvetlivky:

Priklady označené < sú pod detekčným limitom, čísla indikujú detekčný limit.

Vzorky odpadového materiálu z úpravy zozbieraného z obvodov gravitačnej separácie (vrátane častíc z výroby peliet) vykazujú nasledovné zrnitostné zloženie:

Tabuľka 31. Zrnitostné zloženie kalu z gravitačnej separácie [49, IRON GROUP, 2002]

Veľkosť (µm)	Kumulatívne % prechodu
700	100
60	75
2	5

Vzorky odpadového materiálu zozbierané po separácii na šnekových triedičoch vykazujú nasledovné, trochu jemnejšie zrnitostné zloženie:

Tabuľka 32. Zrnitostné zloženie kalu po separácii na šnekových triedičoch [49, IRON GROUP, 2002]

Veľkosť (µm)	Kumulatívne % prechodu
60	91
40	80
2	8,8

Na zhodnotenie účinnosti separačnej metódy sú často odoberané vzorky z odtoku do odkaliska.

3.1.4.3.2 Aplikované metódy nakladania

Zariadenia na nakladanie s kalom z úpravy v bani **Kiruna** (ktorá má odkaliská v Kirune a v Svappavaarra) a **Malmberget** sa skladajú z odkalísk a ďalších čistiacich nádrží. Všetky prevádzky ukladajú svoj odpad s použitím hydraulických metód (čerpaním cez potrubie alebo gravitačným tokom v žľaboch). Všetky hrádze sú tradičné zemné hrádze. Jadro je zložené zo zhutneného tillu a filtrov. Podporná výplň je zložená hlavne z hlušiny. Tri odkaliská sú detailne popísané nižšie, v tabuľkách sú zosumarizované aj kľúčové informácie pre každé odkalisko. Všetky lokality majú veľmi podobný systém riadenia, pretože ukladaný materiál, ako aj meteorologická, geologická a hydrogeologická situácia sú veľmi podobné.

Na všetkých miestach má kal nízky obsah pevných častí v rozsahu od 3 - 5 % do 10 - 15 %. Počas prevádzky odkalisk zostalo výpustné zariadenie takmer na tom istom mieste. Aby sa zvýšil obsah pevných častí a zmenilo zrnitostné zloženie odpadu, diskutovalo sa o mobilnom výpustnom zariadení a cyklónových zahusťovačoch pri budúcom zvyšovaní hrádzí.

Prevýšenie hrádzí je 2 m na dvoch zariadeniach a 1,2 m na tretej nádrži. Prevýšenie hrádzí v zariadeniach **Kiruna** a **Malmberget** je stanovené na základe švédskych smerníc pre vodné stavby (RIDAS) a zohľadňuje zrážky, hydraulický gradient a výšku vln. Pre hrádzu triedy 2 by prietokná kapacita priepustu mala byť dimenzovaná na 100 ročnú vodu, vodu z 24 hodín trvajúcej búrky, bez zvýšenia hladiny vody. Vypúšťanie kalu do nádrží je riadené relatívne stabilizovaným prevádzkovým systémom, ktorý vytvára pravidelný tok kalu z úpravy.

Základná hrádza na odkalisku **Kiruna** bola ukončená v roku 1977. Potom bola dvakrát zvýšená v rokoch 1984 a 1992 stredovým zvyšovaním. Súčasná maximálna výška hrádze v Kirune je 15 m. Začalo sa nové zvyšovanie hrádze, pretože na konci roka 2003 bola nádrž plná. Z odkaliska je voda prelievaná do usadzovacej (čistiacej) nádrže cez dva dekanty. Každý z týchto dekantov je zložený z dvoch vertikálnych prívodných veží s ponoreným sacím otvorom, kvôli ľahu tvoriacemu sa v zime. Od prívodných veží vedú popod nádrž horizontálne potrubia spojené do jedného zberača (priemer 1 400 mm) pre jeden dekant. Po prúde pod hrádzou je regulačná komora, kde sa dá regulovať tok. Z usadzovacej nádrže je voda prelievaná podobným spôsobom, ale s jednou zmenou a to, že pod usadzovacou nádržou je voda čerpaná cez zásobnú nádrž pri úpravni späť do procesu alebo vypúšťaná do recipientu. Ako výsledok nových smerníc bol v roku 2000 vybudovaný núdzový priepust pre usadzovaciú nádrž. Núdzový priepust tvorí 13,5 m široký kanál cez vrch hrádze blízko jedného z vystužených svahov.

Hlavné technické charakteristiky systému hrádzí odkaliska Kiruna sú zosumarizované v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 33. Charakteristika systému hrádzí odkaliska Kiruna [49, IRON GROUP, 2002]

Typ hrádze	Odkalisko			Usadzovacia nádrž	
	mimo údolná			mimo údolná	
Plocha hrádze (km ²)	4,2			0,96	
Objem odpadu	9			n/a	
Objem vody (Mm ³)	7,4			2,3	
Teleso hrádze	C-D	O-R	R-B	R-S	S-F
Typ hrádze	Stredový	Stredový	Stredový	Stredový	Stredový
Najvyššia výška (m)	8	15	15	11	13
Dĺžka hrádze (m)	1 450	2 560	1 040	1 440	850
Šírka hrádze (m)	15	15	15	15	15
Najmenšia prevýšenie hrádze (m)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Sklon návodného svahu	1 : 1,8	1 : 1,8	1 : 1,8	1 : 2	1 : 2
Sklon vzdušného svah	1 : 1,4	1 : 1,4	1 : 1,4	1 : 1,5	1 : 1,5
Objem materiálu na stavbu hrádze (Mm ³)	0,66	1,58	0,86	3,00	0,39
Šírka jadra	4	4	4	4	4
Šírka jemného filtra (m)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Zrornosť jemného filtra (mm)	0 – 6 alebo 0 – 8	0 – 6 alebo 0 – 8	0 – 6 alebo 0 – 8	0 – 6 alebo 0 – 8	0 – 6 alebo 0 – 8
Šírka hrubého filtra (m)	0 – 30 alebo 0 – 100	0 – 30 alebo 0 – 100	0 – 30 alebo 0 – 100	0 – 30 alebo 0 – 100	0 – 30 alebo 0 – 100
Materiál na (stabilizáciu) opevnenie hrádze a ochranu proti erózii	Hlušina z ťažby	Hlušina z ťažby	Hlušina z ťažby	Hlušina z ťažby	Hlušina z ťažby
Zrornosť materiálu stabiliz. násypu (mm)	0 – 200	0 – 200	0 – 200	0 – 200	0 – 200
Zrornosť protieróznej vrstvy (mm)	0 – 100	0 – 100	0 – 100	0 – 100	0 – 100
Usporiadanie odtoku	–	–	2 dekantač. veže	núdzový priepust	2 dekantač. veže

Ďalšie úložisko na odpad z úpravy, využívané pre rudu z bane Kiruna, upravovanú v Svappavaarra je odkalisko Svappavaarra, 50 km na juhovýchod od Kiruny. Toto zariadenie sa skladá z troch nádrží – odkaliska, prvej usadzovacej (čistiacej) nádrže a druhej usadzovacej nádrže, nazývanej „recipientová“ nádrž. Okrem týchto troch vybudovaných nádrží je tu prírodné jazero, ktoré sa využíva ako zdroj vody. Všetky nádrže sú údolného typu. Recipientová nádrž bola vybudovaná ako prvá a bola spustená do prevádzky v roku 1964. Účelom tejto nádrže bolo sústrediť drenážnu vodu z úpravárenských odpadov prirodzene sa usadzujúcich na svahu. Voda bola potom prepúšťaná z recipientovej nádrže do jazera.

Pre vlastnosti odpadu a strmý terén sa veľa odpadu usadilo blízko spodnej hrádze. Preto bola vybudovaná druhá záchytná hrádza, t. j. hrádza odkaliska, aby sa zabránilo usadzovaniu odpadu blízko recipientovej nádrže, ktorá odvtedy slúžila ako usadzovacia nádrž. Neskôr, v roku 1973, bola vybudovaná tretia hrádza priamo naprieč cez usadené kaly, aby sa kaly udržali v hornej časti a spodná časť sa využila ako usadzovacia nádrž. Táto hrádza je vybudovaná z hlušiny ako drenážna hrádza. Kvôli problémom s ľadom a prelievaním bol v tejto hrádzi v roku 2001 vybudovaný výpust. Z prvej usadzovacej nádrže je voda prepúšťaná do recipientovej nádrže cez dva dekanty s vertikálnymi prírodnými vežami a horizontálnymi zberačmi popod nádrž. Hradidlá v prírodnej veži regulujú prúd vody. Dekant v recipientovej nádrži je podobný ako v Kirune, kde je voda regulovaná zo spodnej strany hrádze. Odtiaľ môže byť voda čerpaná späť cez jazero do procesu alebo vypúšťaná do recipientu.

Za normálnych podmienok nevzniká žiadny nadbytok vody, pretože väčšina vody je recirkulovaná. Hrádze okolo odkaliska a usadzovacej nádrže, ako aj rozdeľujúca horninová hrádza boli zvyšované niekoľkokrát (celkom 11-krát). Pre spodnú usadzovaciu nádrž bola použitá metóda zvyšovania hrádze „po vode“ a pre odkaliskovú a horninovú hrádzu bola použitá metóda zvyšovania hrádze „proti vode“. Maximálna výška je dnes 21 m a doteraz bolo uložených približne 15 miliónov t odpadu (suchá váha) [49, IRON GROUP, 2002]. Technická charakteristika odkalísk je zosumarizovaná v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 34. Charakteristika hrádzového systému odkaliska Svappavaarra [49, IRON GROUP, 2002]

	Odkalisko		Usadzovacia nádrž	Recipientová nádrž
Typ hrádze	mimo údolná		mimo údolná	mimo údolná
Plocha hrádze (km ²)	1,2		0,7	0,42
Objem odpadu (Mm ³)	4,5		1,5	0,2
Objem vody (Mm ³)	0,4		4,5	0,45
Úsek hrádze	zemná hrádza	blokovacia (drenážna) hrádza	zemná hrádza	recipientová hrádza
Typ hrádze	budovaná proti vode	budovaná proti vode	budovaná po vode	budovaná po vode
Max. výška (m)	15	15,5	21	10
Dĺžka hrádze (m)	2030	1100	2350	800
Šírka hrádze (m)	8,3	12	7,2	6,0
Najmenšia voľná výška nad hladinou (m)	2,0	2,0	1,8	2,5
Sklon návodného svahu	1:2	1:1	1:2	1:2
Sklon vzdušného svah	1:1,5	1:3 / 1:7	1:1,5	1:1,8
Približ. objem stavebného materiálu hrádze použitého doteraz (Mm ³)	0,36	0,5	0,46	0,17
Úprava odtoku	–	preliv. výpust	2 dekanty	1 dekant

Odkalisko

- zemná hrádza

Počiatkové hrádze obsahujú homogénny morénový materiál s protieróznou vrstvou zrnitosti 0 – 100 mm. Protierózna vrstva je 1 m hrubá na vonkajšej strane a 1,5 m na vnútornej strane. Sklon svahu je 1 : 1,5 a 1 : 2 pre vzdušný, resp. návodný svah. Zvyšovania hrádze boli vykonané „po vode“ so 4 m hrubým nepriepustným jadrom z morénového materiálu. Na oboch stranách jadra je 1 m hrubá prevodná vrstva so zrnitosťou 0 – 100 mm. Protierózna vrstva je na vonkajšej strane hrubá približne 0,5 m, so zrnitosťou 0 – 100 mm. Vnútna stabilizačná a protierózna vrstva je z materiálu zrnitosti 0 – 200 mm, respektíve 0 – 500 mm. V lete roku 2002 bolo plánované zvýšenie hrádze o 2 metre „po vode“.

- blokovácia hrádza

Blokovácia hrádza je vybudovaná z kusovej hlušiny, bez nepriepustného jadra. Hrádza je navýšená „proti vode“ z materiálu zrnitosti 0 – 500 mm.

Uсадzovacia (čistiaca) nádrž

Uсадzovacia nádrž je vybudovaná zo zemnej hrádze stavanej ako konvenčná hrádza. Základná hrádza je vybudovaná z homogénneho morénového materiálu s protieróznou vrstvou z materiálu zrnitosti 0 – 100 mm. Protierózna vrstva je hrubá 1 m na vonkajšom svahu a 2 m hrubá na vnútornej strane. Sklony svahov sú 1 : 1,5 a 1 : 2 pre vzdušný svah, resp. pre návodný. Ďalšie zvyšovania hrádze boli robené zo stredu (*centerline*).

Recipientová nádrž

Hrádza v „recipientovom rezervoári“ je budovaná ako konvenčná hrádza a zvyšovaná zo stredu. Vertikálne nepriepustné jadro je na vrchu tvorené 3 m hrubým morénovým materiálom. Na oboch stranách nepriepustného jadra je 2 m hrubý filter z jemného piesku so zrnitosťou 0 – 32 mm. Z vonkajšej strany jemného filtra je hrubý filtračný materiál so zrnitosťou 8 – 64 mm. Na vrchu jadra a jemného filtra je 0,5 m hrubá horizontálna vrstva z kôry. Stabilizačná vrstva je na oboch stranách tvorená lomovým kameňom z odstrelov. Sklon vzdušného svahu je 1 : 1,8 a sklon návodného svahu je 1 : 2 (49, IRON GROUP, 2002).

V banskej prevádzke **Malmberget** je päť hrádzi:

- hrádza odkaliska,
- hrádza čistiacej nádrže,
- hrádza nádrže na biologickú degradáciu,
- hrádza rezervnej nádrže,
- hrádza vyrovnávacej nádrže.

V tomto dokumente sú popísané len dve prvé hrádze. Odkalisko, ktoré bolo vybudované v jare, pozostáva primárne z dvoch hrádzi rozdielneho tvaru, hrádza B-A a hrádza C-D-E-F. Cez dekantačnú vežu voda z odkaliska prepadá do čistiacej nádrže. Potom je voda z čistiacej nádrže čerpaná späť to úpravne. Odkalisko v prevádzke Malmberget bolo vybudované v roku 1977 a odvtedy bolo päťkrát zvyšované. Výška hrádze dosahuje 35 m. Nádrž bola plná na konci roku 2002 a bolo navrhnuté zvýšenie hrádze metódou „proti vode“. Toto zvýšenie hrádze zabezpečí ukládanie odpadu z úpravy na ďalších 25 rokov, s predpokladanou súčasnou produkciou 10,5 miliónov t za rok.

Celé odkalisko obsahuje aktuálne približne 16 miliónov t (hmotnosť sušiny) kalu z úpravy. Nasledujúca tabuľka udáva charakteristické údaje pre odkaliská (*TMF*) Malmberget. Hrádza odkaliska a čistiaca nádrž boli vybudované s využitím prírodného terénu s hlavnou hrádzou na konci údolia [49, IRON GROUP, 2002].

Tabuľka 35. Charakteristické údaje pre odkaliská a čistiacu nádrž Malmberget [49, IRON GROUP, 2002]

	Odkalisko		Čistiaca nádrž
	údolná hrádza		údolná hrádza
Typ hrádze	údolná hrádza		údolná hrádza
Plocha hrádze (styková plocha) (Mm ²)	1,8		0,12
Objem odpadu (Mm ³)	16,8		n/a
Objem vody (Mm ³)	0,4 + 1,2		0,25
Časť hrádze	b-a	c-d-e ₁ -f	j ₁ -j ₂
Typ hrádze	proti vode / po vode	po vode	zo stredu
Maximálna výška (m)	13	35	14
Dĺžka hrádze (m)	700	2 500	1 100
Šírka hrádze (m)	40	40	8,0
Najmenšie prevýšenie hrádze (m)	1,2	1,2	0,5
Sklon návodného svahu	1:2	1:2	1:1,5
Sklon vzdušného svah	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Približný súčasný objem hrádze odkaliska (Mm ³)	0,2	2,5	0,2

Odkalisko

Hrádza bola navrhnutá tak, aby preklenula šírku a zahradila vodu jazera. Vnútro tejto zahradzovacej nádrže je navrhnuté ako hrádza vybudovaná metódou zvyšovania „proti vode“ na úroveň 271 m (pozri obrázok 22). Hrádza vybudovaná metódou „proti vode“ je tvorená 7 m hrubým nepriepustným jadrom z morénového materiálu s priepustnosťou rádovo okolo $10^{-8} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Nepriepustné jadro je šikmé so sklonom 1 : 1,5. Pod a nad nepriepustným jadrom je 1 m hrubý filter so zrnitosťou 0 – 100 mm a priepustnosťou od $1 \cdot 10^{-3}$ až $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Od úrovne 271 m je hrádza budovaná metódou „po vode“ so sklonom návodného svahu 1 : 2 a sklonom vzdušného svahu 1 : 1,5. Medzi stabilizačnou prizmou a nepriepustným jadrom je 1 m hrubý filter (vyššie popísaný). Na vrchu jadra je 1 m hrubá protierózna vrstva pozostávajúca z materiálu frakcie 0/70 mm a priepustnosťou $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ [49, IRON GROUP, 2002].

Čistiaca nádrž

Hrádza čistiacej nádrže je skonštruovaná ako konvenčná hrádza so 4 m hrubým nepriepustným jadrom z morénového materiálu. Na obidvoch stranách jadra je 1 m hrubá filtračná vrstva. Na vonkajších stranách filtra je stabilizačná výplň a na vrchu je protierózna vrstva. Stabilizačný materiál aj protierózna vrstva sú zložené z hrubého, suchého odpadu z úpravne. Vonkajšie a vnútorné svahy (návodný a vzdušný svah hrádze – *pozn. prekl.*) sú upravené na sklon 1 : 1,5 [49, IRON GROUP, 2002].

V banskom závode **Steirischer Erzberg** pokrývajú odkaliská plochu o rozlohe 40 ha a skladajú sa zo šiestich odkalísk, z ktorých tri sú v súčasnosti v prevádzke. Do roku 2002 bolo celkovo uložených okolo 5,2 Mm³ (9,4 miliónov t) kalu. Celkový pohľad na banský závod je na nasledujúcom obrázku.

Obrázok 23. Steirischer Erzberg [55, IRON GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

Waste dump area – odvaly hlušiny, *Active mining area* – priestor s aktívnou ťažbou, *Tailing ponds* – odkaliská, *Processing plant* – úpravňa

Odkaliská sú vybudované na vrchu 50 až 100 m vysokých hald hlušiny a sú konštruované tak, aby boli málo priepustné. Využívajú však infiltračné plochy na odvedenie vyčistenej vody. Drenážna voda sa infiltruje cez haldu kalu a mieša sa s vodou potoka, ktorý tečie pod haldou. Nižšie je tento proces popísaný detailnejšie.

Vzdialenosť medzi úpravňou a odkaliskom je od 500 do 2 000 m. Kal je čerpaný z nadmorskej výšky 745 m do výšky 873 m, respektíve 980 m.

V prvej polovici dvadsiateho storočia slúžilo toto územie ako územie pre haldy hlušiny z banskej prevádzky. Táto činnosť pochovávala potok v tomto údolí takmer po celej jeho dĺžke. Spôsob dopravy hlušiny a pomerne veľká výška hald, mali za následok výskyt veľkého množstva rozmerných blokov na báze haldy, spôsobené triedením podľa veľkosti. Základňa haldy bola konštruovaná tak, že sa odstránila povrchová vrstva a naviezla sa podložná vrstva veľkých horninových blokov. Preto sa dosiahla dostatočná priepustnosť na odvodnenie údolia (je dodnes neporušená). Väčšina vody otekajúcej z haldy sa objavuje na konci haldy. Haldový materiál je hlavne ankerit a vápenec.

Základné konštrukčné kritériá (pre odkaliská – pozn. prekl.) boli stabilita a nepriepustnosť pre vodu. Všetky hrádze sú vybudované z karbonátových odpadov (0,15 – 120 mm) a z horninovej vrstvy bridlice („*Werfener Schiefer*“) na vnútornej strane hrádze. Tesnenie je urobené zo stlačenej vrstvy bridlice („*Werfener Schiefer*“) a kalu z úpravy, ktoré poskytujú, podľa skúseností spoločnosti, dostatočnú tesnosť. Na preukázanie vhodnosti materiálov a postupov použitých pri výstavbe hrádzí boli robené obsiahle štúdie zahrňujúce testy v laboratóriu a *in situ* (geotechnické parametre, priepustnosť, uhol vnútorného trenia a pod.). Výskumy ukázali, že stabilita hrádzového telesa je takmer nezávislá na stave kalu vo vnútri odkaliska, ak je predtým, ako sa začne vypúšťanie kalu do odkaliska, vybudovaná dostatočne účinná tesniaca vrstva zo zhutnenej bridlice a odpadov. Takže nepriepustnosť tesniacej vrstvy má veľký význam.

Počas projektovania a výstavby bol kladený dôraz na realizáciu tesniacej vrstvy a odvedenie vody z odkaliska. V závislosti na druhu materiálu, z ktorého je vybudovaná hrádza každej nádrže, je na vypustenie vody z nádrže vybrané konkrétne miesto. Tieto výpustné miesta sú 20 až 30 m dlhé a obsahujú materiály odolné proti zvetrávaniu, primeranej kusovitosti, aby sa zaručila potrebná priechodnosť [55, IRON GROUP, 2002].

3.1.4.3.3 Vývoj nových metód ukladania odpadu

V súčasnosti je v banských závodoch **Kiruna** a **Malmberget** skúmaná konštrukcia drenážnej kazetovej nádrže. Ak budú výsledky z tohto testovacieho projektu pozitívne, metóda bude modifikovaná tak, aby bola vhodná na bežné použitie. Technika je založená na gravitačnom triedení hlušiny z ťažby, ktoré sa deje vysýpaním po svahu z áut. Týmto triedením vznikne priepustná / dobre vodu odvádzajúca filtračná hrádza. Týmto spôsobom môžu byť vytvorené umelé kazety, do ktorých je hydraulicky vypúšťaný kal z úpravy. Filtračná hrádza zadrží pevné častice v kale, zatiaľ čo voda odtečie. Na zber otekajúcej vody budú okolo filtračných hrádzí vybudované zberné priekopy alebo steny. Zhromaždená voda bude nasmerovaná do existujúceho odkaliska.

Umiestnenie takýchto drenážnych kazetových nádrží v odkalisku vytvorí v odkalisku priestor činný ako usadzovacia nádrž pre suspendovaný materiál dopravovaný cez filtračnú (drenážnu) hrádu.

Isté množstvo odpadového materiálu prejde cez filtračnú hrádu do odkaliska. Toto môže mať, v závislosti na účinnosti filtračnej hrádze, za následok potrebu zvýšenia hrádze odkaliska počas plánovaného 16 ročného obdobia ukladania odpadu. Je potrebné udržiavať vysokú filtračnú účinnosť (ukladanie piesku v kazete), aby bola metóda „odvodňovaného ukladania kalu v kazetách“ životaschopná. Zvýšenie hrádze, ak bude potrebné (maximálne 1 – 2 m počas 16 ročného obdobia v závislosti na účinnosti hrádze), môže byť robené v existujúcej nádrži.

Jedna z výhod tohto odvodňovacieho postupu je, že zväčšenie pôdorysu existujúcich odkalísk nie je potrebné. A tiež, keď drenážna kazeta je „suchá“, odpad môže byť nahrnutý vyššie. Pretože je voda z naplaveného kalu odtečená, porušenie filtračnej hrádze je menej pravdepodobné. Keby však aj bola porušená, následok porušenia by bol zmenšený, lebo obsah vody je menší v porovnaní so súčasným systémom a hlušinový materiál unikajúci z kazetových nádrží by bol zachytený hrádzou súčasného odkaliska. Pri súčasnom konvenčnom hrádzovom systéme sa s hrubozrnným odpadom z úpravy narába ako s hlušinou z ťažby a je odváňaný autami na hlušinové haldy, čo je veľmi nákladné a náročné na intenzitu práce. Ekonomický prospech pre prevádzkovateľa je v tom, že pri novej metóde môže byť aj hrubý aj jemný odpad z úpravy čerpaný ako kašovitá zmes do nového odkaliska [49, IRON GROUP, 2002].

3.1.4.3.4 Bezpečnosť odkalísk a prevencia havárií

V prevádzkach **Kiruna** a **Malmberget** je vypúšťanie kalu z úpravy do odkalísk relatívne konštantné, s produkciou konštantného toku kalu z úpravy rudy. Nádrže sú kontrolované (prehliadané) niekoľkokrát za týždeň v súlade so smernicami uvedenými v prevádzkovom, inšpekčnom a údržbovom manuáli (*OIM – Operation, Inspection & Maintenance Manual*), ktorý bol vypracovaný pre tri zariadenia. Inšpekcia zahŕňa obhliadku hladiny vody v nádržiach a prelivové prepady. Všetky pozorovania sú zapisované do knihy záznamov z terénu a tak môžu byť vyhodnotené zmeny. Podľa *OIM* manuálu sú vykonávané aj mesačné a ročné inšpekcie. Inšpekcie robí prevádzkový personál niekoľkokrát za týždeň, vedúci pracovník raz za mesiac a špecialista (zvyčajne „domáci“ konzultant) raz za rok.

Podľa švédskej smernice RIDAS bola vykonaná klasifikácia všetkých hrádz nádrží podľa rizikovosti (pre ľudské životy, životné prostredie, ekonomiku a pod.) havárie vodnej stavby. Pre klasifikáciu bolo vykonané hodnotenie rizika zamerané na najhoršiu možnosť havárie vodnej stavby. Vzhľadom k tomu, že materiál, tak ako je vyššie uvedené, je chemicky stály, riziko spôsobenia environmentálnej havárie je veľmi malé.

Prevádzkové manuály (*OIM*) z prevádzok Kiruna a Malmberget sú popísané nižšie:

Všeobecný popis

V roku 2001 boli pre tri veľké odkaliská vytvorené prevádzkové, inšpekčné a údržbové manuály (*OIM*). Tieto manuály boli vytvorené preto, aby sa predišlo haváriám, alebo v prípade, že sa havária vyskytne, aby boli k dispozícii návody na konanie v havarijných situáciách a na minimalizovanie následkov pretrhnutia hrádze. Tieto tri manuály sú veľmi podobné a preto budú popísané spolu. Ďalším cieľom týchto manuálov je umožniť (uľahčiť) a podložiť budúce zmeny projektov. Manuály sú každoročne aktualizované.

Obsah týchto manuálov je nasledovný:

- projekt odkaliska,
- klasifikácia vodnej stavby podľa rizika (vrátane hodnotenia rizika),
- návrh opatrení pre zlepšenie bezpečnosti,
- prevádzkové, inšpekčné a údržbové programy a
- havarijný plán (*EPP – Emergence Preparedness Plan*) pre prípad porušenia hrádze.

Stav hrádzí počas prevádzky môže byť klasifikovaný v štyroch stupňoch:

- 1) normálna prevádzka, kde nie sú žiadne indikácie zmien prevádzkových podmienok,
- 2) obmedzená prevádzka, kde môžu byť nejaké indikácie puklín v hrádzi, silné zrážky alebo zvýšený objem prevádzkovej vody a pod.,
- 3) narušená prevádzka, keď je nezvyčajne vysoká hladina vody v nádržiach, zreteľné poruchy (praskliny) a unikanie vody,
- 4) havarijný stav, kedy je pravdepodobnosť zastavenia prevádzky.

V nasledujúcich odstavcoch sú popísané monitorovacie / inšpekčné programy hrádzí a havarijné plány (EPP).

Monitoring a inšpekcie odkalísk

Freatická (voľná) hladina je monitorovaná v zvislých sondách (rúrach) umiestnených vo vybraných častiach rôznych hrádzí. V hrádzi odkaliska Kiruna je 9 sond, v Svappavaarra je 53 sond a v Malmberget sú 4 sondy v hrádzach odkaliska. Merania sa robia manuálne, raz za mesiac pokiaľ sú hodnoty stabilné, inak častejšie. Klimatické údaje sú získavané z meteorologickej stanice na najbližšom letisku.

OIM manuály popisujú kritické parametre na prevádzku, inšpekciu a údržbu. Tieto zahŕňujú, okrem manuálov pre hrádzu, aj manuály pre dekanty a výpusty, systémy na vypúšťanie kalov, odvádzacie kanály búrkovej vody a pod. Tieto manuály odporúčajú pravidelné inšpekcie zaškoleným personálom trikrát za týždeň, kde sú skúmané zmeny ako je erózia svahov, presakovanie, prenos materiálu priesakovou vodou, čo indikuje vnútornú eróziu. Všetky pozorovania z týchto prehliadok sú zapísané do terénneho zápisníka. Manuály vyžadujú stretnutia OIM personálu raz za týždeň, kde sa informácie zozbierané počas týždňa prezentujú a prediskutujú a ak je to potrebné robia opatrenia na zlepšenie bezpečnosti. Na zhodnotenie bezpečnosti hrádzí a identifikovanie akýchkoľvek možných zlepšení na udržanie vysokej úrovne bezpečnosti sa robia mesačné inšpekcie. Tieto inšpekcie majú byť vykonávané osobou zodpovednou za odkalisko, spoločne s technickým personálom. Okrem vizuálnej prehliadky sa robia merania v zvislých sondách, merania presakujúcej vody, merania hladiny vody v odkalisku a podobne.

Špecialista vykonáva ročnú inšpekciu (audit). Pri tejto inšpekcii sú posúdené všetky terénne záznamy a mesačné správy z inšpekcie. Vykonáva sa aj vizuálna prehliadka. Správa z tejto inšpekcie sumarizuje všetky merania zozbierané počas roka, hodnotí výsledky a navrhuje možné opatrenia alebo úpravy hrádzí, denných a mesačných inšpekcií. Ročná inšpekcia tiež posudzuje a hodnotí prevádzkové údaje odkaliska a údaje o údržbe. Boli vypracované havarijné plány (EPP) pre štyri stupne prevádzkových podmienok, uvedených vyššie. Tieto stupne prevádzkových podmienok vyžadujú rozdielne reakcie, ktoré sú zosumarizované nižšie.

1) *Normálna prevádzka*: Postupuje sa podľa predpísaných postupov pre bežnú prevádzku podľa prevádzkového (OIM) manuálu.

2) *Obmedzená prevádzka*: Keď okolnosti indikujú zvýšené riziko novej havárie hrádzu, ako sú zvýšené presakovanie, nezvyčajne vysoká hladina vody v nádrži a podobne, je zariadenie častejšie kontrolované (každý druhý deň alebo každý deň), aby sa zhodnotilo, či sa podmienky zlepšujú alebo zhoršujú. Osoba zodpovedná za bezpečnosť hrádzu zapisuje všetky pozorovania do terénneho zápisníka.

3) *Narušená prevádzka*: Ak sú veľké zmeny na hrádzach, vážnejšie ako vyššie popísané, napr. extrémne počasie, silná erózia, vnútorná erózia alebo erózia pozdĺž dekantačných (odpúšťacích) priepustov, veľké trhliny, jamy po poklesoch alebo usadeniny, vtedy je prevádzka klasifikovaná ako „narušená prevádzka“. V tomto stupni sa vyžadujú preventívne opatrenia. Prevádzkový (*OIM*) manuál popisuje možné scenáre a odporúčané opatrenia pre tieto scenáre a odporúča konzultácie so špecialistom, ak je to potrebné. Všetky pozorovania a opatrenia majú byť osobou zodpovednou za bezpečnosť hrádzí podrobne popísané v terénnom zápisníku.

4) *Havária*: V prípade, že sa stane havária, je pravdepodobné dočasné zastavenie banskej prevádzky. Bol vytvorený akčný plán na pomoc pri rozhodovaní, ako aj externý a interný telefónny zoznam. Po nehode musí byť vypracovaná správa, ktorá obsahuje dôvod nehody a aké činnosti boli vykonané na zmiernenie nehody.

Pre bezpečnú prevádzku odkalísk na vrchole odvalov kalu v banskom závode **Erzberg** je prevádzkovaný rad monitorovacích a kontrolných opatrení zameraných na kritické parametre. Pravidelne sledované parametre sú nasledovné:

- hladina povrchovej vody v hrádzach (piezometrické merania),
- hladina vody v nádržiach,
- merania poklesov (zameranie).

Stanovené a prevádzkové pokyny zahŕňujú:

- vizuálne pozorovania,
- kontrolu odvodnenia a dokumentácia porúch drenážneho systému a jeho údržby,
- monitoring vody,
- monitoring stability hrádze zameriavaním fixných bodov,
- monitoring hladín vody medzi hrádzami.

Kvalita vody je pravidelne analyzovaná na vzorkovacích miestach určených orgánmi štátnej správy a interné analýzy kvality vody sú vykonávané podľa potreby. Ale vzhľadom k tomu, že vypúšťané odpady z úpravy sú kvalifikované ako bezpečné z geochemického a environmentálneho hľadiska, environmentálny monitoring bude mať len dokumentačný a preventívny charakter [49, IRON GROUP, 2002].

3.1.4.3.5 Uzavretie úložisk a následná starostlivosť

Regulačným orgánom ešte neboli predložené na schválenie plány na uzavretie troch veľkých odkalísk v prevádzkach **Kiruna** a **Malmberget**. Plán uzavretia bude vypracovaný v spolupráci s miestnymi a regionálnymi orgánmi. Tie časti odkalísk, ktoré môžu byť trvale uzavreté pred uzavretím banského závodu, budú zakryté a zazelenené. V prípade, že sa vytvorí vodná nádrž, môže byť uskutočnené čerpanie vody a preradenie do inej kategórie.

V prevádzke **Erzberg** boli uzavreté niektoré malé odkaliská. Pre vodné nádrže neexistuje žiadny schválený plán uzavretia, boli však robené štúdie a vytvorené koncepty. Doteraz používaná metodika pre uzavreté odkaliská bolo odvodnenie a pokrytie zeminou s následným zazelenením. Úspešne bolo vykonané aj zazelenenie priamo na odvodnených kaloch. Tieto opatrenia efektívne eliminujú emisie prachu z odkalísk. Kontaminácia vody nie je problém (ako ukázalo 30 ročné monitorovanie), pretože hlušina z úpravy je chemicky stála a pri úprave rudy sa nepoužívajú žiadne reagenty. Uzavreté nádrže sú priebežne kontrolované a zameriavané. Alternatívne použitie odpadového materiálu sa v súčasnosti skúma.

3.1.4.4 Nakladanie s hlušinou z ťažby

Dve z opisovaných banských prevádzok sú podzemné bane (**Kiruna** a **Malmberget**). Dôsledok toho je, že len malé množstvo skutočnej hlušiny z ťažby, tak ako je definovaná v tomto dokumente, je vydolované z otvárkových diel. K hlušine však patrí aj odpad zo suchej separácie, pretože nakladanie s týmto hrubozrnným odpadom sa viac podobá nakladaniu s hlušinou z ťažby ako s kalom z úpravy. V prevádzkach **Kiruna** a **Malmberget** je hrubý odpad z úpravy dopravovaný na bežiacom páse do zásobníka a odtiaľ vyklápacími nákladnými autami prevážaný na takzvané „hlušínové“ zariadenie (odval). Hrubý odpad z úpravy je vysypávaný na kopy vysoké približne 15 m s prirodzeným uhlom sklonu svahov. Týmto spôsobom riadia tieto dve prevádzky nakladanie s približne 12 miliónmi t hlušiny ročne.

V prevádzke **Erzberg** sa ukladá 1,9 miliónov t hlušiny ročne, z toho je 0,7 milióna t hrubého odpadu z úpravy v ťažkých kvapalinách a 1,2 milióna t skutočnej hlušiny z ťažby, ktorá prichádza priamo z povrchovej bane.

3.1.4.4.1 Nakladanie s hlušinou

Hlušina v bani **Malmberget** (hrubý odpad z úpravy) nie je charakterizovaná, avšak hlušina z lokality **Kiruna** bola testovaná na vylúhovateľnosť a acidobázickú bilanciu (ABA) (okrem charakteristiky rudy a materskej horniny počas prieskumu). Podrobné mineralogické analýzy a analýzy stopových prvkov boli už skôr popísané v časti pre kal z úpravy (pozri vyššie). Boli robené aj testy na zhodnotenie množstva nevybuchutej trhaviny, ktorá zostala v hlušine z bane. Skúšky na vylúhovateľnosť a acidobázickú bilanciu ukázali, že jemnejšia frakcia hlušiny (z triediacej linky) má najvyšší obsah sulfidov (1,4 – 3 hm. % S). Neutralizačná kapacita kalcitu je však väčšia ako kyselinotvorný potenciál zo sulfidov.

Vykonané vylúhovacie testy (t. j. kolónové testy humidity) ukazujú, že kyselina vytváraná oxidáciou sulfidických minerálov je neutralizovaná kalcitom. Výskum tiež ukázal, že silikátové minerály prítomné v testovanom materiáli tiež pôsobia ako neutralizátory. Vylúhovacie testy ukazujú, že kyselina sírová, kalcium a magnézium sú hlavné zložky, ktoré sa vylúhujú z odpadu. Nitrátové / amoniakové vylúhovacie testy indikujú, že dusičnan amónny, ktorý zostal z nevybuchnutých trhavín je ľahko vylúhovateľný a je z banského kalu prednostne vylúhovaný prvou infiltrovanou dažďovou vodou.

Geotechnicky je hlušina stabilná. Hrubozrnnosť materiálu a vysypávanie z áut stabilizujú materiál počas ukladania. V severnom švédskom sub-alpínskom podnebí je chemické zvetrávanie veľmi pomalé. Vytváranie ílovitých minerálov ako následok zvetrávania je extrémne pomalé, a preto sa neuvažovalo so žiadnou inou metódou ukladania hlušiny.

Na území závodu **Erzberg** nepreukázala hlušina žiadne znaky vylúhovania a mineralogicky bola charakterizovaná nasledovne:

- ankerit,
- vápenec,
- bridlica („*Verfener Schiefer*“, „*Zwichenschiefer*“): kremeň 46 %, dolomit 14 %, hematit 6 %, slúda 4 %, živec 0,18 %, pyrofylit 30 %,
- porfyroid (malé množstvo): slúda 8 %, kremeň 63 %, živec 5 %, chlorit 25 %,
- kusovitost': 0 – 1 500 mm.

Ankerit, vápenc a porfyroid sú celkom odolné proti zvetrávaniu. Na druhej strane bridlice vykazujú dosť vysoký stupeň zvetrávania, hlavne kvôli miestnym poveternostným podmienkam [55, IRON GROUP, 2002].

3.1.4.4.2 Aplikované techniky riadenia

Pred výstavbou zariadení na nakladanie s hlušinou (t. j. odvalov – *pozn. prekl.*) v dvoch banských závodoch neboli robené žiadne základné štúdie. Avšak na jednom mieste bol realizovaný progresívny projekt založený na prieskume staveniska (územia). Polohy všetkých úložísk (hald a odkalísk) boli vybrané tak, aby boli tak blízko bane aj úpravne, ako je to prakticky a technicky možné. Na dvoch miestach je zariadenie na nakladanie s hlušinou umiestnené blízko úpravnickeho závodu a zasahuje až do vyťažených povrchových dobývok. Počas krátkeho obdobia bol na jednom mieste hrubý odpad zo suchej magnetickej separácie vyvážený systémom bežiacich pásov do vyťažených povrchových priestorov. Toto sa už pre praxnosť nevykonáva.

V baniach **Kiruna** a **Malmberget** sa hlušina z ťažby ukladá na tenkú vrstvu zeminy alebo priamo na skalný podklad. Skalný podklad je tvorený hlavne vulkanickými horninami, trachytmi, trachy-andezitmi, ryolitmi, a ryodacitmi. Tieto horniny sú veľmi vhodné (malé riziko zrútenia sa z dôvodov poddolovania) [49, IRON GROUP, 2002].

V bani **Erzberg** je kvôli vysokohorskej polohe obmedzený priestor. Predchádzajúca halda hlušiny (odval) bola v prevádzke do polovice dvadsiateho storočia. Po uzavretí bolo na tomto haldovom území vybudované odkalisko. Pretože kapacita haldy je vyčerpaná, je potrebné nájsť nové miesta na ukladanie hlušiny. Na základe prieskumu vykonaného prevádzkovateľom a v úzkej spolupráci s miestnou komunitou, vlastníkmi pozemkov a príslušnými úradmi bolo určené nové územie na haldu hlušiny. Táto nová halda hlušiny sa nachádza v malom údolí blízko banskej prevádzky. Potôčiky v tomto údolí boli prekryté haldou, s dôrazom na zaistenie dostatočnej priepustnosti pre vodu. Hlina a rozvoľnená hornina boli odstránené až na pevné podložie. Táto vrstva je priepustná a leží na nepriepustnom podloží, skladajúcom sa z bridlíc a porfyritov. V údolí sú podložnými horninami porfyrity, ílovité bridlice a karbonáty. Celková plocha haldy je okolo 400 ha. Do roku 2002 bolo na tomto mieste uložených okolo 550 miliónov t hlušiny. Najväčšia výška haldy dosahuje 1 230 m n. m., päta koncovej haldy je vo výške 821 m n. m.. Skládku kalu sa skladá z niekoľkých haldových plôch a má veľké výškové rozpätie, viac ako 400 m. Maximálna výška jednotlivého svahu haldy je 70 m. Koncová halda, ktorá je situovaná v najnižšej časti údolia, má výšku 147 m. Lineárna vzdialenosť od ťažobných stien k haldám kolíše medzi 500 a 1 500 m. Dopravná vzdialenosť pre dopravu nákladnými autami je do 3 km [55, IRON GROUP, 2002].

Projektovanie a výstavba

Ako bolo spomenuté vyššie, vzhľadom na tvar terénu v oblasti, musel banský závod Erzberg umiestniť úložiská odpadu do údolia. Vzhľadom na špecifickú polohu tohto odvalu bola plánovaniu a prevádzke zariadenia na ukladanie kalu venovaná zvláštna pozornosť vzhľadom na nasledovné skutočnosti:

- ukladanie na horskom svahu,
- ukladanie ponad potôčiky,
- vzdialenosť k obyvateľom,
- alpínske (vysokohorské) poveternostné podmienky.

Pri príprave projektu boli brané do úvahy tri kľúčové faktory:

- terénne (základové) podmienky (geologické, hydrogeologické),
- charakteristika odpadu,
- spôsob nakladania s odpadom.

Boli prediskutované početné posudky (názory) týkajúce sa ťažby, základových pomerov, geológie a hydraulických systémov. Vyhodnocované boli nasledovné otázky:

- eliminácia erózie a zabezpečenie stability svahov haldy,
- vyhnutie sa akumulácii vody za a vo vnútri hald,
- prietok vody cez haldy pri vysokých vodných stavoch,
- kvalita priesakovej vody.

Koncept pre projektovanie a výstavbu zariadenia na nakladanie s hlušinou bol vytvorený externým konzultantom. Podľa vypracovaného konceptu je spodná vrstva haldy (na báze údolia) zložená z veľkých blokov karbonátových hornín. Pre prípad 100-ročnej vody bol navrhnutý taký priečny prierez tejto vrstvy, aby mohla voda bez problémov presakovať cez haldu bez zvyšovania hydrodynamického tlaku. Okrem toho bol zodpovedným orgánom realizovaný rozsiahly testovací program. Počas dvoch ročných období boli vykonané penetračné skúšky, ktoré ukazujú, že môže byť vytvorený maximálny prietok vody, ak bude základ haldy vybudovaný tak, ako bolo navrhnuté. Na základe stanovísk špecialistu bol prieskum zariadenia na nakladanie s hlušinou z ťažby schválený banskou správou v roku 1969. Súhlas (schvaľovací protokol) obsahuje sériu prísnych záväzkov s ohľadom na projektovanie a prevádzku vrátane nasledovných bodov:

- ❖ Pred ukladaním na odvalu musí byť podložie očistené od vegetácie, stromov, koreňov a zeminy.
- ❖ Po dokončení nesmie byť uhol sklonu generálneho svahu väčší ako 31°.
- ❖ Priečny prierez bočných priekop na odvedenie vody musí byť dostatočne veľký, aby odviedol zrážkovú vodu zo svahov.
- ❖ Celá spodná vrstva haldy musí byť vybudovaná z blokov karbonátových hornín veľkosti medzi 400 – 1 000 mm a musí byť najmenej 1,5 m vysoká.
- ❖ V priestore dna bývalých potôčikov musia byť použité bloky horniny veľkosti najmenej 700 mm.
- ❖ V navrhnutých výpustných zónach musia byť použité len karbonátové horniny.
- ❖ V časti päty hrádze smerom k údoliu musí byť vybudované výpustné teleso kolmo na údolie.
- ❖ Musí byť zavedený vhodný monitorovací systém na kontrolu hladiny vody v halde.
- ❖ Musí byť dobre zdokumentovaný celkový priebeh prác a jednotlivé fázy výstavby hrádze.

Projekt výstavby aj uzavretia úložiska vypracovaný v roku 1996 bol vyhodnotený externým špecialistom. Audit preukázal, že všetky požiadavky úradov boli dodržané a neboli zistené žiadne nestability svahu haldy. Haldy boli naprojektované tak, aby mohol potok tiecť popod ne. Okrem tohto je hlavný faktor pre projekt odvalu dopravná vzdialenosť od dobývacieho poľa. Tak ako je popísané vyššie, hlušina z ťažby a odpad zo suchej magnetickej separácie sú odváňané na autách a vysypané na haldovom hospodárstve. Vysypávanie kalu tvorí svahy s prirodzeným uhlom sklonu, ďalšie zmeny svahov sa nerobia. Toto je historický spôsob ukladania hlušiny. Pretože sa berie do úvahy, že materiál má len nepatrný vplyv na povrchovú a podzemnú vodu, alebo okolitú zeminu, nerobili sa žiadne zmeny týchto postupov.

Často sa prehodnocuje využitie dopravných pásov alebo hydraulická doprava namiesto dopravy autami. Doteraz sa však doprava autami považuje za najefektívnejší a najekonomickejší spôsob dopravy hlušiny [55, IRON GROUP, 2002].

Prevádzka

Ukladanie hlušiny je podobné na všetkých miestach. Hlušina je autami dopravovaná z lomových stien na rôznych etážach (úrovniah) cez systém rámp na jednotlivé haldy (odvaly). Materiál je z auta priamo vysypaný na svah haldy alebo na vrch haldy. V banskom závode **Erzberg** kolíšu výšky hald medzi 40 a 70 m. Pri tomto spôsobe haldovania budú mať svahy hald sklon medzi 33° a 38°. Celkový generálny sklon svahu sa udržuje menší ako 28° [55, IRON GROUP, 2002].

V prevádzkach **Kiruna** a **Malmberget** sú haldy budované ako 15 m vysoké násypy. Spôsob nasypávania autami má za následok triedenie materiálu, kde sa väčšie úlomky zguľajú na spodok svahu, zatiaľ čo menšie úlomky sa usadzujú vyššie po svahu. Toto sa využilo pri projektovaní jednej z hald, tak ako je vyššie popísané, aby sa umožnil tok potoka popod haldu. Okrem toho je pravdepodobné zžutnenie vrchu každej vyvýšeniny spôsobené jazdou vyklápacích áut. Neskoršie sa môže uskutočniť prirodzené zžutnenie hlbších častí odvalov. Ani jedno z týchto rozdielnych zžutnení významne neovplyvní prietok vody.

Väčšina zrážkovej vody, ktorá padne na odval pravdepodobne stečie vertikálne cez haldu. Keď infiltrčná voda prenikne cez haldu, časť vody presiakne do podzemnej vody a časť bude tiecť po skalnom podloží a bude viditeľná ako výver na päte odvalu. Je bežná prax, že sa na päte odvalu budujú priekopy na usmerňovanie presakujúcej vody. Na jednom mieste však presakujúca voda tečie priamo do potoka, ktorý tečie pod haldou [49, IRON GROUP, 2002].

3.1.4.4.3 Bezpečnosť odvalov a prevencia havárií

V dvoch banských závodoch je hlušina považovaná za chemicky aj geochemicky stabilnú, preto nie sú zavedené monitorovacie systémy úložísk. V prevádzke, kde popod odval tečie voda, je vypracovaný monitorovací plán zahrňujúci geotechnický monitoring (zameriavanie, piezometrické merania) a environmentálny monitoring.

3.1.4.4.4 Uzavretie odvalov a následná starostlivosť

Ako súčasť povolenia pre úložisko ťažobného odpadu, pripravila jedna spoločnosť plán uzavretia. Ako už bolo vyššie spomenuté, odvaly sú navrhnuté ako 15 m vysoké násypy. Hlušina na vrchole každého násypu je presúvaná dovnútra zanechávajúc na okraji 30 m lavicu. Rekultivačná koncepcia je zameraná na zazelenenie lavíc navezením zeminy a rozsiatím semien zodpovedajúcich druhovej skladbe miestnej prirodzenej vegetácie. Na hrane každej lavice bude vybudovaná kamenná lavička. V počiatočných fázach rekultivácie budú zelené plochy zavlažované, ale neskôr to už nebude potrebné.

Vrchná časť odvalu sa bude skláňať zo stredu k okrajom. Na vrch každého odvalu bude navezená vrstva suchého a hrubého odpadu z magnetickej separácie hrúbky 0,5 – 0,7 m. Na povrch tohto hrubého odpadu sa odporúča naviezť vrstvu zeminy hrubú 0,2 m. Do zeminy bude pridaný aj organický materiál na povzbudenie rastu.

V inom banskom závode rozsah rekultivačných opatrení, ktoré sa majú robiť po uzavretí úložiska, bude špecifikovaný v príslušnom povolení zodpovedných úradov. Tieto opatrenia sú rozdielne pre rôzne územia a zahŕňajú terénne úpravy a zalesnenie.

Tieto opatrenia bude náročné zrealizovať vzhľadom na lokálne podmienky charakterizované:

- nedostatkom minerálnej pôdy,
- deficitom živín (hlavne karbonátov),
- hrubou úlomkovitosťou substrátu (spôsobenou dobývacou metódou a odolnosťou proti zvetrávaniu),
- teplotným gradientom a
- strmými svahmi.

Kvôli týmto problémom banská spoločnosť iniciovala výskumný projekt so špecialistami (biológmi, odborníkmi na rekultiváciu, lesníkmi, banskými inžiniermi), aby vyvinuli zlepšené rekultivačné metódy špecifické pre konkrétne miesto. Ďalším dôležitým cieľom je vytvoriť pre rekultiváciu špecifickú vegetáciu, ktorá bude dlhodobo udržateľná. Pomocou testovania počas trojročného obdobia boli vybrané najpriateľnejšie rekultivačné metódy. Po šesťročnom pozorovaní vegetačného procesu je jasné, že je možná udržateľnosť rekultivačných opatrení. Preto má teraz spoločnosť know-how na realizáciu rekultivácie s vysokým potenciálom úspešnosti a zároveň ekonomicky prijateľnú. Pozorované a zdokumentované efekty progresívnej rekultivácie hľadajú kalu sú:

- zlepšenie vodnej bilancie (presakovanie a intenzita povrchového odtoku),
- vizuálne zlepšenie úložísk,
- rozšírenie biotopov pre flóru a faunu,
- zlepšenie biodiverzity územia.

Plánuje sa, že vyvinuté metódy budú použité aj pre územia, ktoré sú v súčasnosti v prevádzke. Dlhodobé sledovanie odvalov sa skladá z častého monitorovania línie priesakov koncovej hrádze.

3.1.4.5 Súčasná úroveň emisií a spotreby

Všetky prevádzky dodržiavajú platné monitorovacie programy schválené kompetentnými úradmi.

Prevádzkovateľ banských závodov **Malmberget** a **Kiruna** zaviedol environmentálny monitorovací systém na sledovanie emisií. Program obsahuje popisy vzorkovacích postupov, analýz a vykazovania pre environmentálne riadenie. Sú tu inštrukcie a postupy v rámci prevádzkového poriadku, ktoré detailne popisujú vzorkovanie.

Monitoring sa robí podľa nasledovného minimálneho protokolu:

- Kontrola odtoku na jednom vzorkovacom mieste najmenej desaťkrát za rok. Stanovenie zahŕňa pH, uhličitany, nitráty, fosfor, hydrouhličitan a kovy.
- Kontrola recipientu sa robí na dvoch vzorkovacích miestach a na jednej referenčnej lokalite (pre zistenie požadovaných hodnôt) najmenej šesťkrát za rok. Stanovenia zahŕňujú pH, uhličitany a fosfor.
- Environmentálny prieskum recipientu a jeho okolia sa robí každé tri až päť rokov. Tento prieskum pozostáva hlavne zo sedimentologických a biologických hodnotení.
- Hodnotenie zátopovej priľovej vody z usadzovacej (čistiacej) nádrže sa robí priebežne [49, IRON GROUP, 2002].

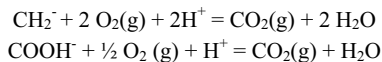
3.1.4.5.1 Nakladanie s vodou a činidlami

V banskom závode **Kiruna** bol v roku 2001 celkový vstup vody do úpravne 61 Mm³. Z toho bol 3 Mm³ zachytený povrchový odtok, 9 Mm³ banská voda a zvyšných 49 Mm³ bola znovu použitá voda z usadzovacej nádrže. Na 23 miliónov t rudy spracovanej v roku 2001 bolo na úpravu 1 t rudy použitých 2,6 m³ vody. Z tejto vody je 80 % recirkulovanej vody z nádrže [51, IRON GROUP, 2002].

Pri flotácii v úpravni Kiruna sa za rok spotrebuje nasledovné množstvo činidiel:

- zberač: masťná kyselina - 290 t,
- depresant: kremičitan sodný - 1 500 t, obsahujúci 94 t Na a 194 t Si,
- penidlo: hydroxid sodný - 60 t, obsahujúci 35 t Na.

Masťná kyselina pochádzajúca z flotačného procesu, ktorá odchádza do odpadu z úpravy, sa rovná množstvu 250 t.rok⁻¹ (86 % celkovej spotreby) z čoho je približne 63 % uhlík z metylovej skupiny a 27 % uhlík z karboxylovej skupiny. Masťné kyseliny sú naviazané na minerálne fázy a sú dopravované do odkaliska kde sa usadzujú a rozkladajú. Úplný aeróbný rozklad môže byť vyjadrený nasledovnými vzorcami:



Okrem odvodňovacej priekopy okolo častí hald sa dažďová voda z povrchového odtoku a presakovania nezhrádza. V týchto dvoch prípadoch priesaková voda tečie prirodzene do odkalísk.

V prevádzke **Erzberg** používa úpravňa 90 % vody recirkulovanej zo šnekových triedičov. Drenážna voda z odkalísk presakuje cez haldu jaloviny a odteká do potoka, ktorý tečie popod haldu. V úpravárenskom procese sa nepoužívajú žiadne chemikálie. Odpadové kaly sú inertné a ich vylúhovanie alebo zvetrávanie je bezvýznamné.

Žiadna z týchto prevádzok nemá uzavreté bilancie vody. V prevádzke Kiruna bol však, ako súčasť prieskumu podzemnej vody na stanovenie množstva kontaminantov, ktoré vtekajú do jazera, vypočítaný prítok drenážnej vody z odvalu do tohto jazera približne 1,13 Mm³ za rok.

3.1.4.5.2 Emisie do ovzdušia

Najväčšie problémy s prachom na odvaloch sa vyskytujú v suchých dňoch a pochádzajú z drvenia, dopravy a vysypávania hlušiny. Vtedy sa na redukovanie tohto problému dopravné cesty kropia vodou a vysypávanie na miestach oproti obývaným územiám je počas suchých a veterných dní zastavené. V jednej prevádzke plochu otvorených odvalov minimalizuje progresívna rekultivácia (tým aj možné prachové emisie).

Nádrže v prevádzke **Erzberg** sú udržiavané zaplavené alebo nasýtené vodou. Toto je možné vďaka vysokohorským poveternostným podmienkam, kde je:

- vysoký úhrn zrážok okolo 1 200 mm za rok,
- krátke letné obdobie a
- ochrana proti vetru vytvorená blízkymi vrchmi.

V bankých závodoch **Kiruna** a **Malmberget** sa okolo troch prevádzok v blízkosti obývaných území robí na niekoľkých miestach nepretržité vzorkovanie častíc prachu vo vzduchu. Počas zimy sa na vzorkovacích miestach odoberá sneh na analýzu prachových častíc.

Testovanie vzdušných imisií na troch miestach počas posledných pár rokov ukazuje, že doteraz namerané množstvo pevných častíc bolo menšie ako 220 g (100 m² x 30 dní) pre osídlené územia v Kirune, 18 – 220 g v Malmberget a < 220 g v Svappavaarra. Pevné častice zachytené pri týchto testoch pochádzajú najmä z iných častí bankého závodu a nie z odkalísk. Na niekoľkých odborných miestach sa počas zimy robia odbery vzoriek snehu. Tieto vzorky sa analyzujú na vzdušné častice a správy sa podávajú raz ročne.

3.1.4.5.3 Emisie do vody

V prevádzke **Erzberg** je monitorované vypúšťanie vody. Neboli zistené žiadne negatívne vplyvy na kvalitu vody pod prevádzkou a neboli prekročené žiadne prahové hodnoty. Čo sa týka iných miest, emisie do vody sú rozdielne pre každú z týchto veľkých prevádzok. Nasledujúce časti poskytujú popis každého z týchto miest. Na vyhodnotenie prenosu nitrátu z úložiska hrubého odpadu z úpravy sú odoberané vzorky podzemnej vody.

V prevádzke **Kiruna** je ročne vypúšťaných zo sedimentačnej nádrže do systému povrchových vôd približne 9 Mm³ vody. Priemerný ročný prietok je približne 16,8 m³.min⁻¹. Počas roka je prietok veľmi variabilný a riadi sa podľa prírodného odvodňovacieho cyklu, s istým časovým oneskorením. Celkové množstvo nitrátu a fosforečnanu vypustené v roku 2001 bolo 116 t, resp. 251 kg, čo je v rozsahu množstiev vypúšťaných počas posledných desiatich rokov. Výpustné koncentrácie pre nitrát sú približne 13 mg.l⁻¹ a pre fosforečnan približne 0,03 mg.l⁻¹ (priemerné koncentrácie za rok). Nitrát pochádza z nevybuchnutých trhavín a fosforečnan pochádza z rudy. Tabuľka 36 zobrazuje kompletnú analýzu vypúšťanej vody z tohto miesta.

Zo zariadení v Svappavaarra zvyčajne nie je žiadny alebo len nepatrný priamy odtok prevádzkovej vody do vodného systému recipientu (okrem presakovania cez hrádze). V roku 2000 bolo za obdobie od 23. mája do 14. júna oznámené vypustenie 130 000 m³ vody kvôli nezvyčajne vysokej hladine vody v usadzovacej nádrži. V spojitosti so zariadením na ukladanie odpadu z úpravy sa na štyroch miestach vykonáva časté vzorkovanie kvality vody.

Kvalita vody v odkaliskách je v súlade so švédskymi a európskymi normami kvality vody. Voda z odkalísk sa vypúšťa do usadzovacích (čistiacich) nádrží. Prebytočná voda z usadzovacích nádrží sa používa, alebo ako prevádzková voda, alebo na dopravu odpadu z úpravy na odkaliská. Prebytočná voda z tohto okruhu sa v súlade s povoleniami na vypúšťanie vypúšťa do rieky. V roku 2000 bolo približne 80 % prebytočnej vody, ktorá sa dostala do usadzovacej nádrže znovu použitých v úpravni a 20 % bolo vypustených do rieky. Množstvo vypustenej vody je 16,7 m³.min⁻¹ (ročný priemer). Vody vypúšťané do riečného systému na všetkých troch zariadeniach v Malmberget a Kirune sú hodnotené podľa Švédskej agentúry na ochranu životného prostredia ako vody s nízkymi koncentraciami.

Zo zariadenia Malmberget bolo vypustených do rieky približne 6 168 m³ vody. Vypúšťaná voda a voda v recipiente bola monitorovaná a celkové množstvo vypustených zložiek sa ročne vyhodnocuje. Prevádzková voda tvorí približne 2 % celkového prietoku v rieke.

Tabuľka 36. Priemerné koncentrácie vo vypúšťanej vode z úložiska hlušiny po úprave železnej rudy do povrchovej vody v roku 2001

Parameter	Koncentrácia	Jednotka	Parameter	Koncentrácia	Jednotka
Al	10,7	µg.l ⁻¹	Mg	20,05	mg.l ⁻¹
Alifatické zlúčeniny	<0,1	mg.l ⁻¹	Mn	32,36	µg.l ⁻¹
Aromatické zlúčeniny	<0,2	mg.l ⁻¹	Mo	53,94	mg.l ⁻¹
As	0,59	µg.l ⁻¹	Na	80,37	mg.l ⁻¹
Ba	31,35	µg.l ⁻¹	Ni	0,92	µg.l ⁻¹
Ca	160,7	mg.l ⁻¹	NO ₃ -N	11,33	mg.l ⁻¹
Cd	0,009	µg.l ⁻¹	P	25,54	µg.l ⁻¹
Cl	123,8	mg.l ⁻¹	Pb	0,0429	µg.l ⁻¹
Co	0,18	µg.l ⁻¹	Ph	8,03	-
Cr	0,049	µg.l ⁻¹	S	141,1	mg.l ⁻¹
Cu	1,79	µg.l ⁻¹	Si	3,684	mg.l ⁻¹
F	1,71	mg.l ⁻¹	SO ₄	431,2	mg.l ⁻¹
Fe	0,049	mg.l ⁻¹	Sr	551,1	µg.l ⁻¹
HCO ₃	1,10	mmol	Rozptýlené častice	3,14	mg.l ⁻¹
Hg	<0,002	µg.l ⁻¹	Celkový-N	12,77	mg.l ⁻¹
K	35,1	mg.l ⁻¹	Celkový-P	0,0274	mg.l ⁻¹
Vodivosť	139,7	mS.m ⁻¹	Zákal	1,871	norm. škála
			Zn	0,924	µg.l ⁻¹

Na jednom zo zariadení bol vykonaný detailný prieskum podzemnej vody, aby sa vyhodnotil transport kontaminantov z úložiska ťažobného odpadu do blízkeho jazera. Boli vyvítané štyri monitorovacie vrtý (studne) hĺbky 2,5 – 3 m a voda bola počas leta niekoľkokrát vzorkovaná. Štúdia ukázala, že z ložiska je podzemnou vodou transportované len nepatrné množstvo zložiek. To je spôsobené vysokou neutralizačnou kapacitou hlušiny a sorpčnou kapacitou vodonosnej vrstvy.

Prevádzka **Erzberg** má priame vypúšťanie drenážnej vody z hald kalu. Po tridsiatich rokoch monitorovania povrchovej vody neboli zistené žiadne škodlivé vplyvy na jej kvalitu.

3.1.4.5.4 Kontaminácia pôdy

V banských závodoch **Kiruna** a **Malmberget** sa robí pravidelné vzorkovanie pôdy (približne každých päť rokov). Zámer tohto monitoringu je zistiť akúkoľvek kontamináciu pochádzajúcu z atmosférického spádu. Prieskum zahŕňa analýzy / vyhodnocovanie vzoriek lišajníkov rastúcich na zemine v okolí banských zariadení (v rôznych vzdialenostiach a rôznych smeroch). Prieskum sa zameriava na koncentrácie kovov. Výsledky tohto prieskumu sa porovnávajú s regionálnymi výskumami vykonávanými kompetentnými úradmi.

Pre systém odkalísk bola vypočítaná hydrologická bilancia zahŕňajúca:

- priame zrážky,
- povrchový odtok,
- vypúšťanie prevádzkovej vody,
- spätné čerpanie prevádzkovej vody,
- vyparovanie,
- vypúšťanie do riečneho systému,
- vodu dopĺňajúcu podzemné vody a presakovanie cez hrádze.

Podľa tejto bilancie je odhadovaný tok z priestoru odkaliska¹⁶ do podzemnej vody $2 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Pri tomto čísle je však vysoká neistota, pretože niekoľko parametrov sa nedá zmerať a musia byť odhadované. Hydrogeologické štúdie na zhodnotenie dotovania podzemnej vody z odkaliska neboli vykonané. Voda v odkalisku / usadzovacej nádrži je však monitorovaná pravidelne a vykazuje nízke koncentrácie znečisťujúcich látok. Kontaminácia podzemnej vody z odkalísk je nepravdepodobná.

Doteraz nebol vykonaný žiadny výskum na priame vyhodnotenie možnosti kontaminácie pôdy z odvalov hlušiny. Priesaky odvalov sú nepatrné, okrem nitrátu a malého množstva síranov. Nepokladá sa za potrebné skúmať inú kontamináciu pôdy z odvalov, okrem monitorovania prachových častíc vo vzduchu a výskumu vegetácie, ktorý sa aktualizuje každých päť rokov.

3.1.4.5.5 Spotreba energie

Jeden banský závod oznámil jednotkovú spotrebu nafty pri doprave kalu: $0,18 \text{ l} \cdot \text{t}^{-1}$ (priemer za rok 2001).

¹⁶ dôvod, prečo originálny text uvádza v kapitole venovanej haldám (odvalom) údaje z odkalísk nám nie je známy, možno to spôsobila kompilácia zdrojového textu z viacerých zdrojov, kde členenie úložísk ťažobných odpadov na odkaliská a odvaly nie je také zrejmé a často sa zamieňa – pozn. prekl.

3.1.6 Drahé kovy (zlato a striebro)

V nasledujúcej tabuľke je zoznam súčasných prevádzok na ťažbu zlata v Európe.

Tabuľka 37. Zoznam súčasných producentov zlata

Miesto	Krajina
Baia Mare	Rumunsko
Bergama-Ovacik	Turecko
Boliden, Bjoerkdal	Švédsko
Orivesi	Fínsko
Río Narcea, Filón Sur	Španielsko
Salsigne	Francúzsko
Sardinia	Taliansko

Z miest uvedených vo vyššie uvedenej tabuľke poskytli informáciu pre túto časť dokumentu Orivesi, Río Narcea, Boliden a Bergama-Ovacik.

3.1.6.1 Mineralógia a dobývacie metódy

Zlato a striebro sa líšia spôsobom výskytu v ložiskách. Striebro je ťažené len ako vedľajší produkt na báze rudnej alebo zlatej mineralizácie, a preto nie je osobitne spomínané v tejto časti dokumentu. Zlato sa vyskytuje buď ako voľné zlato alebo ako zlato viazané na sulfidickú mineralizáciu.

V miestach výskytu drahých kovov sa vyskytujú rôzne geologické usporiadania a mineralogické charakteristiky:

- komplexné sulfidické rudy kde sú Cu, Zn a Pb minerály doplnkové alebo dokonca hlavné úžitkové minerály (Boliden),
- sulfidické zrudnenie zahrňujúce pyrit, arzenopyrit, galenit, a sfalerit kde je obsiahnuté submikroskopické zlato (< 1µm), jemne vtrúsené v pyritových a arzenopyritových kryštálových mriežkach (refraktórne zlato) (zlato z ložiska Olympias),
- epitermálne kremenné a brekciové žily s nízkou sulfidickou mineralizáciou v andezite (baňa na zlato Ovacik),
- silne premenené vulkanické horniny: horniny alebo kryštalické bridlice bohaté na kremeň, sericit a andaluzit (Orivesi),
- rýdze zlato so sulfidmi meďi v skarnoch a v puklinách v jasperoidoch (Río Narcea),
- gossan (Filón Sur).

Rozdielne mineralizácie vyžadujú na získanie optimálnej výťažnosti zlata rozdielne dobývacie a spracovateľské metódy. Používa sa podzemné dobývanie (so základkou alebo bez základky) a povrchové dobývanie. Povrchové bane sú v dvoch prípadoch plánované po určitej dobe ako podzemné bane. Je niekoľko príkladov, kde je zlato extrahované z kalov zo základného spracovania v úpravni rudy (napr. Boliden), alebo zo starých hlušínových odvalov (napr. Filón Sur) alebo odkalísk (napr. Baia Mare).

3.1.6.2 Úprava nerastov

Na spracovanie nerastov sa používajú rôzne metódy, najmä pre ich rozdielnu vhodnosť pre rôzne mineralogické zloženie rudy. V závislosti od spôsobu výskytu zlata v rude môžu byť použité odlišné metódy na uvoľnenie zlata. Zlato môže byť v mnohých prípadoch zachytené v medenom koncentráte a oddelené od medi v následnom procese tavenia. Rýdze zlato môže byť gravimetricky koncentrované a vyťažené. Zlato v oxidickej forme môže byť priamo vylúhované kyanidom. Refraktórne zlato môže vyžadovať oxidáciu, napr. bio-oxidáciu na uvoľnenie zlata, aby bolo dostupné pre kyanidové vylúhovanie.

3.1.6.2.1 Drvenie a mletie

Pre všetky postupy je spoločné to, že pred uvoľňovaním zlata musí byť ruda podrvená a rozomletá. V niektorých prípadoch je toto vykonávané pri predchádzajúcej ťažbe farebných kovov. Vylúhovanie v nádržiach vyžaduje jemnejšiu zrnitosť pre relatívne krátky čas počas ktorého je materiál vo vylúhovacích nádržiach. Lúhovanie na haldách umožňuje väčšiu zrnitosť pretože vylúhovací čas je omnoho dlhší. Pri lúhovaní na haldách je požadovaná relatívne väčšia zrnitosť (dokonca môže byť potrebná konglomerácia) na to, aby sa umožnilo prúdenie kyslíka do haldy a zabezpečila dostatočne vysoká priepustnosť haldovaného materiálu.

Zariadenia používané na drvenie a mletie sú rôzne typy drvičov a mlynov, ako sú suché semi-autogénne (SAG) mlyny, guľové mlyny, autogénne (rotačné) mlyny a pod..

Banský závod **Orivesi** používa pri drviacom a mlecem procese nasledovný postup:

- trojstupňové drvenie v čeľuťovom drviči, excentrickom kužeľovom drviči a kužeľovom drviči,
- dvojstupňové mletie v tyčovom mlyne (3,2 x 4,5) a guľovom mlyne (3,2 x 4,5),
- triedenie v hydrocyklónových odlučovačoch [59, HIMMI, 2002].

V bani **Boliden** sú obidva mlecie okruhy vybavené Reichertovými kužeľmi, špirálami a natriasacím stolom na gravitačnú separáciu zlata. Pre vylúhovanie v nádržiach sa bežne vyžaduje veľkosť zrna < 45 μm (50 – 80 %). V niektorých prípadoch, ak je zlato veľmi jemne vtrúsené, sa na dosiahnutie optimálneho uvoľnenia vyžaduje veľkosť zrna pod 40 μm [50, AU GROUP, 2002].

3.1.6.2.2 Separácia

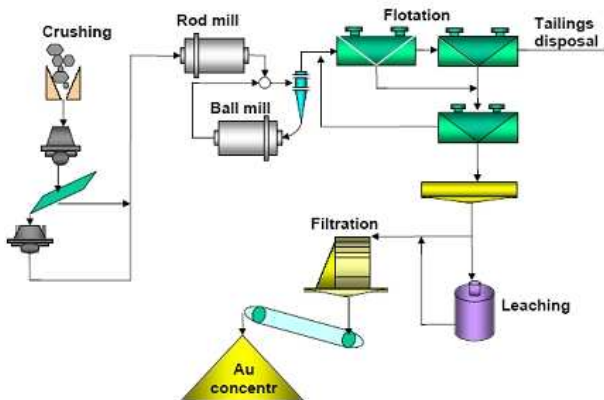
Bežne používané metódy na spracovanie nerastov sú nasledovné:

- flotácia, kde je zlato viazané hlavne na medené koncentráty (zlato je vyťažené z koncentrátu v taviacom procese),
- separácia v ťažkých roztokoch (plavenie), s použitím bubnových separátorov a odvodňovacích sít,
- kužeľové separátory a výkonné magnetické separátory pre jemnú frakciu,
- Reichertove kužele, šneky a natriasacie stoly pre gravitačnú separáciu zlata.

Na schematickom obrázku 24 nižšie je zobrazený príklad pre závod na spracovanie nerastov. Tento závod s relatívne nízkou výrobnou kapacitou 35 t.h⁻¹ vyrába koncentrát obsahujúci 125 g Au na tonu.

Na redukovanie obsahu niektorých prímiesí (telúr - Te a bizmut - Bi) sa používa vylúhovanie niektorých koncentrátov. Cieľom tohto kroku je odstrániť Bi a Te z koncentrátu. Odpad z tohto procesu je odvádzaný do oddelenej priekopy v starom odkalisku (používanom počas obdobia ťažby niklu). Pretože voda z vylúhovacieho procesu je kyslá, na neutralizáciu sa používa hasené vápno. Za týchto okolností sa Bi vyzráža, ale väčšina Te zostáva v roztoku. Vylúhovací proces sa využíva len keď je to potrebné, v závislosti na vlastnostiach rudy. Z priekopy nie je odtok, a tak sa voda vyparuje a infiltuje do starého sedimentovaného kalu. Analýzou infiltrovanej vody mimo územia odkaliska sa nepotvrdili žiadne významné koncentrácie Te. V súčasnosti sa vylúhovanie nevykonáva, pretože sa zmenila kvalita rudy a Bi a Te už nie sú problematické.

Obrázok 24. Schematický diagram zariadenia na spracovanie zlatonosnej rudy



Vysvetlivky:

Crushing – drvenie, *Rod mill* – tyčový mlyn, *Flotation* – flotácia, *Tailings disposal* – odkalisko, *Filtration* – filtrácia, *Leaching* – lúhovanie, *Au concentr.* - Au koncentrát

Vylúhovanie zlata sa vykonáva nasledovne:

- CN lúhovanie v nádržiach s použitím *CIP* (*Carbon-in-Pulp*) metódy (aktívne uhlie v rmute) (napr. baňa na zlato Ovacik),
- CN lúhovanie v nádržiach s použitím *CIL* (*Carbon-in-Leach*) metódy (aktívne uhlie vo vylúhu) (napr. Boliden a Río Narcea),
- bio-oxidácia a tlaková oxidácia s následným CN lúhovaním s použitím *CIL* metódy (celý proces prebieha v uzavretých nádržiach) (napr. Zlatý projekt Olympias),
- lúhovanie hald s CN roztokmi s následnou Merrill-Crowe metódou, kde je zlato vyzrážané na zinkový prach (napr. Filón Sur).

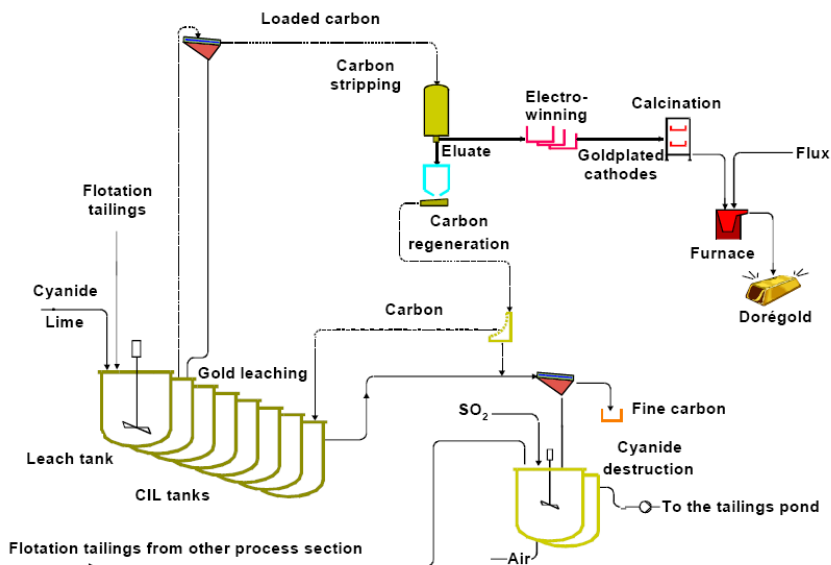
Všetky hore uvedené vylúhovacie procesy vyžadujú na získanie predajných produktov ďalšie spracovanie, napr. prenos zlata a striebra z aktívneho uhlia do surovej zliatiny obsahujúcej zlato a striebro (*doré*).

Komplexné zariadenie na vylúhovanie zlata v nádržiach pozostáva z nasledujúcich postupových fáz:

- kyanidové lúhovanie (CIL alebo CIP metóda),
- rafinácia zlata (eluácia, elektrolytické získavanie kovov, tavenie a výroba zliatiny),
- detoxikácia kyanidov (napr. oxidácia),
- príprava činidiel (vápenatý a sodný kyanid).

Toto konkrétne zariadenie (Boliden) bolo uvedené do prevádzky v roku 2001 a získava zlato a striebro z úpravárenského odpadu zo závodu na úpravu rúd farebných kovov. Systém je navrhnutý na kapacitu 800 000 t/rok a produkciu zlata 850 kg/rok. Vyťažiteľnosť zlata je približne 80 %. Vyťažiteľnosť zlata stúpla o 50 % po zavedení lúhovania zlata. Na všetkých miestach kde sa vykonáva lúhovanie v nádržiach prechádza odpadový kal detoxikáciu (predtým ako je vypustený na odkalisko).

Obrázok 25. Schéma CIL procesu [50, AU GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

Cyanide – kyanid, Lime – vápno, Flotation tailings – flotačný kal, Leach tank – lúhovacia nádrž, CIL tanks – lúhovacie nádrže CIL procesom, Gold leaching – lúhovanie zlata, Loaded carbon – pridané aktívne uhlie, Carbon – aktívne uhlie, Carbon stripping – odstránenie aktívneho uhlia, Eluate – eluát, Electrowinning – elektrolytická extrakcia, Goldplated cathodes – pozlátené katódy, Calcination – kalcinácia, Furnace – pec, Flux – tavidlo, Dorégold – surové zlato, Fine Carbon – jemnozrné aktívne uhlie, Cyanide destruction – detoxikácia kyanidu, Air – prevzdušnenie, To the tailings pond – na odkalisko, Flotation tailings from other process section – flotačný kal z iného úpravárenského procesu

3.1.6.3 Nakladanie s kalom

3.1.6.3.1 Charakteristika kalu

Neupravený odpad zo spracovania zlatonosnej rudy s použitím kyanidu obsahuje rôzne zložky v závislosti od použitej metódy, typu rudy, dávky kyanidu, stupňa prevzdušnenia a podobne. Zloženie odpadov sa tiež zmení, ak sa zmení typ rudy [24, BRITISH COLUMBIA CN GUIDE, 1992].

Počas *CIP / CIL* lúhovacieho procesu sa malá časť (kyanidu) stratí odparovaním do atmosféry prevádzky na spracovanie rudy. Časť bude reagovať s akýmkoľvek inými „konzumentami“ kyanidu, ktoré môžu byť prítomné v rude, aby vytvorili komplexy ako sú ferokyanid, tiokyanát, kyanát a kuprokyanidové (komplexy kyanidu s meďou – *pozn. prekl.*). Počas vylúhovania je zlato z roztoku odobierané adsorpciou na aktívne uhlie a s ním môže byť odobrané aj nejaké množstvo kyanidu. Zostávajúci nezreagovaný kyanid spolu s produktmi iných kyanidových „konzumentov“ je vypúšťaný s úpravárenským kalom. Kyanid v kale môže byť upravovaný odstraňovaním kyanidu (väčšina európskych lokalít) alebo ponechaný v kale na jeho prirodzenú degradáciu na odkalisku (medzinárodná norma). Všetok kyanid, ktorý vstupuje do okruhu odstraňovania aktívneho uhlia, je alebo pravidelne vracaný do lúhovacieho procesu, alebo detoxikovaný počas reaktívácie uhlíka v uhlíkovej peci [24, BRITISH COLUMBIA CN GUIDE, 1992].

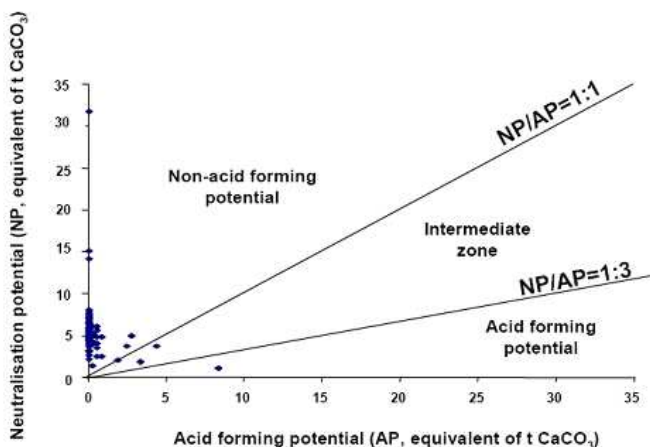
Neupravený odpad z *CIP / CIL* procesu je tvorený kašovitou zmesou so zvýšenými obsahmi kyanidu, farebných kovov, kyanátu a thiokyanátu. Môže tiež obsahovať arzén, antimón, v závislosti od vlastností rudy a jej spracovania. Bežnou praxou je pravidelná kontrola iných charakteristických vlastností materiálu (parametre sa líšia z miesta na miesto), ako sú napríklad:

- zrnitostné zloženie,
- podiel pevnej a tekutej časti,
- *ARD* charakteristika (t. j. potenciál tvorby kyslých výluhov – *pozn. prekl.*),
- mineralogické zloženie,
- obsah stopových prvkov.

Spomenuté parametre sa používajú na určenie vlastností materiálu z hľadiska tvorby výluhov, čo má významný vplyv na riadenie prevádzky a voľbu vhodnej neutralizačnej metódy pre odpad. Z tohto dôvodu majú všetky prevádzky používajúce lúhovanie v nádržiach dôkladne ohodnotené *ARD*¹⁷ charakteristiky pre ich odpad. Úpravňa Boilden s obsahom síry 18 % v rude a nízkym obsahom karbonátov sa musí zaoberať s problémom potenciálnej tvorby kyslých výluhov (*ARD*) [50, AU GROUP, 2002].

Podrobná charakterizácia niektorých vzoriek zo závodu **Bergama-Ovacik** ukázala, že kal v odkalisku a hlušina na odvaloch nebudú tvoriť kyslé výluhy, tak ako je to ilustrované na nasledovnom obrázku.

¹⁷ *ARD* – Acid Rock Drainage – tvorba kyslých výluhov

Obrázok 26. Graf vzťahu potenciálu tvorby kyselín a neutralizačného potenciálu vzoriek z bane Ovacik [56, AU GROUP, 2002]*Vysvetlivky:*

Neutralisation potential (NP, equivalent of t CaCO₃) – neutralizačný potenciál (ekvivalent t CaCO₃), *Acid forming potential (equivalent of t CaCO₃)* – potenciál tvorby kyslých výluhov (AP, ekvivalent t CaCO₃), *Non-acid forming potential* – potenciál netvorenia kyslých výluhov, *Intermediate zone* – stredná (medziláhlá) zóna, *Acid forming potential* – potenciál tvorby kyslých výluhov.

V nasledujúcej tabuľke sú priemerné výsledky z 99 vzoriek.

Tabuľka 38. Potenciál tvorby kyselín v bani na zlato Ovacik

	pH	AP*	NP*	NNP*	NP/AP*	S ² [%]
Priemer z 99 vzoriek	7,52	0,47	5,5	5,18	4,67	0,02

Vysvetlivky:

*Tony CaCO₃, ekvivalent z 1 000 t, AP – potenciál tvorby kyslých výluhov (acidifakčný potenciál), NP – neutralizačný potenciál, NNP – čistý neutralizačný potenciál

Ťažobné pole **Boliden** je tvorené komplexom sulfidického zrudnenia. Ťažba v tomto priestore začala v roku 1925 a dodnes na tomto mieste ťažilo približne 30 banských podnikov. Úpravárenský odpad v odkalisku má preto rôzne chemické charakteristiky a fyzikálno-chemické vlastnosti. Charakteristika úpravárenského odpadu produkovaného v súčasnosti je v tabuľke 39. Jemná frakcia je po odlúčení v cyklóne vypustená do odkaliska a hrubšia frakcia vyťažovaná z hydrocyklónového odlučovača je použitá ako základka v podzemných baniach.

Tabuľka 39. Veľkosť častíc úpravárenského odpadu v bani Boliden [50, AU GROUP, 2002]

Veľkosť	Celkový kal	Prietok z hydrocyklónu do odkaliska
μm	kumulatívne % podsítnej fr.	kumulatívne % podsítnej fr.
350	100	100
250	99,9	100
180	99,7	100
125	97,8	100
88	93,5	95,6
63	85,9	87,8
45	76,6	78,3
20	53,2	54,4
- 20	0	0

Kaly majú pred úpravou v cyklónoch a CN vylúhovaním nasledovné zloženie:

- Au: 0,85 g.t⁻¹,
- Ag: 24,9 g.t⁻¹,
- Cu: 0,10 %,
- Zn: 0,40 %,
- Pb: 0,13 %,
- S: 17,8 %.

Viac ako 50 % kalov sa skladá z častíc menších ako 0,002 mm. Kašovitá zmes kalu čerpaná do odkaliska obsahuje 20 – 25 % pevných častíc. Merná hmotnosť kalov, tak ako sú uložené do odkaliska, je 1,45 t.m⁻³ [50, AU GROUP, 2002].

3.1.6.3.2 Aplikované metódy riadenia

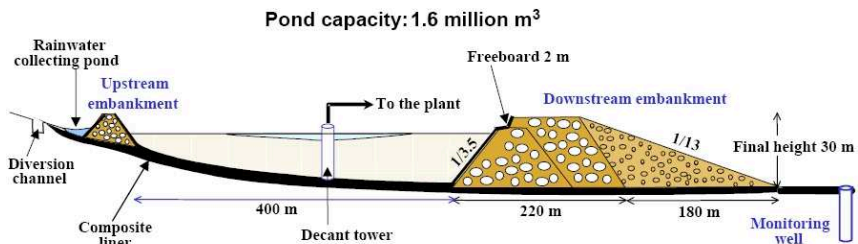
V prevádzke lúhovania hald **Filon Sur** je odpad (halda vylúhovaného materiálu) ponechaný na mieste. Haldy sú budované na umelo vybudovanej syntetickej izolačnej vrstve. Výluh alebo „obohatený“ roztok je predtým, ako je prečerpaný do úpravne na vyžrážanie zlata a striebra, zachytávaný v malej nádrži. Predtým, ako je lúhovací roztok znovu použitý vo vylúhovacom procese, je prečerpaný do upravovacej nádrže. V súčasnosti je len málo dostupných informácií o tom, ako sa plánuje nakladať s odpadom (hlušinou a kalom), ako bude prebiehať uzavretie úložísk, preto sa tomu na tomto mieste nevenujeme. Nie sú žiadne správy ani o materiálovej charakteristike [57, IGME, 2002].

Všetky ďalšie závody používajúce *CIL* alebo *CIP* metódy na vylúhovanie zlata v nádržiach produkujú odpad z úpravy v kašovitej forme a ten je po aplikácii CN neutralizácie (detoxikácie) čerpaný cez potrubie do odkalísk. Bežný postup na zlikvidovania CN je proces SO₂ / vzduch. Vo všeobecnosti je výsledkom tohto postupu celková koncentrácia kyanidov (CN) v upravenom kale < 1 mg.l⁻¹. Jeden závod (**Bergama-Ovacik**), ktorý meria kyanidy rozpustné v slabej kyseline (*wad* CN), udáva koncentrácie <1 mg.l⁻¹.

Závod **Boliden** používa hrubú frakciu odpadu z úpravy ako základku v podzemných pracoviskách. Tieto hrubé odpady sú extrahované z toku kalov v hydrocyklónoch umiestnených za prevádzkou odstraňovania CN. Odpady z úpravy používané na základku sú tiež analyzované na celkový CN (zväčša menej ako 1 mg.l^{-1}). 50 % závodov používa odkaliská s izolačnou vrstvou (fóliou) a 50 % neizolované odkaliská. Na ohraničenie odkalísk sa používajú rôzne hrádze.

V bani **Bergama-Ovacik** s produkciou rudy 3 milióny t.rok^{-1} je úpravničky odpad ukladaný do odkaliska s kapacitou 1,6 miliónov m^3 , s 30 m vysokou hrádzou z hornín a kombinovaným ílovo-geomembránovým izolačným systémom. Tak ako to už bolo popisované skôr, odpadové kaly sú pomocou oxidácie s SO_2 upravované neutralizáciou kyanidov a vyzrážaním ťažkých kovov a následne upravované so síranom železitým [56, AU GROUP, 2002].

Obrázok 27. Náčrt prierehého rezu cez odkalisko Ovacik [56, AU GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

Pond capacity – kapacita nádrže, *Rainwater collecting pond* – nádrž na zber dažďovej vody, *Upstream embankment* – hrádza budovaná „proti vode“, *Diversion channel* – odvádzací kanál, *Composite liner* – kombinovaná tesniaca, *To the plant* – do závodu, *Decant tower* – dekantačná veža, *Freeboard 2m* – prevýšenie hrádze nad hladinou 2 m, *Downstream embankment* – hrádza zvyšovaná „po vode“, *Final height 30 m* – konečná výška 30 m, *Monitoring well* – monitorovacia studňa.

Je potrebné poznamenať, že dno odkaliska, tak ako aj vnútorné strany hornej hrádze a dolnej hrádze majú izolačnú vrstvu. Odizolované odkalisko je umiestnené v údolí, do 200 m od úpravárenských liniek. Horninové materiály na výstavbu hrádze (hlavne andezity) boli získané zo skrývky v povrchovej bani. Oblasť sa nachádza v aridnej zóne, kde sa odparovanie počas letného obdobia podieľa na deficite vody pre odkalisko. Úpravárenské zariadenie bolo navrhnuté ako zariadenie s nulovým odtokom vody, kde voda v odkalisku recirkuluje počas prevádzky bane. Preto, že sú koncentrácie kyanidov v odkalisku nízke (menej ako 1 mg.l^{-1} CN rozpustiteľného v slabej kyseline), odparovanie HCN je zanedbateľné. Geotechnickým a seizmologickým prieskumom na území odkaliska pred a po výstavbe bola potvrdená vhodná založenie kamennej hrádze a stabilita nádrže. Hrádze boli vybudované ako konvenčné hrádzové konštrukcie. Humusová vrstva bola zhrnutá a uskladnená na mieste pre budúce použitie pri rekultivácii územia. Počas uzavretia odkaliska budú sedimentované kaly odvodnené, povrch bude pokrytý horninou a zeminou a zazeleneý.

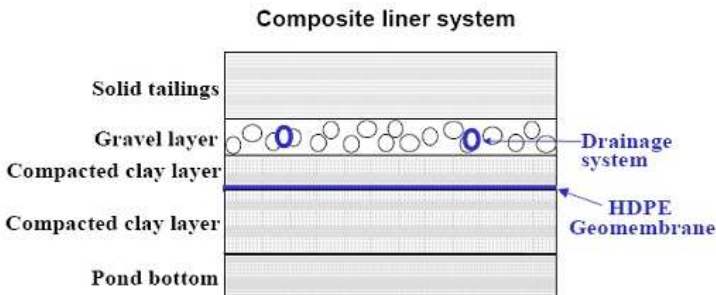
Pri výbere lokality pre odkalisko boli brané do úvahy nasledovné hlavné faktory:

- minimálne narušenie územia a pôdy,
- blízkosť k spracovateľskému závodu,
- racionálne využitie skrývky a hlušiny na výstavbu hrádzí, čo bude znamenať minimalizovanie stôp po banskej činnosti,
- zachovanie materiálu humusovej vrstvy na vegetačný pokryv po uzavretí,
- neutralizácia kyanidu a vyzrážanie ťažkých kovov v kaloch,
- opakované využitie vody pri spracovaní,
- nulový odtok vody z odkaliska.

Stratégiou bankej spoločnosti bolo, že si vybrali hrádze odkaliska s horninovou výplňou (kamenné), pre ich vyššiu stabilitu a ľahkú údržbu (ako protiklad hrádze z hrubozrnného kalu). Na dosiahnutie účinnej kontroly a urýchlenia schvaľovacieho a povoľovacieho procesu bol vybraný kombinovaný izolačný systém (kompozit) pozostávajúci z ílovej vrstvy a geomembrány (fólie). Z geotechnického hľadiska boli hrádze navrhnuté tak, aby odolali zemetraseniu s horizontálnym zrýchlením 0,6 g. Počas prevádzky sa umiestnením skrývky a hlušiny na vonkajší svah hlavnej hrádze zmenil jej sklon na menej ako 10° a zvýšil sa bezpečnostný faktor hrádze na 2,23 s porovnaním k obvyklému faktoru 1,2 používanému medzinárodne pre vodné nádrže.

Dno odkaliska je pokryté kombinovaným izolačným systémom zloženým z 50 cm vrstvy zhutneného ílu, na ktorom je 1,5 mm hrubá fólia z vysokohustotného polyetylénu (HDPE), ďalej 20 cm vrstva zhutneného ílu a 20 cm štrková drenážna vrstva. Drenážne potrubie je umiestnené v drenážnej vrstve, aby odvádzalo vodu ku dekantu (prelivovej veži). Nasledovný obrázok znázorňuje štruktúru kombinovaného izolačného systému [56, AU GROUP, 2002].

Obrázok 28. Štruktúra kompozitnej izolačnej vrstvy na lokalite Ovacik [56, AU GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

Composite liner system – kombinovaný tesniaci systém (kompozit), *Solid tailings* – usadený kal, *Gravel layer* – štrková vrstva, *Drainage system* – drenážny systém, *Compacted clay layer* – zhutnená ílová vrstva, *HDPE* – polyetylénová geomembrána (fólia), *Pond bottom* – dno nádrže.

Kaly z úpravne sa vypúšťajú potrubím v blízkosti spodnej hrádzy. V projekte odkaliska je určené minimálne prevýšenie hrádzy nad hladinou vody počas prevádzky 2 m. Odkalisko je navrhnuté tak, aby zadržalo aj povrchový odtok za hornou hrádzou a má aj odvádzací kanál pre nadmerné prívalové vody (pre 100-ročné prívalové vody).

Úpravňa na spracovanie rúd farebných kovov **Boliden** spracovala počas roku 2001 z piatich rôznych baní celkom 1,58 milióna t rudy na výrobu koncentrátov medi, olova a zinku. Na natriasacích stoloch sa získava aj hrubozrnné zlato. V závislosti na type rudy je časť vyprodukovaných odpadov z úpravy (približne 50 %) ďalej spracovávaná v prevádzke na vylúhovanie zlata. Prevádzka na vylúhovanie zlata vyprodukovala v roku 2001 0,8 miliónov t odpadových kalov.

Z piatich baní sú štyri podzemné a jedna je povrchová. Podzemné bane používajú hrubú frakciu odpadu ($> 125 \mu\text{m}$) na základku. Množstvo odpadu používaného na základku závisí od úrovne ťažby v baniach a od stavu výroby. Počas prípravných prác v baniach sa vytvára a používa ako základka významné množstvo kalu. Je potrebné poznamenať, že približne 33 % rudy pochádza z povrchovej ťažobne, kde sa počas prevádzky nepoužíva žiadna základka. Odčítajúc toto množstvo rudy je percento základky okolo 50 %. Hlušina z úpravy, ktorá sa nepoužije na základku je odvádzaná na odkalisko, ktoré sa používa od päťdesiatych rokov minulého storočia. Vtedy tu bolo jazero. V súčasnosti je v odkalisku približne 16 miliónov m^3 odpadu a pokrýva územie 260 ha. Podľa terajších prevádzkových výkonov sa môže existujúce odkalisko používať ďalších päť rokov. Odpadové kaly sú prečerpávané do nádrže a vypúšťané na rôznych miestach, aby sa zabezpečilo rovnomerné zaplňanie.

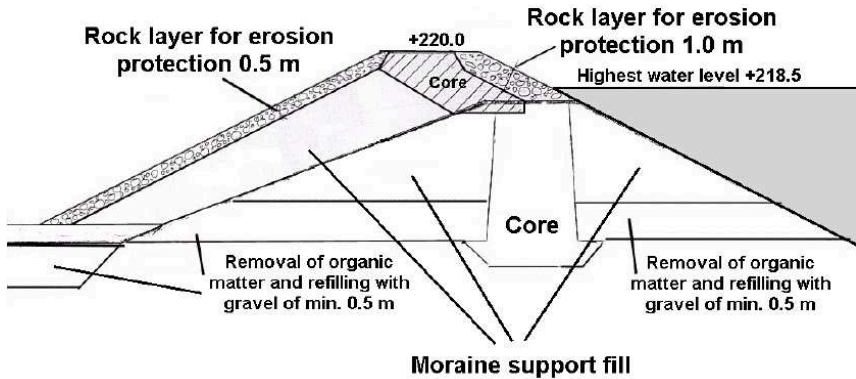
V rámci odkaliska sú odpadové kaly ohraničené piatimi hrádzami. Pod odkaliskom je tiež postavená ďalšia hrádza, aby sa zastavil prirodzený odtok vody z jazera a vytvorila ďalšia dočist'ovacia nádrž. Po zvýšení hrádzy v lete roku 2002 bola plocha nádrže odkaliska 280 ha. Zberná oblasť odkaliska je 8 km^2 . Povrchový prítok vody z tejto oblasti bol prepočítaný na 1 milión m^3 počas suchého roka a 3 milióny m^3 počas normálneho roka. Nádrž prijme približne 4,5 miliónov m^3 prevádzkovej vody z úpravne rudy za rok. Odkalisko je vzdialené približne 3 km od prevádzky na výrobu koncentrátov. Odpadové kaly sú čerpané cez dve oddelené potrubia, jedno vedie na sever a druhé na juh nádrže. Pod nádržou sa do vypúšťanej vody pridáva hasené vápno, aby sa pH vody zvýšilo na 10 – 11. Všetka voda z nádrže je vypúšťaná do vodných tokov pod nádržou. V súčasnosti sa nevykonáva recirkulácia prevádzkovej vody.

Vzorkovanie vody na monitorovanie jej kvality sa robí pravidelne podľa programu monitorovania. Vzorkovanie sa robí nad aj pod odkaliskom, ako aj v okolí prevádzkového územia. Vzorkovanie pozostáva zo vzorkovania tokov a podzemnej vody.

Hrádze sa začali stavať v roku 1979 na výšku + 216,2 m zvyšovaním „zo stredú“, s vertikálnym nepriepustným jadrom a stabilizačnými násypmi na vnútornej a vonkajšej strane hrádzy. V roku 1995 bola hrádza zvýšená na + 220 m metódou „po vode“ (*downstream*) (pozri obrázok 29).

Definitívne zvýšenie bude do výšky + 225 m a skončí sa v roku 2002. Výpustný kanál vybudovaný v prírodnom dne nahradí dekantačnú vežu.

Každý odtok cez a popod hrádzy je sústreďovaný v zbernej jame a odvádzaný do čistiacej nádrže. Odtok cez a popod ostatné hrádzy je prečerpávaný späť do nádrže [50, AU GROUP, 2002].

Obrázok 29. Pohľad na pričný rez hrádze odkaliska Boliden [50, AU GROUP, 2002]*Vysvetlivky:*

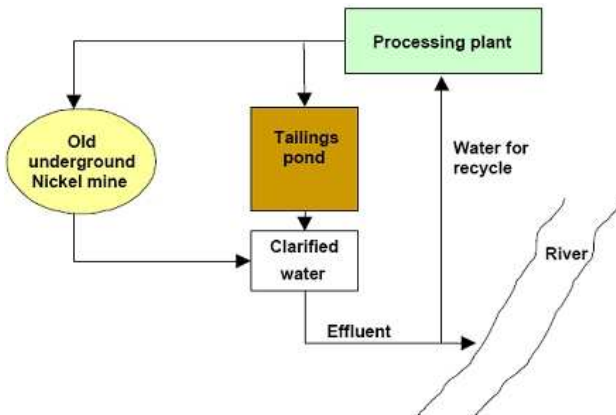
Rock layer for erosion protection – protierózna ochranná vrstva, *Core* – jadro, *Removal of organic matter and refilling with gravel of min. 0,5 m* – odstránenie organickej hmoty a vyplnenie štrkom hrúbky minimálne 0,5 m, *Moraine support fill* – morénová stabilizačná výplň.

Úložiská ťažobných odpadov z banského závodu **Orivesi** pozostávajú z dvoch odkalísk. Odpadové kaly z úpravy sú čerpané do prvej nádrže (37 ha), kde sa usadzujú pevné častice a vyčistená voda je odvádzaná z druhého konca nádrže. Druhá nádrž (14 ha) sa používa ako rezervoár na vyčistenú vodu. Voda sa znovu využíva pri úprave rudy a len jej nadbytok sa odvádzá do riečného systému. Zakladacie hrádze boli vybudované z morénového materiálu. Kaly sú napúšťané na jednu stranu prvej nádrže a vyčistená voda je odvádzaná z druhej strany. Hrádze čistiacej nádrže sú vybudované z morénového materiálu a na zabránenie erózie opevnené lomovým kameňom a hrubým štrkom.

Odkaliská boli naprojektované začiatkom sedemdesiatych rokov minulého storočia, kedy sa neuvažovalo so žiadnymi plánmi na uzavretie alebo následnej starostlivosti. Odkalisko sa však používa len občas, keď sa odpadové kaly neukladajú do starej, vyťaženej, podzemnej, niklovej bane. Na obrázku 30 je znázornená schéma systému.

Základná hrádza odkaliska bola vybudovaná z morénového materiálu a na vonkajšej strane je zberná drenáž na zber priesakovej vody. Vynútené zvyšovania hrádze sú robené z morénového materiálu pre jadro hrádze a z kalu pre podpornú výplň. Odkalisko bolo pôvodne vybudované pre banský závod na ťažbu niklovej rudy. Po 20-tich rokoch prevádzky bola niklová baňa zatvorená, ale závod sa začal využívať na úpravu zlatonosnej rudy z bane Orivesi vzdialenej 85 km od závodu. Vzdialenosť úpravárenského závodu od územia na ukládanie odpadov je okolo 500 m. Vzdialenosť odkalísk od rieky je okolo 600 m. Okolité územie sa nevyužíva pre poľnohospodársku činnosť, ale najbližší dom je len 200 m od odkalísk. Prevádzkovateľ nepovažuje prašenie z územia odkaliska za problém, pretože materiál na povrchu územia vytvoril tvrdú kôru. Drenážna voda je sústredovaná systémom priekop a je odvádzaná priamo do rieky, pretože podľa prevádzkovateľa nie je významne kontaminovaná [59, HIMMI, 2002].

Obrazok 30. Schematický náčrt systému odkalísk a vypúšťania prečistenej vody v bani Orivesi [59, HIMMI, 2002]



Vysvetlivky:

Old underground Nickel mine – stará podzemná niklová baňa, *Processing plant* – úpravňa, *Tailings pond* – odkalisko, *Clarified water* – vyčistená voda, *Effluent* – výtok, *Water for recycle* – voda pre recykláciu, *River* – rieka.

V **Río Narcea** sú odpadové kaly po neutralizácii CN ukladané do odizolovaného odkaliska. Súčasný objem uloženého odpadu je 2,4 milióna m³ a nádrž je nepretržite zvyšovaná podľa potreby. Hrádze sú vybudované zo zhrutneného ílu s podpornou výplňou z kalu. Nádrž má kombinovaný tesniaci systém zložený zo zhrutneného ílu a 1 mm hrubej HDPE izolačnej fólie. Nádrž je obkolesená kanálmi na odvedenie povrchového odtoku. Sústredený povrchový odtok je odvedený do troch sedimentačných nádrží na vyčistenie pred vypustením [58, IGME, 2002].

3.1.6.3.3 Bezpečnosť odkalísk a prevencia havárií

V prevádzke **Bergama-Ovacik** je vykonané kompletne hodnotenie rizika, sú urobené výpočty stability a externí špecialisti navrhli projekt. Ako je vyššie popísané, projekt je zameraný na zabezpečenie konštrukčnej stability pred seizmickými otrasmi, záplavami a inými vplyvmi identifikovanými pri hodnotení rizika. Zariadenie odkaliska je pod každodenným dozorom a týka sa environmentálneho monitoringu a konštrukčnej stability. Miesto je rutinne auditované v súlade s environmentálnou politikou materskej spoločnosti a vypracovaným systémom environmentálneho manažérstva bane na zlato Ovacik.

Baňa je subjektom každoročného interného environmentálneho auditu s využitím hodnotiaceho procesu materskej spoločnosti, aby sa vyhodnotila efektívnosť systémov environmentálneho manažérstva (EMS) a úroveň environmentálnej účinnosti v prevádzke. Počas skúšobnej prevádzky bol vykonaný nezávislou odbornou skupinou externý audit. Prevádzka má tiež plány riadenia pre iné problémy ako sú zdravie a bezpečnosť, nakladanie s odpadmi z úpravy, uzavretie bane a rekultivácia, havarijný plán, plán komunikácie s verejnosťou a podobne [56, AU GROUP, 2002].

Odkalisko v závode **Boliden** je riadené podľa prevádzkového (*OSM – Operational, Supervision and Maintenance*) manuálu vytvoreného podľa smernice pre bezpečnosť vodných stavieb vyvinutého Švédskou asociáciou pre prevádzkovateľov vodných elektrární (*RIDAS*). Na riadenie rizík podľa *RIDAS* sa prevádzkovateľ bane Boliden rozhodol v r. 1997. Ak to bude potrebné, budú v smernici *RIDAS* urobené zmeny, radšej než vytvorenie novej smernice pre odkaliská. Ďalšie spoločnosti sa vydali tou istou cestou [50, AU GROUP, 2002].

V banskom závode **Orivesi** je zariadenie odkaliska denne kontrolované ako súčasť prevádzkovej rutiny. Nebolo robené žiadne formálne hodnotenie rizika. Hrádza je každoročne kontrolovaná nezávislými odborníkmi a každých päť rokov je kontrolovaná príslušnými úradmi. Komentáre z auditu sú zaznamenané v spise o bezpečnosti hrádze, čo je povinný dokument pre všetky podobné miesta na nakladanie s kalom od polovice osemdesiatych rokov.

Počas výstavby odkaliska boli skúmané charakteristické vlastnosti zeminy. Odkalisko bolo vybudované tak, že hladina vody v odkalisku sa môže udržiavať v rovnováhe a nadbytočná voda zo zrážok a podobne môže byť riadeným spôsobom vypustená. Na kontrolu hladiny podzemnej vody v telese hrádze nie sú zabudované žiadne pozorovacie prístroje. Havarijný plán ako dokument neexistuje. Nie je jasné, či bol hodnotený vplyv základky z kalov na životné prostredie [59, HIMMI, 2002].

V **Río Narcea** sú hrádze kontrolované pomocou piezometrov a inklinometrov. Odkalisko je pravidelne kontrolované externými odborníkmi. Hodnotenie rizika bolo vykonané [58, IGME, 2002].

3.1.6.3.4 Uzavretie odkalísk a následná starostlivosť

V bani **Bergama-Ovacik** bude rekultivácia územia robená súbežne s prevádzkou bane, v primeranom rozsahu. Vrchná vrstva pôdy odstránená počas výstavby je uložená na mieste pre neskoršiu rekultiváciu územia. Bol pripravený plán uzavretia a rekultivácie územia banskej prevádzky, ktorý bude počas prevádzky každoročne prehodnocovaný. Pri zatváraní bane bude plocha odkaliska najprv pokrytá horninou, štrkom, ílom a zeminou a potom budú zasadené stromy. Pred prevádzkovaním bane bola kompetentným orgánom predložená finančná zábezpeka, aby sa zaistilo uzavretie a rekultivácia územia bane v súlade s vydaným povolením prevádzky [56, Au group, 2002].

V závode **Boliden** bolo na uzavretie odkaliska vybrané riešenie trvalým zavodnením. Hrádze ohraničujúce odkalisko boli zvýšené na ich konečnú výšku. Nádrž bude zaplnená odpadom za päť rokov a potom bude podľa existujúcich povolení naplnená vodou. Okrem zavodnenia odkaliska budú hrádze presvahované na sklon 1 : 3, prekryté a ozelenené. Budú vytvorené stále výpusty a v plytkých častiach budú postavené vlnolamy, aby sa zabránilo zakaleniu vody účinkom vln. Na všetky hrádze bude doplnená stála protierózna vrstva (opevnenie). Bude vykonané spätné prečerpávanie priesakovej vody až dovtedy, kým sa kvalita vody nezlepší tak, aby mohla byť priamo vypúšťaná. Na výpuste vody bude súčasne robená úprava vody vápnením. Predpokladá sa, že to bude trvať menej ako 8 rokov. V oblasti Boliden bolo trvalé zavodnenie použité na viacerých miestach. Zavodnenie vykonané na lokalite Stekenjokk v roku 1991, je detailne monitorované a ukazuje veľmi dobré výsledky.

Alternatívna metóda uzavretia, ktorá je posudzovaná, je vytvorenie mokrade. Toto by umožnilo dosiahnuť vyššiu úroveň usadeného kalu v odkalisku (lepšie využitie existujúceho odkaliska), menej vody v nádrži (menšie riziko) a na povrchu by bola samovoľne vznikajúca, kyslík spotrebúvajúca organická vrstva.

Baña Boliden tiež testuje alternatívnu metódu nazvanú „nasýtenie vodou“ („*water saturation*“) alebo „zvýšená hladina podzemnej vody“, ktorá je v zásade použiteľná tam, kde je prirodzená hladina podzemnej vody v usadených kaloch veľmi plytká. Aplikovaním jednoduchého zakrytia zeminou môže byť potom hladina podzemnej vody zvýšená tak, aby permanentne pokrývala povrch kalov a eliminovala oxidáciu sulfidov.

Plán na trvalé uzavretie a následnú starostlivosť, týkajúci sa bane a úpravne, bol v **Orivesi** vytvorený nedávno. Pre odkalisko bol vytvorený len návrh plánu. Hlavná koncepcia tohto plánu je zakryť starý kal zo spracovania niklovej rudy kalom zo spracovania zlatonosnej rudy. Na zatvorenie je vyčlenené celkom 0,6 milióna Eur [59, HIMMI, 2002].

V **Río Narcea** bude odkalisko odvodnené a pokryté zeminou, ktorá bola dočasne uložená na okraji nádrže. Plocha bude zatravnená a bude vrátená na pôvodné využitie (pastvina). Pórová voda s koncentraciami kyanidov rozložiteľných v slabej kyseline ($w_{AD} CN$) pod 1mg.l⁻¹ bude sústredovaná cez inštalované odvodnenie dna do nádrže a pred vypúšťaním analyzovaná.

3.1.6.4 Nakladanie s hlušinou

V bani na zlato **Bergama-Ovacik** tvoria skrývku a jalovinu andezity, ktoré sa v súčasnosti používajú ako stabilizačný horninový materiál na vonkajšej strane hrádze odkaliska. Zdroj jaloviny v neskorších etapách bane bude v podzemných dobytých (štolniach, smerných chodbách, atď.) a tieto materiály budú využívané ako základka v podzemných priestoroch.

Hlušina bola testovaná na *ARD* potenciál¹⁸ a geotechnické vlastnosti. Tieto testy odhalili, že hlušina nemá *ARD* potenciál a je vhodná na výstavbu hrádzí a stabilizačných násypov. Pretože hlušina nemá *ARD* potenciál, môže ju prevádzkovateľ použiť na dobudovanie odkaliska v záujme optimálneho využitia územia. Hlušina je z povrchovej ťažobne dopravovaná autami a sypaná na vonkajšiu stranu hrádze odkaliska, rovnomerne rozhrňaná a zhutňovaná s ílovitým materiálom.

Pretože má hlušina inertný charakter, nehrozí žiadne environmentálne riziko spojené s uložiskom odpadu z úpravy v závode na ťažbu zlata Ovacik. (podľa pravdepodobnostného hodnotenia rizika vykonaného nezávislým konzultantom) [56, AU GROUP, 2002].

V oblasti **Boliden** je hlušina produkovaná v piatich baniach zásobujúcich úpravňu rudou. Pretože tieto bane ťažia hlavne rudy farebných kovov, je nakladanie s jalovinou popísané v časti pre farebné kovy [50, AU GROUP, 2002].

Vo **Fión Sur** sa vytvorí 0,1 milióna t hlušiny za rok. Nie sú žiadne informácie ako sa s ňou nakladá ani o vlastnostiach tohto materiálu [57, IGME, 2002].

V banskom závode **Orivesi** sa všetka hlušina používa ako základka v podzemných priestoroch. Na povrch sa nedostane žiadna hlušina [59, HIMMI, 2002].

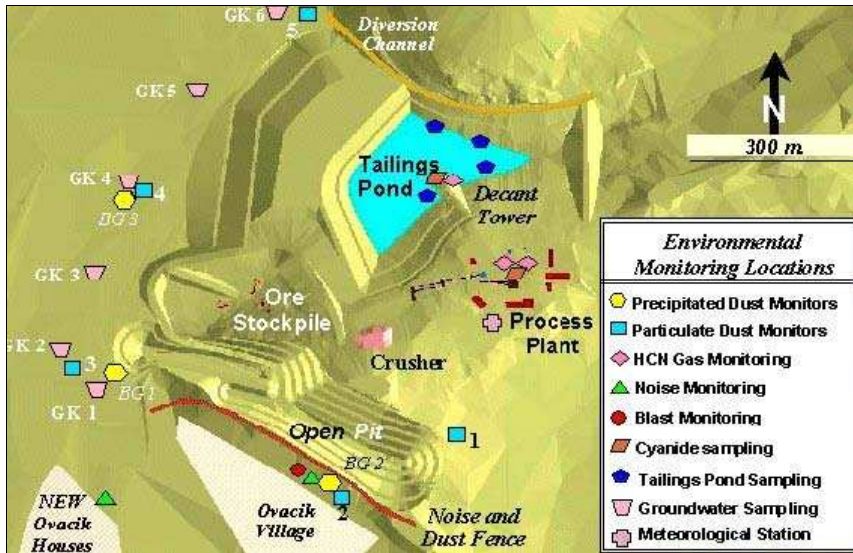
V **Río Narcea** bolo v roku 2001 vyprodukovaných 6 miliónov t hlušiny. Približne 20 miliónov t hlušiny je uložených na odvaloch v areáli bane. Humusová zemina je uložená osobitne, a tak sa môže použiť pri rekultivácii územia. Hlušina z ťažby sa bude používať na vyplnenie vydobytých povrchových priestorov podľa postupu ťažby. Prvotná halda hlušiny z počiatkov povrchovej ťažby bude uzavretá *in situ*. Hlušina je zložená hlavne zo silikátových hornín (granit a pieskovec) a rôznych karbonátov (vápenec) [58, IGME, 2002].

¹⁸ *ARD* potenciál – potenciál tvorby kyslých výluhov (*ARD* – *Acid Rock Drainage*)

3.1.6.5 Súčasná úroveň emisií a spotreby

V bani **Bergama-Ovacik** bol okrem bežného pracovného monitoringu bezpečnosti a zdravia zavedený aj program environmentálneho monitoringu. Oficiálny monitorovací výbor určený tureckou vládou vykonáva kontrolné vzorkovanie. Údaje z environmentálneho monitoringu sú zhrnuté v mesačných správach a predkladané príslušným orgánom. Tieto údaje sú cez rôzne médiá, vrátane tlače a iných verejných správ, prístupné aj verejnosti. Lokality environmentálneho vzorkovania (monitorovania) sú zobrazené na obrázku 31.

Obrázok 31. Lokality environmentálneho monitoringu bankého závodu Ovacik [56, AU GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

Environmental Monitoring Locations – lokality environmentálneho monitoringu, *Precipitated Dust Monitors* – monitory usadeného prachu, *Particulate Dust Monitors* – monitory častíc prachu (prachu v ovzduší), *HCN Gas Monitoring* – monitorovanie plyného HCN, *Noise Monitoring* – monitoring hluku, *Blast Monitoring* – monitoring výbuchov (odstrelov), *Cyanide sampling* – vzorkovanie na kyanidy, *Tailings Pond Sampling* – vzorkovanie odkaliska, *Groundwater Sampling* – vzorkovanie podzemnej vody, *Meteorological Station* – meteorologická stanica, *Diversion Channel* – odvádzací kanál, *Tailings Pond* – odkalisko, *Decant Tower* – dekantačná (prelivová) veža, *Process Plant* – úpravná, *Ore Stock pile* – rudná halda, *Crusher* – drvič, *Open Pit* – povrchová ťažobňa, *Noise and Dust Fence* – protihluková a protiprachová zábrana, *Ovacik Village* – dedina Ovacik, *New Ovatick Houses* – nové domy dediny Ovacik.

Riadiaci (kontrolný) program realizovaný v spracovateľskom závode **Boliden** obsahuje:

- monitoring povrchu (početné monitorovacie body s rozdielnou frekvenciou) a monitoring podzemnej vody (17 monitorovacích sond s mesačným vzorkovaním),
- emisie do vzduchu (prach a plyny),
- monitoring neutralizácie CN na rôznych miestach (vypúšťaný odpad zo zariadenia na neutralizáciu CN na odkalisko je vzorkovaný 6-krát za deň a vypúšťaná voda z odkaliska je vzorkovaná denne),
- monitoring hluku a vibrácií,
- výskum recipientov.

Údaje z environmentálneho monitoringu sú zhrnuté v mesačných správach a predkladané regulačným orgánom a poskytované verejnosti rôznym spôsobom, vrátane miestneho referenčného tímu, ktorý sa pravidelne stretáva na území banského závodu, aby prediskutoval akýkoľvek problém a zabezpečoval celkovú informovanosť.

3.1.6.5.1 Nakladanie s vodou a čínidlami

Projekt a riadenie pre odkalisko **Bergama-Ovacik** sú vypracované tak, aby bolo „nulové“ prepúšťanie vody do prírodných médií. Toto je možné tak, že prevádzka je „čistý“ odberateľ vody (kvôli aridným klimatickým podmienkam) a opakovane používa všetku vodu z odkaliska v úpravárenskom procese. Priemerný úhrn ročných zrážok a vyparovania v oblasti je 728 a 2 313 mm (t. j. je tu negatívna hydrologická bilancia).

Zberná oblasť hornej hrádze je približne 0,6 km². Maximálny prívalový prítok je vypočítaný na 24,6 m³.s⁻¹ pre prvú hodinu extrémnych zrážok. V prípade takýchto extrémnych zrážok budú potenciálne prívalové vody zo zbernej oblasti zachytené v nádrži na odtokové vody za hornou hrádzou. Nahromadená voda bude prečerpávaná do odkaliska, alebo bude priamo odvedená do odvádzacieho kanála, ktorý je vybudovaný pozdĺž severnej strany odkaliska.

Spotreba vody v úpravni rudy **Boliden** je približne 4,5 mil. m³ za rok alebo 2,9 m³ na t rudy. Voda je získavaná z jazera, ktoré je 2 km severne od úpravne. Nejaké množstvo recirkulovanej vody sa používa v mlyne na čistenie a úpravu v cyklóne. Z celkového množstva vody používanej v úpravni je okolo 10,5 % recirkulovanej vody.

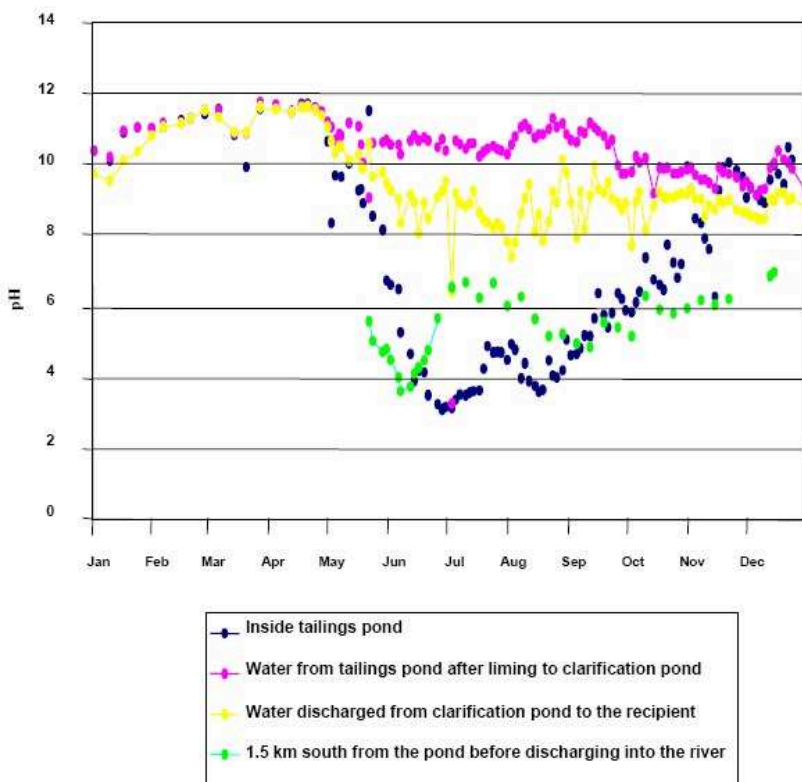
Vďaka oxidácii tiosolí a v závislosti na ročnej dobe má voda v odkalisku nízke pH a obsahuje zvýšené koncentrácie kovov. Odtoková voda z odkaliska je preto upravovaná v zariadení na pridávanie haseného vápna, ktoré je umiestnené na výpusti z odkaliska. Na zber zrazenín bola vybudovaná sedimentačná nádrž. Nádrž je bágrovaná dvakrát ročne a zrazeniny sú uložené v odkalisku. Prietok vypúšťanej vody sa denne meria. Objem vypúšťanej vody z odkaliska je uvedený v nasledovnej tabuľke.

Tabuľka 40. Voda vypúšťaná z odkaliska Boliden v rokoch 1997 – 2001

Rok	1997	1998	1999	2000	2001
Prietok (l.s⁻¹)	254	238	186	218	352
Objem (mil.m⁻³)	8,0	7,5	5,9	6,9	11,11

Nasledujúci obrázok ilustruje sezónne zmeny v kvalite vody v systéme odkaliska a vo vode recipientu (údaje z roku 2001).

Obrázok 32. Sezónne zmeny v kvalite vody v odkalisku a v recipiente v lokalite Boliden v roku 2001 [50, AU GROUP, 2002]



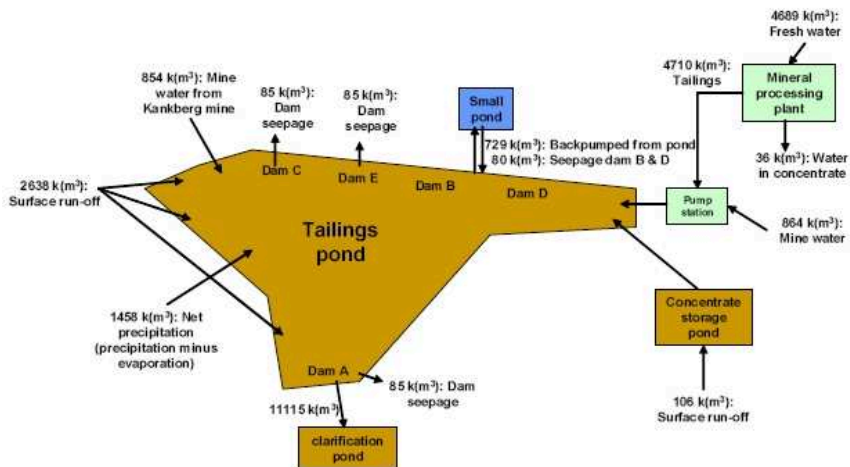
Vysvetlivky:

Inside tailings pond – vo vnútri odkaliska, *Water from tailings pond after liming to clarification pond* – voda z odkaliska po vápnení odvádzaná do sedimentačnej nádrže, *Water discharged from clarification pond to the recipient* – voda vypúšťaná zo sedimentačnej nádrže do recipientu, *1,5 km south from the pond before discharging into the river* – 1,5 km južne od nádrže pred vypustením do rieky.

Vzorkovacie body na obrázku hore sú na štyroch rôznych miestach: v odkalisku, na výtoku vody z odkaliska do čistiacej nádrže po vápnení, na výtoku vody z čistiacej nádrže do recipientu a 1,5 km južne od nádrže pred vypustením do rieky. pH v odkalisku je v zimnom období 10 – 11. Počas jari a leta pH klesne na 3,5 kvôli oxidácii tiosolí. Odtoková voda je preto upravovaná haseným vápnom na pH 9 – 11, aby sa neutralizovala hore zmienaná kyslosť.

V roku 2002 bude spodná hrádza zvýšená, výpustný systém bude prebudovaný a bude inštalovaný nový systém na monitorovanie prietoku. Vypúšťaná voda z odkaliska bude prevedená z dekantáčnej veže do prelivového kanála v prírodnom podklade. Záložný systém pre vypúšťanú vodu v odkalisku bude vylepšený. Hydrologická bilancia pre úpravňu rúd, odkalisko a okolie v bankom závode Boliden pre rok s priemernými zrážkami je ilustrovaná na nasledujúcom obrázku.

Obrázok 33. Hydrologická bilancia v bankom závode Boliden [50, AU GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

Surface run-off – povrchový odtok, *Net precipitation (precipitation minus evaporation)* – čisté zrážky (zrážky mínus vyparovanie), *Mine water from Kankberg mine* – banká voda z bane Kankberg, *Dam seepage* – presakovanie hrádze, *Small pond* – malá vodná nádrž, *Backpumped from pond* – prečerpávané späť z nádrže, *Seepage dam B&D* – presakovacia hrádza B&D, *Fresh water* – čerstvá voda, *Mineral processing plant* – prevádzka na úpravu nerastov (úpravňa), *Water in concentrate* – voda v koncentráte, *Pump station* – čerpacia stanica, *Mine water* – banká voda, *Concentrate storage pond* – nádrž na uskladňovanie koncentrátu, *Clarification pond* – čistiaca nádrž.

Na území bankého závodu je pod úpravňou stará povrchová ťažobňa a šachta. Odtokajúca voda je čerpaná do odkaliska, aby bola upravená pred vypustením do recipientu. Odtokajúca voda z odkaliska je nepretržite prečerpávaná späť do odkaliska. Malé jazero severne od odkaliska je čerpané nepretržite, aby sa udržala nižšia hladina vody ako v okolí a takto sa zabránilo akýmkoľvek priesakom. Pre výpočet vodnej bilancie sa zhromažďujú údaje ako hrúbka snehovej pokrývky, množstvo dažďových zrážok, hladina podzemnej vody. Pre výpočet vodnej bilancie sa používajú aj údaje o obsahu vody v koncentrátoch. Používa sa zariadenie na monitorovanie množstva vody v systéme. Výtok vody z odkaliska Boliden prebieha len cez priepust v hrádzi A. Priesaky cez hrádze B, C, D a E sú z malej zbernej nádrže čerpané späť do odkaliska.

Je potrebné poznamenať, že v odkaliskách Boliden zriedenie zrážkami a povrchovým odtokom spôsobuje zníženie koncentrácie CN (okrem prírodného rozkladu CN zlúčenín). Spotreba čerstvej vody v spracovateľskom procese úpravne je nepretržite monitorovaná.

Pri lúhovaní zlata sa v prevádzke Boliden používa kyanid sodný. Na neutralizáciu (detoxikáciu) kalu pred jeho vypustením na odkalisko sa používa kyslíčnik síričitý (SO_2) a na reguláciu pH hasené vápno.

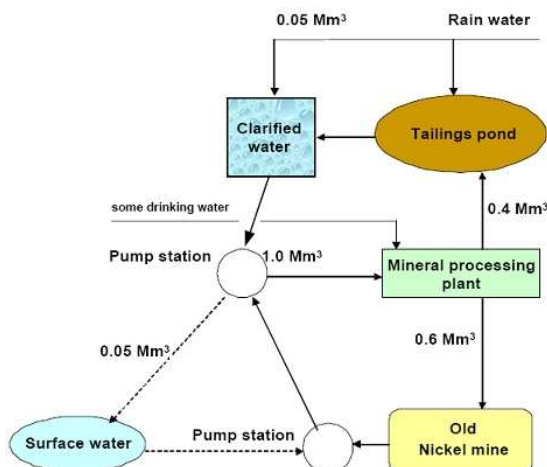
V roku 2001 bola spotreba chemikálií použitých na vyťaženie zlata (pri výrobnnej kapacite 0,8 milióna t) nasledovná:

- vápno (zlato a polymetaly spolu): 5 000 t,
- kyslíčnik síričitý: 1 260 t,
- kyanid sodný: 450 t.

Kyanid (CN), ktorý je po detoxikácii vypustený na odkalisko, podlieha tu ďalšiemu prírodnému rozkladu. Toto je dôvod ďalšieho poklesu koncentrácií CN v odkalisku, a ak je odtok, tak v odtoku z odkaliska. Hodnoty z odkaliska Ovacik, kde nie je žiadny odtok do recipientu ukazujú, že priemerná koncentrácia kyanidu rozložiteľného v slabej kyseline (w_{AD} CN) v odtoku do odkaliska je $0,33 \text{ mg.l}^{-1}$, zatiaľ čo koncentrácia v samotnej nádrži je $0,19 \text{ mg.l}^{-1}$.

Na odkalisku **Boliden** je celková CN koncentrácia na odtoku do odkaliska priemerne $0,89 \text{ mg.l}^{-1}$, zatiaľ čo celkový CN na odtoku z nádrže je priemerne len $0,06 \text{ mg.l}^{-1}$. Predpokladá sa, že v odkalisku prebieha prirodzený rozklad stopových kyanidov.

Obrázok 34. Obeh vody v banskom závode Orivesi [50, AU GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

Rain water – dažďová voda, *Clarified water* – vyčistená voda, *Some drinking water* – nejaké množstvo pitnej vody, *Pump station* – čerpacia stanica, *Mineral processing plant* – úpravňa rudy, *Surface water* – povrchová voda, *Old Nickel mine* – stará niklová baňa.

V banskom závode **Orivesi** je vyčistená voda z odkaliska, vrátane dažďovej vody alebo vody zo starej podzemnej bane, znova používaná pri spracovaní. Úpravňa používa pri spracovaní len túto vodu, žiadnu inú vodu z prírodných povrchových tokov nepoužíva. V závislosti od množstva zrážok je niekedy potrebné (ale nie každý rok) odstrániť nadbytočnú vodu zo systému odvedením do rieky. Recyklovanie vody ušetrí aj malé množstvo reagentov, ale úspory nie sú veľmi významné, pretože sa flotačné reagenty v areáli odkaliska rozkladajú. Schematická bilancia vody je na obrázku 34.

Jednotková spotreba reagentov v bani na zlato Orivesi v roku 2001 je v nasledovnej tabuľke.

Tabuľka 41. Jednotková spotreba reagentov v banskom závode Orivesi

Činidlo	Spotreba (g.t ⁻¹)
SIBX	50
DTP	50
Penidlo (<i>Dowfroth</i>)	8
Vločkovacie činidlo	2
Oceľové gule	1 500
Oceľové tyče	700

3.1.6.5.2 Emisie do ovzdušia

V banskom závode **Bergama-Ovacik** sú prach a emisie HCN denne monitorované. Prachové emisie sú likvidované zvlhčovaním povrchu ciest a odlučovačmi prachu pri drvičoch a dopravníkoch. Plyný HCN je monitorovaný nad lúhovacími nádržami a na hrádzi odkaliska; monitorované hodnoty sú takmer nulové. Odlučovač aj čistí plynné emisie z regeneračnej pece aktívneho uhlia.

V úpravni rudy **Boliden** sú emisie do vzduchu monitorované. Počas ostatných rokov bol najväčší zdroj emisií do vzduchu - sušenie koncentrátov, úplne eliminovaný zavedením filtrov namiesto sušiacich pecí. Prevádzka lúhovania zlata má kompletnú čistiacu stanicu pre všetok odvetrávaný vzduch. Tento vzduch prechádza cez mokrú práčku vzduchu, kde je všetok možný HCN absorbovaný roztokom hydroxidu sodného s vysokým pH. Roztok nasýtený s CN sa vracia do *CIL* procesu. Regeneračná pec pre aktívne uhlie je vybavená mokrou práčkou, kde sa pridáva hasené vápno na úpravu pH.

Emisie z prevádzky lúhovania zlata v roku 2001 sú zosumarizované v nasledovnej tabuľke. Okrem emisií uvedených v tabuľke oznámila úpravňa Boliden emisie častíc prachu v suspenziách v množstve 0,1 t.

V banskom závode **Orivesi** sa emisie do vzduchu nemerajú, ale nejaké emisie prachu vznikajú v prevádzke drvenia.

Tabuľka 42. Emisie do ovzdušia v prevádzke vylúhovania zlata Boliden

Dátum	Prevádzk. doba	Emisie				
		Prach	CN _{celk.}	Hg	H ₂ S	SO ₂
Regenerácia aktívneho uhlia	hod	kg	kg	kg	kg	kg
2001 – 10 - 16	30	128,550	0,270	0,000	8,700	1,275
2001 – 11 - 22	30	1,350	0,009	0,006	10,050	1,275
Mokrú práčka						
2001 – 11 - 22	1400	–	4,200	–	–	–
2001 – 10 - 16	1400	–	3,080	–	–	–
2001 – 07 - 03	1400	–	0,042	–	–	–
Sušičky						
2001 – 12 - 03	437,5	0,013	0,051	–	–	–
2001 – 09 – 25	437,5	0,001	0,001	–	–	–
Celkom		129,91	7,65	0,007	18,75	2,55

3.1.6.5.3 Emisie do vody

Zo závodu **Bergama-Ovacik** nebol počas roku 2001 žiadny odtok vody a preto neboli žiadne priame emisie do povrchovej vody. Monitoring podzemnej vody neindikuje žiadny únik do podzemnej vody.

Emisie zo závodu **Boliden** do povrchovej vody za posledné štyri roky (1998 – 2001) sú zosumarizované v nasledovnej tabuľke. Ročné priemerné koncentrácie sú dané spolu s celkovým ročným súčtom každého prvku.

Tabuľka 43. Emisie do povrchovej vody zo závodu Boliden

Rok	Objem	Cu		Pb		Zn		As		Cd	
		Mm ³	µg.l ⁻¹	kg	µg.l ⁻¹	kg	µg.l ⁻¹	kg	µg.l ⁻¹	kg	µg.l ⁻¹
2001	11,1	7	72	19	191	0,1	1,07	14	156	0,1	1
2000	6,9	10	70	34	235	0,11	0,77	8	55	0,1	3,0
1999	5,9	8	51	10	59	0,2	1,04	10	58,7	0,1	0,6
1998	7,5	22	134	20	100	0,22	1,33	1	7,5	0,2	1,5

Výroba v prevádzke vylúhovania zlata začala v júli 2001. Vo zvyšnej časti tohto roka bolo vypustených celkom 417 kg CN_{celk.}. Keď prevádzka začala pravidelnú výrobu, priemerná koncentrácia CN_{celk.} v odtoku dosiahla 0,06 mg.l⁻¹.

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené celkové emisie do povrchovej vody v banskom závode **Orivesi** za rok 2000.

Tabuľka 44. Emisie do vody z banského závodu Orivesi

Parameter	Jednotka	Rok 2000
Odtok vody z odkaliska	m ³	780 000
Ca	t	–
SO ₄	t	680
Chemická spotreba kyslíka	t	–
Hmotnosť sušiny	t	15
Cu	kg	10
Zn	kg	–
Fe	kg	–
Cd	g	–
Ni	kg	278
Cr	kg	–

Po zatvorení bane na nikel, keď podzemná voda dosiahla pôvodnú úroveň, bolo zistené mierne zvýšenie obsahu kovov v podzemnej vode (v porovnaní s obsahmi v základnej štúdií). Voda z kalových odpadov zo súčasného spracovania zlata nezvýšila obsah kovov v podzemnej vode.

3.1.6.5.4 Spotreba energie

V prevádzke nakladania s odpadmi v banskom závode **Orivesi** je spotreba energie 1 kWh.t⁻¹. Celková spotreba energie v závode na tonu rudy je 53,5 kWh.t⁻¹.

V banskom závode **Ovatick** je celková mesačná spotreba energie (podľa prvých 10 mesiacov prevádzky) 1500 MWh. Vo vzťahu k projektovanej kapacite 0,3 milióna t.rok⁻¹ vychádza celková spotreba energie 60 kWh na tonu spracovanej rudy.

V ťažobnom závode **Boliden** sa odhaduje, že na nakladanie s odpadovými kalmi sa spotrebuje okolo 2 kWh.t⁻¹.

3.1.7 Volfrám

V tejto časti sú uvedené informácie o bankách podnikoch Panasqueira v Portugalsku a Mittersill v Rakúsku.

3.1.7.1 Mineralógia a dobývacie metódy

Volframit ($(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ - volframan železnomangánatý) je v skutočnosti izomorfná zmes dvoch minerálov; hübneritu a ferberitu. Hübnerit je mangánový volframan, zatiaľ čo ferberit je železný volframan. Volframit je názov skupiny minerálov a ich zmesí, v ktorých ich nie je možné rozoznať. Väčšina zmesných W minerálov nájdených v prírode spadá v 20 – 80% rozsahu do tejto skupiny a nazývajú sa volframity. Len ak majú viac ako 80 % mangánu nazývajú sa hübnerit a naopak, ak majú viac ako 80 % železa nazývajú sa ferberit. Scheelite (CaWO_4 , volframan vápenatý) je dôležitá ruda volfrámu, ktorý je strategicky dôležitý kov. Scheelit sa volá podľa objaviteľa volfrámu, K. W. Scheele [37, MINERALGALLERY, 2002].

Banký podnik **Panasqueira** v Portugalsku ťaží ferberitový typ volframitu. V roku 2000 bolo vytŕažených 332 000 t rudy, z ktorej vzniklo 1 269 t volframitového koncentrátu (75 % WO_3), 12 t kasiteritového koncentrátu (72 % Sn) a 132 t chalkopyritového koncentrátu (28 % Cu).

Rudné teleso Panasqueira sa vyskytuje ako sled takmer paralelných kremenných žíl obsahujúcich, medzi inými minerálmi, volframit a kasiterit. Zrudnená zóna má dĺžku približne 500 až 1 000 m a pokračuje 500 m smerom nadol. Vyššia časť rudného telesa je vytŕažená. Volframitové zrudnenie sa vyskytuje vo forme veľmi veľkých kryštálov alebo veľkých kryštálových agregátov, zvyčajne koncentrovaných okolo okrajov, alebo niekedy, blízko strednej línie horniny okolo kremennej žily. Zrudnenie môže byť sprevádzané intenzívnou premenou biotitu.

Používanou dobývacou metódou v bankom podniku **Panasqueira** je komorové dobývanie [141, Panasqueira, 2003].

Banká prevádzka v podniku **Mittersill** sa začala v roku 1975 povrchovou ťažbou. V roku 1979 bola rozvinutá podzemná ťažba. Povrchová ťažba bola zatvorená v roku 1986. V súčasnosti sa ťaží v podzemnej bani 450 000 t rudy ročne s priemerným obsahom 0,50 % WO_3 .

Okolitú horninu ložiska Mittersill tvoria kremenné šošovky, laminované kvarcity, pyroxenity, ortoruly, amfibolity a granity. Volfrám obsahujúci minerál v Mittersille je scheelit (CaWO_4). Hlavnými nerudnými minerálmi žilnej výplne sú kremeň, silikáty (slúda, mastenec, biotit, amfíbol, pyroxén, atď.), karbonáty, apatit a sulfidy. Obsah sulfidických minerálov je < 0,5 %. Najčastejší sulfidický minerál je pyrotín. Menej časté sú pyrit, chalkopyrit, galenit a molybdenit.

Celá banká prevádzka v Mittersille je situovaná v chránenom území. Preto sú všetky sociálne zariadenia, dielne a sklady umiestnené pod zemou. Ruda je drvená pod zemou. Baňa a úpravňa sú spojené 3 km dlhou štôľňou. Ruda je z drviacej stanice transportovaná systémom pásových dopravníkov do úpravne.

Hlavné dobývacie metódy používané na vytŕaženie masívneho (pevného) rudného telesa sú:

- medziobzorové ústupkové dobývanie,
- medziobzorový (podobzorový) zával a
- výstupkové dobývanie so základkou.

Hlušina, ktorá je vyťažená počas prípravných prác v rudnom telese, je ukladaná do otvorených vyťažených priestorov v podzemí. Na povrchu nie sú žiadne haldy kalu. Odpad z úpravy sa používa ako základka vo vyťažených priestoroch.

3.1.7.2 Úprava nerastov

V prevádzke **Panasqueira** je volframit z rudy získavaný kombináciou separácie v ťažkej kvapaline, na natriasacích stoloch a flotácie. Cín a meď sa takisto odstraňujú flotáciou [14, PANASQUEIRA, 2003].

V prevádzke **Mittersill** sa kvôli jemnému prerastaniu scheelitu so žilnými minerálmi ruda upravuje flotáciou, pretože použitie gravitačnej separácie by spôsobovalo veľké straty scheelitu a tým by bola prevádzka neekonomická. V nasledujúcej časti je obeh materiálu v prevádzke Mittersill popísaný podrobnejšie.

3.1.7.2.1 Drvenie a mletie

Zariadeniami trojstupňového drviaceho systému, ktorý je umiestnený pod zemou, je ruda drvená na veľkosť úlomkov < 14 mm. Predtým ako je rozdrvená ruda pomocou systému pásových dopravníkov v 3 km dlhej štôlni dopravená do úpravne, je skladovaná v dvoch podzemných rudných zásobníkoch. Hneď vedľa úpravne je zásoba rudy na halde v takom množstve, aby sa zabezpečil kontinuálny prísun rudy do úpravy, pretože produkcia v drviarni je prerušovaná.

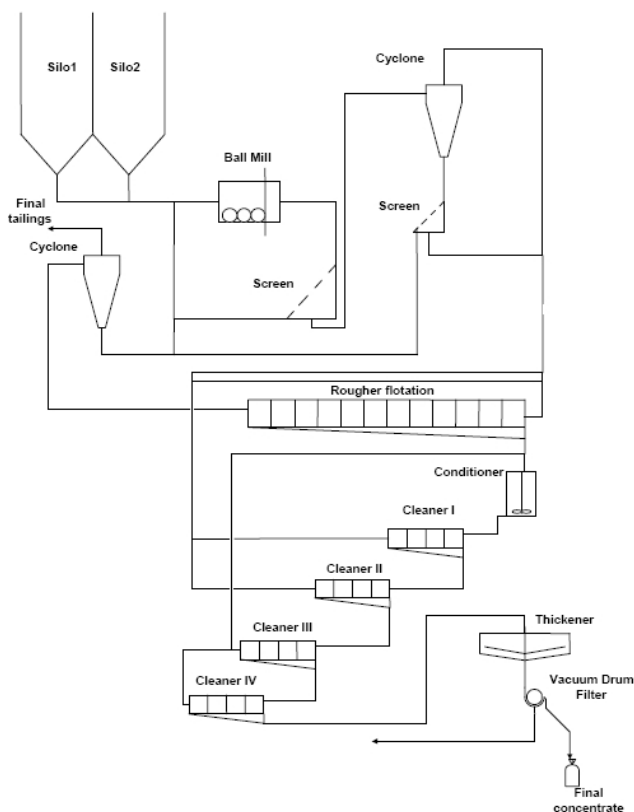
Maximálna veľkosť úlomkov podávanej rudy je ďalej zmenšená na < 10 mm v jednostupňovom drviacom zariadení zloženom z kuželového drviča, ktorý pracuje v uzavretom okruhu s vibračným sitom. Rozdrvená ruda je skladovaná v dvoch silách. Odtiaľ je ruda podávaná do jednostupňového guľového mlyna s rýchlosťou podania 80 – 82 t.hod⁻¹. Aby sa dosiahlo dostatočné uvoľnenie scheelitu zo žiloviny musí byť ruda rozomletá tak, že minimálne 80 % zŕn je veľkosti 180 μm. Materiál z mlyna je prečerpávaný do triediaceho zariadenia, ktoré sa skladá zo sít a hydrocyklónového odlučovača. Jemné častice maximálnej veľkosti do 500 μm sú čerpané do flotačného procesu, hrubá frakcia je znovu premlená v guľovom mlyne [52, TUNGSTEN GROUP, 2002].

3.1.7.2.2 Separácia

Flotácia sa skladá z jednotky hrubého triedenia a štyroch čistiacich stupňov. Vyrába sa koncentrát s priemernou kvalitou 40 % WO₃. Hrubší odpad z úpravy je čerpaný do hydrocyklónového odlučovača. Spodný prúd odlučovača, ktorý obsahuje hrubozrný a vrasťený scheelit, je vracaný do guľového mlyna na premltie. Preliv (prepad) z odlučovača je tok finálneho odpadu z úpravy. Kolektory používané pri flotácii sú masťné kyseliny (karboxyláty), alkylsulfonáty a alkylsírany.

Technologická schéma úpravnickeho zariadenia je na nasledovnom obrázku.

Obrázok 35. Technologická schéma zariadenia na úpravu rudy Mittersill [52, TUNGSTEN GROUP, 2002]



Vysvetlivky:

Final tailings – finálny odpad z úpravy, *Cyclone* – cyklónový odlučovač, *Ball mill* – guľový mlyn, *Screen* – sito, *Rougher flotation* – hrubšia flotácia, *Conditioner* – upravovač, *Cleaner* – čistiace zariadenie (filter), *Thickener* – zahusťovač, *Vacuum drum filter* – vákuový bubnový filter, *Final concentrate* – finálny koncentrát.

3.1.7.3 Nakladanie s odpadmi

Odpad z úpravy v prevádzke **Panasqueira** je ukladaný v nádržiach [141, Panasqueira, 2003].

Odpad z úpravy v prevádzke **Mittersill** predstavuje 99 % zo vstupného podania do úpravárenského procesu. Pri súčasnej spracovateľskej kapacite 450 000 t.rok⁻¹ je potrebný skládkový objem 250 000 m³ na každý rok.

Úložiská ťažobného odpadu v prevádzke Mittersill pozostávajú z dvoch zariadení:

- odkaliska, približne 10 km od úpravne rudy v údolí a
- základkového systému s maximálnou kapacitou 35 % z podania do úpravne rudy.

Odkalisko pokrýva plochu 34 ha, z toho 20 ha už bolo rekultivovaných.

3.1.7.3.1 Charakteristika kalu z úpravy

Boli charakterizované chemické vlastnosti odpadu z úpravy. Testy zahŕňali:

- vykonávanie vylúhovacích testov a
- určenie celkového obsahu ťažkých kovov vylúhovaním pevných častíc lúčavkou kráľovskou.

Nasledujúca tabuľka zobrazuje výsledky z týchto skúšok.

Tabuľka 45. Výsledky z vyluhov odpadu z úpravy v prevádzke Mittersill [52, TUNGSTEN GROUP, 2002]

Parameter vyluhu	Výsledky skúšky	Parameter vyluhu	Výsledky skúšky
pH	7,8	Ni, mg.l ⁻¹	< 0,05
Vodivosť	0,8	Hg, mg.l ⁻¹	<0,001
Ca, mg.l ⁻¹	10	Se, mg.l ⁻¹	<0,01
Mg, mg.l ⁻¹	9	Ag, mg.l ⁻¹	<0,05
Al, mg.l ⁻¹	0,17	Th, mg.l ⁻¹	<0,01
Sb, mg.l ⁻¹	< 0,01	V, mg.l ⁻¹	<0,01
As, mg.l ⁻¹	< 0,05	Zn, mg.l ⁻¹	<0,5
Ba, mg.l ⁻¹	< 0,5	Sn, mg.l ⁻¹	<0,05
Be, mg.l ⁻¹	< 0,005	F, mg.l ⁻¹	<0,01
B, mg.l ⁻¹	< 0,01	PO ₄ , mg.l ⁻¹	0,6
Pb, mg.l ⁻¹	< 0,05	SO ₄ , mg.l ⁻¹	156
Cd, mg.l ⁻¹	< 0,005	CN, mg.kg ⁻¹ sušiny	n/d
Cr celkový, mg.l ⁻¹	< 0,05	F, mg.kg ⁻¹ sušiny	n/d
Fe, mg.l ⁻¹	< 0,1	NO ₃ N, mg.kg ⁻¹ sušiny	0,8
Co, mg.l ⁻¹	< 0,01	A-PAL, mg.kg ⁻¹ sušiny	<0,05
Cu, mg.l ⁻¹	< 0,01	TOC, mg.kg ⁻¹ sušiny	nedetekovateľné
Mn, mg.l ⁻¹	< 0,01	EOX, mg.kg ⁻¹ sušiny	nedetekovateľné

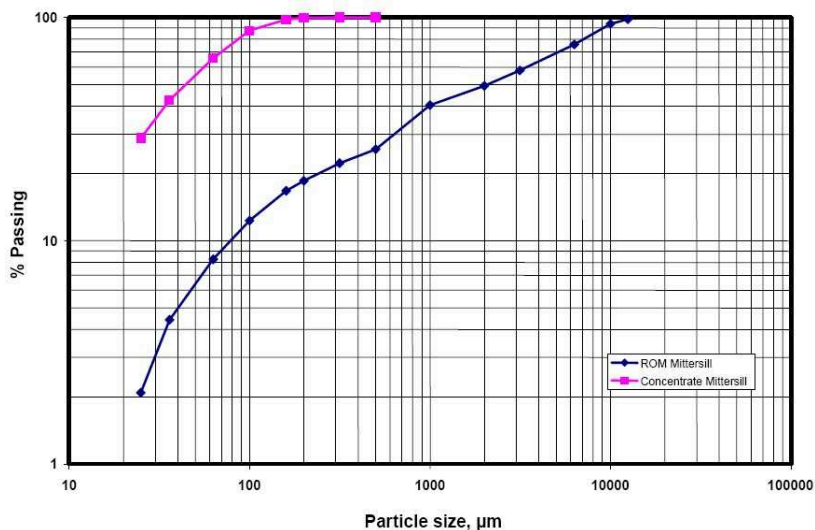
Poznámka:

A-PAL – aniónové povrchovo aktívne látky, TOC – celkový obsah organického uhlíka, EOX – extrahovateľné organické halogénované uhľovodíky; všetky údaje mg.kg⁻¹ uvádzané ako mg.kg⁻¹ sušiny

Tabuľka 46. Obsahy ťažkých kovov v kale z úpravne Mittersill [52, TUNGSTEN GROUP, 2002]

Parameter - celkový obsah	Výsledky skúšok (mg.kg ⁻¹ v sušine)
As	7
Cd	< 0,5
Co	< 0,5
Cr	31
Cu	< 0,5
Ni	22
Hg	nedetekovateľné
Pb	12
Zn	82
THC (celkové uhl'ovodíky)	nedetekovateľné
HC (uhl'ovodíky)	nedetekovateľné
PAH (polycyklické aromatické uhl'ovodíky)	nedetekovateľné

Nasledujúci graf zobrazuje zrnitostné zloženie vstupného materiálu (podania) do úpravne rudy a odpadu z úpravy.

Obrazok 36. Zrnitostné zloženie vstupného materiálu do úpravne a kalu z úpravy v prevádzke Mittersill [52, TUNGSTEN GROUP, 2002]

Vysvetlivky:

Particle size – veľkosť zrna, Passing – prepad cez sito.

3.1.7.4 Aplikované metódy

Systém základky bol zavedený v roku 1987 a skladá sa z lamelového zahusťovača, piestového membránového čerpadla a oceľového potrubia, ktoré spája úpravňu s rôznymi horizontmi podzemnej bane. Základka musí byť čerpaná na vzdialenosť 3 000 m a do maximálnej výšky 280 m.

Odkalisko prevádzkované v súčasnosti je situované južne od malej dedinky Stuhlfelden. Vzniklo v roku 1982. Dovtedy bolo v prevádzke prvé odkalisko „Felbertal“, ktoré sa nachádza hneď oproti úpravni rudy. Konečná výška tohto prvého odkaliska bola 24 m. Hrádza bola vybudovaná metódou zvyšovania hrádze „proti vode“. Každých 8 m bol vybudovaný drenážny prvok. Základná hrádza je vybudovaná z výkopového materiálu, druhý a tretí stupeň boli vybudované s použitím odpadu z úpravy.

Odkaliská pri dedinke Stuhlfelden sú vybudované s použitím metódy navyšovania hrádzí z vnútornej strany („proti vode“). Konečná výška hrádzí odkalísk Stuhlfelden I a II bola 16 m. Hrádza IV A a IV B dosiahnu konečnú výšku 24 m. Základné hrádze nádrží I a II s výškou 4 m boli vybudované s použitím výkopového materiálu. Základná hrádza odkaliska IV A bola vybudovaná z odpadu z úpravy. Na ochranu proti erózii je povrch hrádze pokrytý humusom a zatravněný. Na jednej strane je územie obmedzené svahom. Dve cesty, ktoré križujú svah vo výške 30 a 60 m nad nádržou bránia nekontrolovanému prítoku povrchovej vody do priestoru odkaliska.

Predtým ako sa postavila prvá hrádza bolo územie preskúmané geotechnickým prieskumom. Tam, kde to bolo potrebné, bolo podložie hrádze spevnené. Výstavba bola pod dozorom geotechnických inžinierov a posudzovaná vodohospodárskymi a banskými orgánmi. Na zamedzenie prachových emisií z plochy odkaliska je na jar a v lete povrch vody v nádrži udržiavaný dostatočne vysoko. Na jeseň je voda vypúšťaná do blízkeho potoka. Na zabránenie prašnosti na ploche odkaliska bol inštalovaný automatický kropiaci systém. Kropiaci systém je spúšťaný a riadený z centrálnej riadiacej miestnosti úpravne. Počas zastavení výroby v úpravni sú v službe pohotovostné tímy, ktoré dozerajú na odkalisko. Najbližšia rieka Salzach je vzdialená od odkalísk približne 600 m.

3.1.7.4.1 Bezpečnosť odkalísk a prevencia havárií

Hrádze sú každý rok zvyšované po 2,5 m úsekoch. Výška vrstiev ukladaných na povrch hrádze je 0,5 m. Hrádza je rozdelená na úseky po 50 m. Z každého profilu sa berú štyri vzorky z navezenej vrstvy. Zhutnenie je kontrolované metódou podľa Proctora. Z jednej vzorky z každého profilu musí byť urobený zrnitosťný rozbor. Výstavba, monitorovanie, vzorkovanie a spracované údaje sú kontrolované stavebným inžinierom a štátnym úradom.

Na monitorovanie usadzovania odpadu z úpravy sú v nádrži nainštalované piezometre. Pohyby terénu sa kontrolujú raz ročne. Údaje sú kontrolované štátnym úradom.

Monitoring odkaliska robia vedúci výroby trikrát za deň. V prípade silných dažďov a porúch hrádzí môže byť prebytočná voda vypustená cez núdzový výpust.

Na zabránenie erózie hrádze kalmi je vnútorný povrch hrádze pokrytý geotextíliou.

3.1.7.4.2 Uzavretie úložísk a následná starostlivosť

Plánované je zakrytie povrchu odkaliska humusom a trávou. Po rekultivácii bude územie vrátené vlastníkom. Kal z úpravne Mittersill sa ľahko odvodňuje. Z už zrekultivovaných odkalísk je známe, že sa kal odvodní a spevní počas 2 – 4 rokov.

Počas prevádzky odkaliska sa už robí aj čiastočná rekultivácia. Hrádza má definitívny sklon. Vonkajší povrch hrádze je už pokrytý humusom a je rekultivovaný.

3.1.7.5 Nakladanie s hlušinou

V bani Mittersill je hlušina, ktorá je vyťažená počas prípravných prác v rudnom telese, ukladaná do otvorených porubov v podzemí. Na povrchu nie sú žiadne haldy hlušiny.

3.1.7.6 Súčasná úroveň emisií a limity3.1.7.6.1 Nakladanie s vodou a čínidlami

V úpravni sa nepoužíva žiadna recyklovaná voda z odkaliska.

3.1.7.6.2 Emisie do ovzdušia

Priemerné emisie prachových častíc z územia odkaliska sú v rozsahu $50 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}$ (za 28 dní).

3.1.7.6.3 Emisie do vody

Tabuľka 47 zobrazuje hodnoty parametrov nameraných na výtoku z odkaliska.

Tabuľka 47. Priemerné hodnoty parametrov nameraných na výtoku z odkaliska v prevádzke Mittersill [52, TUNGSTEN GROUP, 2002]

Parameter	Priemerné hodnoty v r. 1997
Teplota, °C	13,8
pH	7,9
Objem usadeniny, $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	< 0,1
Hliník, $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0,072
Železo, $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0,285
Volfrám, $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	< 0,1
Dusitan, $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	< 0,1
Fosfor, $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	< 0,1
Chemická spotreba kyslíka, $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	32,3
Uhlíkovodíky celkovo, $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	< 1

Monitoring výtoku z odkaliska vykonávajú laboratórni technici dvakrát za týždeň. Keď sa voda z odkaliska vypúšťa do blízkej rieky, denne sa robí vzorkovanie nad a pod výpustom. Tieto vzorky sú analyzované v laboratóriu závodu a v chemickom laboratóriu. Každý rok je odosielaná správa pre štátne úrady.

3.2 Nerudy

3.2.1 Baryty

V tejto práci sú uvedené nasledujúce ťažené ložiská v krajinách európskej 15-čky:

Tabuľka 48. Barytové bane v Európe

Miesto	Štát
Barytine de Chaillac, Chaillac	Francúzsko
Wolfach Dreislar Bad Lautenberg	Nemecko
Vera, Coto minero Berja	Španielsko
Foss Mine, Aberfeldy Closehouse Mine, Middleton-in-Teesdale	Veľká Británia

3.2.1.1 Mineralógia a dobývacie metódy

Baryt je nerast, ktorého chemický vzorec je BaSO_4 (sírán barmatý). V 15 krajinách EÚ je 55 % barytu produkovaného hlbinnou ťažbou [29, BARYTES, 2002]. Vo svetových rudných ložiskách, ktoré sú žilného typu, sa baryt vyskytuje ako sprievodný minerál. Ťažba sa vykonáva povrchovo aj hlbinne, v závislosti na geologických podmienkach a ekonomických ukazovateľoch v regióne. Pre každé ložisko sú najvhodnejšie technológie dobývania a spôsob úpravy veľmi špecifické. Skryvka a hlušina zostávajú obvykle na pôvodnom mieste, alebo sa predávajú ako stavebný materiál, alebo sú použité pri celkovej rekultivácii a obnove územia.

3.2.1.2 Úprava nerastov

Z dôvodu rôznorodého využitia barytu v priemysle neexistuje žiadna štandardná technologická schéma úpravy suroviny. Úprava suroviny je rôzna, od jednoduchej technológie typu drvenia a agregovania, cez separáciu v ťažkých kvapalinách, sádzačky, jemné mletie a flotáciu. V niektorých prevádzkach sa malé množstvá výrobku po úprave ďalej premývajú kyselinou z dôvodu predaja pre špeciálne účely [29, BARYTES, 2002]. Aspoň v jednom prípade je použitá optická separácia.

Základnou požiadavkou pre použitie v naftových vrtoch a pre aplikácie, kedy sa baryt používa ako plnivo (napríklad protihlukové materiály, ochrana proti rádioaktivity) je potrebná vysoká merná hmotnosť ($4,3 \text{ kg.dm}^{-3}$), ktorá je dosiahnutá pri obsahu 80 – 90 % BaSO_4 v koncentrácii. Z toho vyplýva, že technológie úpravy vyžadujú obvykle iba drvenie vyťaženého materiálu, bez dodatočnej úpravy odpadov.

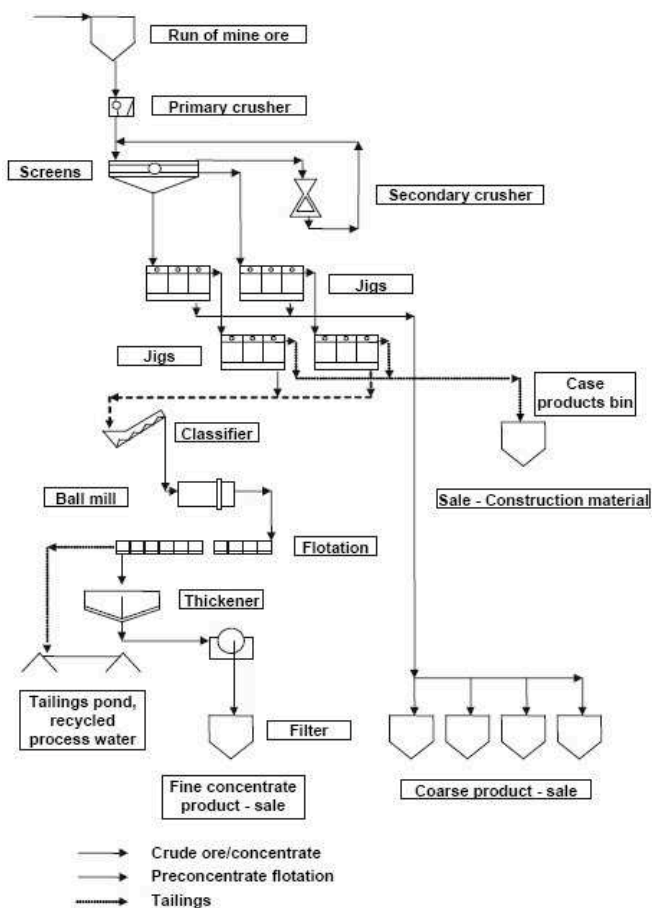
Pre dosiahnutie požadovanej kvality koncentráta sa používajú aj iné technológie úpravy, prevažne jednoduché gravitačné metódy – sádzačka alebo separácia v ťažkých kvapalinách.

Úprava surovín je potrebná v nasledujúcich prípadoch:

- pre suroviny s obsahom niekoľkých nerastov,
- výskyt barytu v paragenéze s inými nerastmi (napríklad kazivec alebo siderit),
- forma výskytu – baryt je jemne vtrúsený alebo prerastený v iných nerastoch (flotácia),
- chemický priemysel – požiadavka na obsah BaSO_4 v koncentráte je väčšia ako 97 %.

Nasledujúca technologická schéma úpravy nerastu zobrazuje prevádzku s použitím gravitačnej separácie pomocou sádzaciek a flotácie.

Obrázok 37. Technologická schéma úpravne barytu s použitím sádzaciek a flotácie [29, BARYTES, 2002]



Vysvetlivky:

Run of mine ore – vyťažená surovina z bane, *Primary crusher* – primárny drvič, *Screens* – sitá, *Secondary crusher* – sekundárny drvič, *Jigs* – usadzovače (sádzačky), *Case products bin* – Zásobník hrubozrnných produktov, *Sale Construction material* – predaj stavebného materiálu, *Coarse product sale* – predaj hrubozrnných produktov, *Classifier* – triedič, *Ball mill* – guľový mlyn, *Flotation* – flotácia, *Thickener* – zahusťovač, *Tailings pond, recycled process water* – odkalisko, recyklovaná technologická voda, *Fine concentrate product sale* – predaj jemnozrnných produktov.

Prevádzky s technológiou flotácie používajú na spracovanie štandardné činidlá – alkylsulfonáty ako zberače a všetky alebo niektoré sodné silikáty, tanín zo stromu *Schinopsis quebracho-colorado* (potláča mastenec a uhlík) a kyselinu citrónovú na úpravu vlastností rmtu [29, BARYTES, 2002].

3.2.1.3 Nakladanie s odpadom z úpravy

Nasledujúca tabuľka dokumentuje technológie nakladania s odpadom z úpravy, ktoré sú aplikované pri rôznych procesoch úpravy.

Tabuľka 49. Spôsoby nakladania s hlušinou aplikovanej v barytových baniach v Európe [29, BARYTES, 2002]

Technológia úpravy	Počet ložísk	Celková produkcia	Nakladanie s odpadom
Iba drvenie	2	15 %	–
Iba drvenie a sádzačky	4	23 %	–
Drvenie + mletie + flotácia	2	22 %	Suchá hlušina
Drvenie + mletie + flotácia	5	40 %	Kal

Je zrejmé, že na piatich ložískách, ktoré spolu produkujú 40 % barytu, sa využíva mokrá technológia úpravy. Na dvoch z týchto miest sa spoločne vypúšťa iba 12 500 t kalu do malých odkalísk a skoro polovica tejto tonáže je pravidelne využitá ako materiál na zemné práce.

Možno povedať, že iba malý podiel (2 %) odpadu z úpravy, ktorý sa produkuje v krajinách európskej 15-tyky je plavený vo forme kalu do odkaliska. Zvyčajne sa hrubozrnná hlušina predáva ako stavebný kameň. Jemnozrnná hlušina je väčšinou odvodnená a tiež predaná, alebo je použitá ako základka do bane. V nasledujúcej tabuľke sú podrobnejšie uvedené možnosti nakladania s odpadom z úpravy.

Prevádzka v **Coto Mínero Berja** s celkovou produkciou 150 000 t.rok⁻¹ produkuje tri typy kalu:

- hrubozrnná hlušina (> 25 mm): po podrvení v kladivovom mlyne a odtriedení,
- po rozdrúžení prechádza ľahšia frakcia šnekovými triedičmi, hrubozrnná hlušina je po odvodnení zakladaná späť do povrchovej bane (pozri obrázok 38),
- kaly zo šnekového triediča (17 000 t.rok⁻¹ pri prepočte na sušinu) sú odvodnené odparením v malých betónových nádržiach, s celkovou kapacitou 240 m³; vysušené kaly sa potom zakladajú do povrchovej bane (pozri obrázok 39).

Tabuľka 50. Možnosti nakladania s hlušinou v závodoch na spracovanie barytu v Európe

Zrornosť		Množstvo (tis. t.rok ⁻¹)
Medzisúčet > 250-300 μm (vrátane predaja)		77
	<250-300 μm odvodnené, odval / predaj	214
	<250-300 μm základka	20
	<250-300 μm odkalisko, recyklácia	5,5
	<250-300 μm recyklácia	7
Medzisúčet < 250-300 μm		255,5
Celkom		323,5

Obrázok 38. Odvodnenie kalu z úpravy barytu v povrchovej bani [110, IGME, 2002]

Obrázok 39. Odvodnenie kalu z úpravy barytu v betónových nádržiach [110, IGME, 2002]



3.2.1.4 Nakladanie s hlušinou z ťažby

Vo všeobecnosti zostáva hlušina na mieste, je predaná ako stavebný materiál, alebo je použitá na rekultiváciu územia.

Pri spracovaní v **Coto Minero Berja** je hlušina ($325\ 000\ \text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$) prepravovaná nákladnými automobilmi v bani a je zakladaná na vyťažené miesta v povrchovej bani, kde postupne prebieha rekultivácia [110, IGME, 2002].

3.2.6 Vápenec

3.2.6.1 Mineralógia a dobývacie metódy

Z mineralogického hľadiska patrí uhličitán vápenatý do troch skupín: skupina kalcitu, skupina aragonitu (obidve s chemickým vzorcom CaCO_3) a skupina dolomitu [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$].

Kalcit kryštalizuje v trigonálnej sústave, jeho kryštály sú vzhľadovo veľmi rôznorodé a často veľmi zložité. Romboeder (klenec) a skalenoeder sú najčastejšími kryštálovými tvarmi. Kalcit je jedným z najbežnejších a najrozšírenejších minerálov na zemi. Vzniká v sedimentárnych horninách a v horninách vznikajúcich ich metamorfózou.

Aragonit (CaCO_3) sa vytvára v úzkom rozmedzí fyzikálno-chemických podmienok. Kryštalizuje v rombickej sústave, typicky v termálnych prameňoch. Aragonit sa tvorí tiež pri biogénnych procesoch, ide o panciere mäkkýšov, perly, a iné.

Dolomit je uhličitan vápenato-horečnatý [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]. Kryštalizuje v trigonálnej sústave ako kalcit. Tvori sa sekundárnou transformáciou kalcitu vo vápenci, vplyvom cirkulujúcej vody, čiastočnou substitúciou vápnika horčíkom.

Tieto minerály tvoria horniny, z ktorých sú najvýznamnejšie vápenec, dolomit, krieda, travertín a kryštalický vápenec (mramor). Krieda je menej kompaktná usadená hornina, ktorej spevnenie nie je úplné, a ktorá je takmer výlučne tvorená uhličitanom vápenatým (kalcit). Krieda je tvorená predovšetkým schránkami vápenatých rias radu *Coccolithophoridae* (kokolity) s obmedzeným obsahom spojiva. Táto hornina je veľmi jemnozrnná a porézna. Termín vápenec sa bežne používa ako druhové označenie compactnej usadenej horniny vytvorenej z uhličitanu vápenatého. Kryštalický vápenec (mramor) je metamorfovaná hornina, ktorá je výsledkom procesu kryštalizácie vápenca za podmienok vysokého tlaku a teploty. Travertín vzniká chemickým alebo biochemickým vyzrážaním uhličitanu vápenatého v horúcich prameňoch ako kalcit alebo niekedy ako aragonit. Recentne vznikajúci travertín je tiež nazývaný penovec (vápnitý sinter). V prípade ak majú všetky uvedené horniny vyhovujúcu kvalitu, sú surovinou priemyselného uhličitanu vápenatého [42, IMA, 2002].

Vápenec sa až na výnimky takmer výhradne ťaží v povrchových lomoch. Vápenec v lome **Flandersbach** má nasledovné parametre:

- 97 – 98 % CaCO_3 ,
- < 1 % MgCO_3 ,
- < 1 % SiO_2 (kremeň).

Niekedy obsahuje viac bridlic alebo ílov [107, EULA, 2002].

3.2.6.2 Úprava nerastov

Vápenec

V lome **Flandersbach** je vápenec po odstrelení dopravovaný pomocou nákladných automobilov k drviču. Oddelená hlušina je ukladaná do iného vyťaženého lomu. Vápenec je dodávaný do úpravne, kde sa vykonáva mokrá úprava, ktorá slúži k oddeleniu "ílovitého sedimentu" od vápenca. Suspenzia z mokrej úpravy je čerpaná na odkalisko, čo je iná vyťažená ťažobná jama v blízkosti.

Množstvo vyťaženej suroviny sa pohybuje medzi 7 a 8 miliónmi t.rok⁻¹. Takmer 10 % tejto suroviny tvorí hlušina. Ďalších 10 % tvoria íly, ktoré sú oddelené pri mokrej úprave. Množstvo sedimentu čerpaného do odkaliska predstavuje 700 000 t.rok⁻¹. Na každú tonu vypraného vápenca je nutné použiť 1 m³ technologickej vody [107, EULA, 2002].

Uhličitan vápenatý

Prevažná väčšina produktov ťažobnej činnosti je predajná, čo je zrejme z tabuľky 51.

Výroba mletého uhličitanu vápenatého (*GCC – Ground Calcium Carbonate*) začína jeho dobývaním. Identifikácia vhodných surovín z hľadiska zloženia, homogénosti a podobne je zásadným predpokladom pre nasledujúci výrobný proces, t. j. musí byť identifikovaný zdroj čistého uhličitanu vápenatého.

Tabuľka 51. Vyrobené množstvá uhličitanu vápenatého v EÚ v roku 2000

	Množstvo (tis. ton)	Percentá
Surovina z ťažby (prírodný uhličitan vápenatý)	16 655	100,0
Zásoba na predaj	16 100	96,7
Hlušina ukladaná mimo lomu	75	0,4
Prach uložený na mieste	111	0,7
Hlušina uložená na mieste na rekultiváciu lomov	369	2,2

*Vysvetlivky:**Hlušina ukladaná mimo lomu:*

Hlušina zahŕňa flotačné odpady so sľudou (napríklad flogopit, biotit, muskovit) a grafitové nečistoty. Niekedy sú usadené v odkaliskách alebo priamo vypúšťané do toku.

Prach uložený na mieste:

Tento prach zahŕňa všetok materiál pochádzajúci z rôznych filtrov a čistiacich systémov (tkaninové filtre).

Hlušina uložená na mieste na rekultiváciu lomov:

Tento druh materiálu je tvorený predovšetkým z nekvalitnej produkcie napr. farebne nevhodného materiálu s parametrami nespĺňajúcimi špecifikáciu výrobku.

Technológia úpravy suroviny všeobecne zahŕňa proces prania, oddelenie nežiadúcich vedľajších prímiesí, mletie, triedenie podľa veľkosti častíc a prípadne sušenie. Použité etapy technologického procesu sa líšia v závislosti od prevádzkových podmienok a od predpokladaného využitia hotového výrobku. Suchý konečný produkt je dodávaný balený vo vreciach alebo ako sypký materiál (vlaky, lode, nákladné automobily). Existuje aj konečný výrobok vo forme suspenzie. Mletý uhličitan vápenatý pochádza priamo z ťažby čistého uhličitanu vápenatého (čistota suroviny presahuje 96 %). Proces výroby zachováva uhličitan vápenatý v stave veľmi blízkom pôvodnému stavu v nerastoch, výsledkom je jemne mletý produkt dodávaný buď v suchej forme alebo vo forme suspenzie. Nekvalitný surový mramor je drvený a v závislosti od mineralogického zloženia je použité pranie a niekedy triedenie. Jemné častice sú bežne predávané na rôzne účely, napríklad na výstavbu ciest, do cementárni, atď..

Pred železničnou alebo automobilovou dopravou je vysušený uhličitan vápenatý drvený v guľových mlynch, triedený a uložený do zásobníkov alebo vriec. Využitie konečných produktov je prevažne v priemysle farieb a umelých hmôt. Menšie použitie je v chemickom priemysle, v priemysle hnojív a pre odsírenie. Pre papierenský priemysel (plnivo, pigmenty) je dodávaná suspenzia, čo je jemne rozptýlený uhličitan vápenatý vo vode. Podrvený materiál je pomletý s vodou v tyčových mlynch alebo guľových mlynch v uzavretom alebo otvorenom okruhu, prejde procesom triedenia a pred naložením do vagónov alebo automobilov sa skladuje v silách.

Niektoré ložiská vápenca obsahujú nežiaduce minerálne prímiesy ako napríklad grafit, sľudu alebo bridlicu. Aby boli splnené požiadavky zákazníkov, musia byť nežiaduce minerály odstránené, čo je možné selektívnou ťažbou a prípadne ďalšou technológiou úpravy, napríklad optickou separáciou, flotáciou alebo magnetickou separáciou.

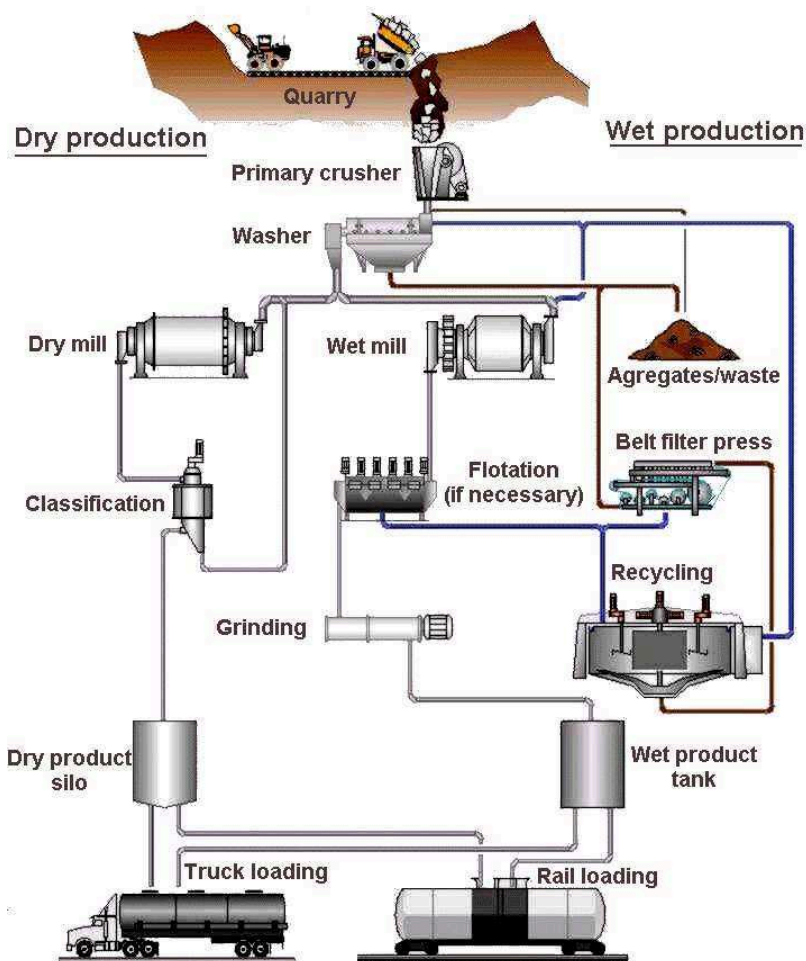
Ak sa v mramore vyskytujú magnetické minerály, možno na ich odstránenie úspešne použiť magnetickú separáciu.

Minerály obsiahnuté v kale ako sľuda (napríklad flogopit, biotit, muskovit) spôsobujú abráziu v zariadeniach na výrobu papiera, zatiaľ čo grafit spôsobuje šedé zafarbenie v pigmentoch.

Požiadavky na konečný výrobok vyžadujú oddelenie týchto minerálov z vodnej suspenzie flotáciou. Zahustený koncentrát je bežne odvodnený v kalolise.

Technologická schéma výroby pigmentov a plniva z uhličitanu vápenatého musí byť upravená podľa konkrétneho minerálneho zloženia suroviny v ložisku vápenca. Na nasledujúcom obrázku je príklad technologickej schémy úpravy vápenca.

Obrázok 40. Technologická schéma procesu úpravy vápenca [42, IMA, 2002]



Vysvetlivky:

Quarry – lom, *Dry production* – suchý proces, *Wet production* – mokrý proces, *Primary crusher* – primárny drvič, *Washer* – pracie zariadenie, *Dry mill* – mletie za sucha, *Wet mill* – mletie za mokra, *Classification* – triedenie, *Flotation (if necessary)* – flotácia (ak je nutná), *Agregates / waste* – agregáty / odpady, *Belt filter press* – pásový kalolis, *Recycling* – recyklácia, *Grinding* – mletie, *Wet product tank* – nádrž mokrého produktu, *Dry product silo* – zásobník suchého produktu, *Rail loading* – nákladka do vagónov, *Truck loading* – nákladka do automobilov.

3.2.6.3 Nakladanie s odpadom z úpravy

3.2.6.3.1 Charakteristika odpadu z úpravy

Odpad z úpravy vápenca je zmesou kalcitu, dolomitu, wollastonitu a ďalších úplne nerozpustných kremičitanov a veľmi malého množstva ťažkých kovov. Veľkosť častíc odpadu je obvykle menej ako 0,25 mm.

3.2.6.3.2 Aplikované metódy

Vápenec

Odkalisko lomu **Flandersbach** sa nachádza vo vyťaženom lome. Dnešná plocha predstavuje 27 ha. Plánovaná rozloha je približne 60 ha. Celková kapacita je viac ako 30 miliónov m³. Odkalisko sa nachádza v blízkosti úpravne. Potrubie pre zaistenie technologickej vody do odkaliska a čerpanie vyčirenej vody späť do úpravne má dĺžku približne 1 km. Podzemná voda z odvodnenia prevádzkovaného lomu priteká do odkaliska. Prebytočná voda je vypúšťaná do blízkej rieky [107, EULA, 2002].

V lome **Münchehof** je hlušina ukladaná na odkalisko uzavreté hrádzou. Tu je aplikovaný nasledujúci monitorovací systém:

- meranie hladiny podzemnej vody v okolí hrádze (mesačné merania),
- meranie voľnej hladiny podzemnej vody v hrádzi,
- meranie výluhu vody (v žumpe, z ktorej je všetka vypúšťaná voda čerpaná spoločne),
- prehliadky hrebeňa hrádze a priestoru pred pätou hrádze,
- meranie hladiny vody v odkalisku (meria sa kontinuálne),
- vizuálna prehliadka kvalifikovanou osobou.

Systém monitorovania je navrhnutý tak, aby boli negatívne zmeny odhalené včas, a aby mohli byť iniciované príslušné opatrenia na udržanie stability hrádze [108, EULA, 2002].

Uhličitan vápenatý

Priemysel spracovania surového uhličitanu vápenatého využíva odkaliská, z ktorých je voda recirkulovaná späť do úpravne. Odpad z úpravy je predajným vedľajším produktom. Odpad z ťažby a suchá hlušina (odpad) z úpravy sú predávané na opätovné použitie, napríklad na stavbu ciest a na výrobu cementu a betónu. V prípade nedostatku zákazníkov musí byť tento materiál ukladaný na haldy.

Pred vybudovaním úložiska je jeho podložie preskúmané, či jeho geologické, hydrologické pomery, stabilita a environmentálne aspekty spĺňajú požiadavky určené príslušnými orgánmi. Tieto štúdie sú základom pre získanie povolenia od príslušných úradov k vybudovaniu úložiska.

Hlušina z ťažby (odpadová hornina) a suchá hlušina z úpravy (suchý odpad z úpravy) sú ukladané spoločne v horizontálnych vrstvách. Okrajové lávky sú okamžite zasypané hlušinou a rekultivované trávou a krovinami podľa dlhodobého plánu rekultivácie. Ak je to potrebné, alebo to vyžadujú úrady, je monitorovaný stav odvalov a kvalita vody, hladina podzemnej vody a stabilita sklonu svahov. Kal z úpravy je:

- usušený (zahusťovaním a kalolisom) a ukladaný na haldy, alebo
- vypúšťaný do okolitého vodného systému (výtokmi) za určitých podmienok, s kontrolou príslušnými úradmi, alebo
- uložený v odkalisku (jeden prípad v Európe).

V poslednom uvedenom prípade je kvalita ložiska vápenca taká, že približne jedna tretina vyťaženej suroviny nie je vhodná na úpravu. Preto bola použitá na vybudovanie 16 m širokej základnej hrádze, po odstránení humusovej pôdy z podložia. Sklon základnej hrádze bol 1 : 1 a nepriepustné jadro bolo chránené pred eróziou vrstvou materiálu hrúbky 1 až 2 m a zrnitosti 0 – 20 mm. Nepriepustné jadro je vytvorené z 2 až 3 m vrstvy ílu, ktorá je zakrytá nepriepustnou fóliou.

Hrádza bola nakoniec zvýšená. Počiatočná priehrada bola rozšírená (+ 12 m) a jej výška bola navýšená (+ 5 m). V súčasnej dobe je celková plocha usadzovacej nádrže približne 45 ha. Všetka hlušina je vypúšťaná do nádrže v jednom mieste (jediný bod výtoku). Priesaky z hrádze sú zachytávané a čerpané späť do odkaliska, alebo ak je hladina vody v odkalisku príliš vysoká, sú regulované (kontrola kvality a množstva) vypúšťané do systému kanalizácie, odkiaľ sú ďalej vypúšťané do systému verejnej kanalizácie. Keď sa hladina sedimentovaného piesku z flotácie zvýši na určitú úroveň, je výtok presunutý a suchý flotačný piesok je vyťažený a predaný. Podľa analýz piesku z flotácie (podľa noriem NEN 7341, NEN 7343 a ISO 11466) je obsah ťažkých kovov zanedbateľný. Koncentrácia flotačných činidiel je tiež veľmi nízka. Tieto činidlá sú veľmi pevne viazané na častice minerálov, ale po uvoľnení sa ľahko rozkladajú [42, IMA, 2002].

3.2.6.4 Bezpečnosť a prevencia havárií

Konanie o povolenie úložiska v lome **Múnchehof** podľa DIN 19700 T 10 zahŕňalo skúšku stability hrádze vrátane statických a hydraulických aspektov.

Výpočet stability sa vykonáva s nasledujúcimi prvkami:

- geotechnické a hydrogeologické modelovanie,
- stabilita svahu,
- pevnosť v šmyku,
- bezpečnosť pri porušení podložia,
- bezpečnosť pri vzraste tlaku v póroch v základoch,
- preliatie a erózna stabilita.

Ďalšou základnou požiadavkou pre stabilitu hrádze je posúdenie vhodnosti stavebného materiálu na priehradu, ktoré sa vykonáva geotechnickými skúškami.

Sú preskúmané nasledujúce parametre:

- uhol vnútorného trenia,
- merná hmotnosť,
- stlačiteľnosť,
- obsah vody.

Aby bolo zabezpečené dosiahnutie parametrov, ktoré sú pre stabilitu hrádze kritické, bol počas výstavby aplikovaný systém riadenia kvality. Tento postup bol použitý pri realizácii základov hrádze, telies hrádze a jadra hrádze [108, EULA, 2002].

Kontrola a monitorovanie zariadení na ukladanie kalu sa vykonáva ako prevádzkovateľom, tak aj príslušnými úradmi. Všetky stavby (plány, projekty a podobne) musia najprv získať súhlas príslušného úradu. Hrádze sú kontrolované každý deň a všetky prípadné zmeny na stavbe sú zaznamenávané do kontrolného denníka. V prípade, že sú zaznamenané priesaky, musí im byť ihneď zamedzené a informácie sa musia zaslať úradu. Hĺbková kontrola je vykonávaná každý rok a úrad vykonáva audit stavby a kontrolu záznamov každých päť rokov [42, IMA, 2002].

3.2.6.4.1 Uzavretie úložisk a následná starostlivosť

Po uzavretí zariadenia na nakladanie s hlušinou budú odkaliská odvodnené, rekultivované a pokryté vegetačným krytom [108, EULA, 2002].

3.2.6.4.2 Nakladanie s hlušinou

V lome **Flandersbach** je pred umývaním oddelená hlušina, ktorá je ukladaná do starého lomu [107, EULA, 2002].

3.2.6.5 Súčasná úroveň emisií a spotreby

3.2.6.5.1 Nakladanie s vodou a činidlami

Vzhľadom na cirkuláciu technologickej vody je spotreba pitnej vody nízka, pretože len na konci procesu dochádza k strate vody odparením z pórov produktu. Pridanie pitnej vody je veľmi závislé na klimatických podmienkach (vyparovanie a zrážky). Napríklad v lome **Münchehof** musia pridávať 437 m³.deň⁻¹ vody na 23 000 m³ zeminy (pri prepočte na sušinu) [108, EULA, 2002].

3.2.9 Mastenec

3.2.9.1 Mineralógia a techniky dobývania

Mastenec je silikát horčíka a je najmäjším známym minerálom v prírode. Mastenec sa vyskytuje predovšetkým v dvoch druhoch: ako vláknitý a ako kompaktný. Pre tento druh suroviny neexistuje žiadna špecifická technológia dobývania, pretože výber technológie dobývania závisí od štruktúry ložiska.

Ložiská mastenca sa nachádzajú vo Fínsku v páse kryštalických bridlíc proterozoického veku vo východnej časti krajiny. Ložiská mastenca sú viazané na ultramafické horniny bohaté na horčík, ktoré boli metamorfované na horniny obsahujúce mastenec a uhličitan. Pás kryštalických bridlíc je starý približne 2 miliardy rokov a mastenec sa vytvoril počas svekokarelského orogénu asi pred 1,8 miliardou rokov.

Mastenec sa ťaží z horniny obsahujúcej predovšetkým mastenec, magnezit, dolomit, chlority a sulfidové minerály. Oxidy a sulfoarzenidy sú prítomné ako vedľajšie minerály.

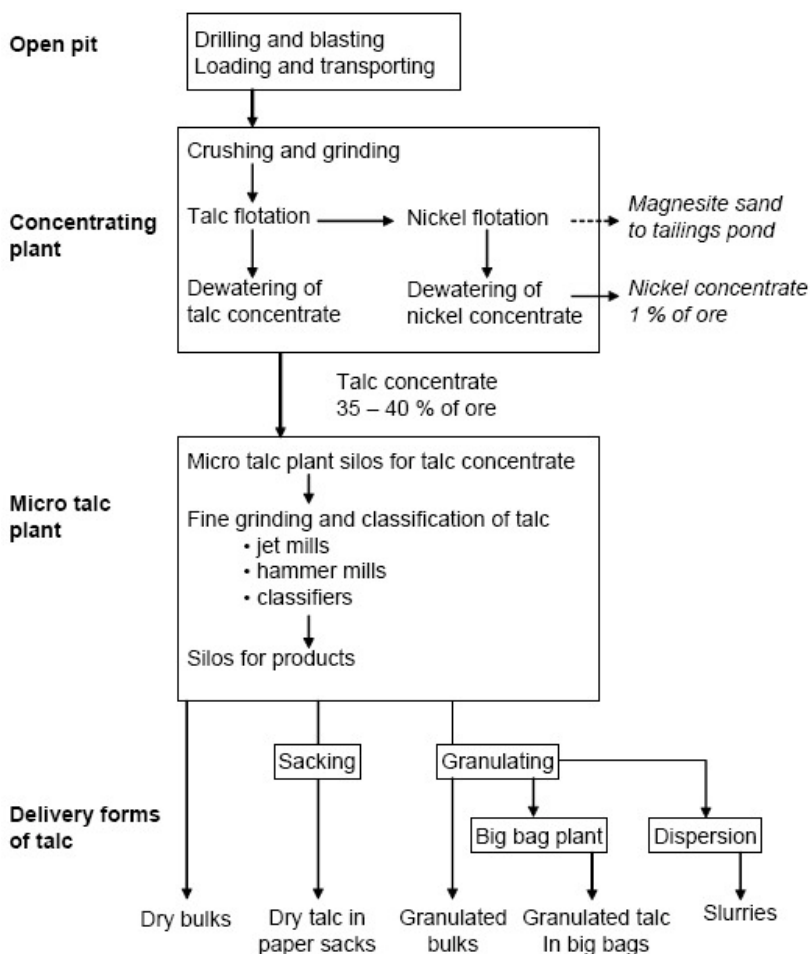
Obsah mastenca kolíše od 45 % do 60 % a obsah karbonátov od 35 % do 45 %, zatiaľ čo chlority (5 %) a sulfidy (1 – 3 %) sú len menej dôležitými zložkami. Niektoré časti ložiska sú relatívne značne porušené tektonickými pohybmi a mastenec má výraznú foliáciu a je jemnozrnný. Mastenec je typicky jemnozrnný (0,05 – 0,2 mm) a šupinkovitý, chlority sa vyskytujú v podobnej forme, zatiaľ čo karbonáty sú hrubozrnejšie (až niekoľko milimetrov alebo centimetrov v priemere). Na druhej strane sú niektoré časti masívne, s relatívne hrubozrnnými úsekmi mastenca (až do 1 milimetra) a karbonátov. Hornina obsahujúca mastenec a karbonáty je typicky sivastá s náhodným nazelenalým alebo načervenalým sfarbením, zatiaľ čo samotný mastenec je typicky zelenavý alebo veľmi nevýrazný, takmer biely minerál. Suroviny obsahujúce mastenec musia byť pred flotáciou drvené, aby boli uvoľnené jednotlivé minerály. Ďalej je potrebná flotácia pre dosiahnutie vysokej čistoty a lesku konečného produktu.

3.2.9.2 Úprava nerastnej suroviny

Pri použití suchého procesu (67 % európskej produkcie) sa nevytvára žiadny odpad. Je využitá všetka surovina a je predaná s rôznym stupňom čistoty. Flotácia sa používa iba pri spracovaní fínskej suroviny, ktorá predstavuje 33 % celkovej európskej produkcie mastenca. Použitie flotácie závisí od minerálneho zloženia fínskych ložísk. Technologická schéma na obrázku 41 zobrazuje úpravu s použitím flotácie vo Fínsku.

Chemikálie používané pri flotácii sú Montanol, Xanti sodný a CMC.

Obrázok 41. Technologická schéma úpravy mastenca s použitím flotácie



Vysvetlivky:

Open pit – povrchová baňa, *Drilling and blasting* – vrtné a trhacie práce, *Loading and transporting* – nakladanie a doprava.

Concentrating plant – úpravňa, *Crushing and Grinding* – drvenie a mletie, *Talc flotation* – flotácia mastenca, *Nickel flotation* – flotácia niklu, *Dewatering of talc concentrate* – odvodnenie mastencového koncentrátu, *Dewatering of nickel concentrate* – odvodnenie niklového koncentrátu, *Magnesite sand to tailings pond* – magnezitový piesok do odkaliska, *Talc concentrate 35 – 40 % of ore* – koncentrát mastenca 35 – 40 % ũz. zložky, *Nickel concentrate 1 % of ore* – niklový koncentrát 1 % rudy.

Micro talc plant – úpravňa jemnomletého mastenca, *Micro talc plant silos for talc concentrate* – zásobníky jemnomletého mastenca, *Fine grinding and classification of talc* – jemné mletie a triedenie mastenca, *Jet mills* – tryskové mlyny, *Hammer mills* – kladivové mlyny, *Classifiers* – triediče, *Silos for products* – zásobníky produktov.

Delivery forms of talc – expedícia mastenca, *Sacking* – balenie do sáčkov, *Granulating* – granulovanie, *Big bag plant* – balenie do veľkých vriec, *Dispersion* – rozptyl, *Dry bulks* – suchý sypký produkt, *Dry talc in paper sacks* – suchý mastenec v papierových vreciach, *Granulated bulks* – granulovaný sypký produkt, *Granulated talc on big bags* – granulovaný mastenec vo veľkých vreciach, *Slurries* – kaly (suspenzia).

3.2.9.3 Nakladanie s odpadom z úpravy

Prevádzkované sú 3 odkaliská o celkovom objeme 10 miliónov m³, výška hrádze dosahuje až 17 m. Časť kalu je odvázaná na haldy (teraz 1 milión m³). Halda je vytvorená nasledujúcim spôsobom:

Suspenzia kalu je čerpaná do odkaliska pomocou prelivovej (dekantačnej) veže uprostred. Hlušina je distribuovaná z okolitých hrádzí do odkaliska tak, aby sa jemnozrnný podiel prichytával pri hrádzi a mohol byť použitý ako stavebný materiál na zvýšenie výšky hrádze. Oddelená voda je vypúšťaná cez prelivovú vežu. Systematickou zmenou miesta vypúšťania kalu môže byť výška celej oblasti zvýšená o 5 – 10 m. Vonkajšie svahy hrádzí sú za účelom zníženia prašnosti a podpori vegetácie zasypané zeminou. Po odvodnení kalu môžu byť z odkaliska vybudované haldy.

Prevádzkové monitorovanie sa vykonáva nasledujúcim spôsobom:

Každý deň je vizuálne kontrolované miesto vypúšťania kalu a je vykonávané a zaznamenávané potrebné monitorovanie hladiny. Ak je to potrebné, vykonáva sa monitorovanie kvality vody z odkaliska (stanovenie obsahu arzenu a niklu) pred jej vypúšťaním ako odpadovej vody. V období topenia sa snehu každá smena vykonáva vizuálne kontroly odkaliska a hrádzí. Každoročne sa v letnom období vykonáva monitorovanie hrádzí a všetky údaje sa zapisujú do prevádzkových záznamov vodnej stavby, ktoré obsahujú stav stavby, vyhodnotenie vŕľuhu vody, atď.. Podľa bezpečnostných opatrení vo Fínsku, každá vodná stavba musí mať prevádzkové záznamy. Každých päť rokov navštevuje odkalisko inšpektor z príslušného úradu, ktorý vykonáva vizuálnu kontrolu hrádzí a preveruje prevádzkové záznamy. Prevádzkový poriadok obsahuje mapy odkaliska a hrádzí, údaje z projektu a stabilítne výpočty, klasifikačné kritériá hodnotenia vodnej stavby z hľadiska rizikovitosti, záznamy o inšpekciách a monitorovaní, hodnotenie rizík oblastí, atď..

Vodné hospodárstvo v troch prevádzkach môže byť opísané nasledovne:

Prevádzka Sotkamo: technologická voda potrebná pre flotáciu pochádza z recyklovanej vody z odkalísk. Percento recyklácie sa blíži k hodnote 100 %. Voda (obsahujúca nikel) pridávaná do systému technologickej vody pochádza z blízkej povrchovej bane, zo sladkovodného systému parného kotla a dažďovej vody zozbieranej na mieste. Toto dodatočné množstvo vody je odvádzané z odkalísk do miestneho jazera.

Prevádzka Vuonos: technologická voda potrebná na flotáciu pochádza približne z 50 % z recyklovanej vody z odkalísk. Voda pridávaná do systému technologickej vody pochádza z miestneho jazera, blízkej starej povrchovej bane (voda obsahujúca nikel), zo systému sladkej vody parného kotla a dažďovej vody zozbieranej na mieste. Toto dodatočné množstvo vody je odvádzané z odkalísk do miestneho jazera. Technologická voda sa používa aj pri výrobe niektorých druhov papiera.

Prevádzka Kaavi: technologická voda potrebná na flotáciu pochádza zo 100 % z miestneho jazera. Voda pridávaná do systému technologickej vody pochádza zo systému pitnej vody parného kotla a dažďovej vody zozbieranej na mieste. Nie je k dispozícii žiadna recyklovaná technologická voda z odkaliska. Všetka technologická voda je upravená a odvádzaná z odkaliska do miestneho jazera. V povolení na vypúšťanie odpadových vôd je uvedené, že najneskôr do konca roka 2003 musí byť sprevádzkovaný recyklačný systém.

3.2.9.4 Nakladanie s hlušinou z ťažby

Na dopravu a ukládanie hlušiny z ťažby (odpad z horniny) na haldy sa používajú nákladné automobily. Odvaly sú konštruované s bezpečnostným faktorom aspoň 1,3. Odvaly sú každoročne sledované externou odbornou firmou a mesačne sú kontrolované zamestnancami bane. Vyhodnotenie rizík sa vykonáva pravidelne operátorom. Odvaly sú povoľované s projektom konečnej rekultivácie zahrňujúcim odvádzanie vody a vysadenie vegetácie (stromy a zatrávenie z použitím miestnych druhov tráv).

3.4 Uhlie

V tejto kapitole sú zahrnuté príspevky o ťažbe a spracovaní uhlia v Španielsku, v oblastiach Porúrie a Sársko, ako aj oblasť Ibbenbüren v Nemecku a v oblastiach Ostrava a Karviná v Českej republike. Doplnené boli komentáre z Veľkej Británie.

3.4.1 Geologické pomery a techniky dobývania

Všetky ložiská čierneho uhlia v Nemecku vznikali v období karbónu. Sárska panva a Ibbenbüren predstavujú zvyšky veľkých uhoľných revírov. Porúrie obsahuje veľké zásoby, ktoré pokračujú v hĺbke smerom k Severnému moru. Súčasná ťažba prebieha v hĺbkach medzi 900 m a 1 500 m. Geologické podmienky v Sárskej panve sú zložitejšie ako v panve Porúri.

Pre vysokokvalitné koksové, plynové a energetické uhlie je typický obsah 6 – 9 % popola a menej ako 1 % síry, ale uhlie z niektorých slojov vyžaduje pred predajom úpravu praním. Baňa Niederberg a ložisko Ibbenbüren obsahujú antracit, čo je uhlie s obsahom viazaného uhlíka medzi 92 % a 98 % (v prepočte na horľavinu).

Dĺžka v súčasnosti dobývaného porubu je až 400 m. Dobývaná hrúbka sloja je 1,0 až 4,0 m. V sloji s menšou hrúbkou sú používané pluhy a škrabáky a v sloji s väčšou hrúbkou banské kombajny.

Čierne uhlie sa v Českej republike vyskytuje prevažne v hornosliezskej panve. Hlavný zlom, nazývaný zlom Orlová, rozdeľuje českú časť hornosliezskej panvy na západnú časť (ostravská časť), ktorá je staršia a má paralický charakter sedimentov a uhoľných slojov, a na východnú časť (karvinská časť), ktorá má limnický charakter sedimentov aj uhlia. Západná časť sa skladá z niekoľkých desiatok uhoľných slojov malej hrúbky s vysoko kvalitným koksovým uhlím, zatiaľ čo východná časť je charakterizovaná množstvom hrubých slojov obsahujúcich zmes koksového uhlia a energetického uhlia s veľkým obsahom prchavých horľavín. Niektoré charakteristiky čierneho uhlia: obsah uhlíka nad 73,4 %, menej ako 50 % prchavých horľavín a hodnotu čistej výhrevnosti (bez popola a v bez prítomnosti vody) presahujúcu 24 MJ.kg⁻¹.

Ťažba v ostravskej časti panvy dosiahla hĺbku približne 1 000 m, čo spolu so zložitými a nevhodnými dobývacími a geologickými podmienkami negatívne ovplyvňuje ekonomiku ťažby. V dôsledku toho bola ťažba ukončená a ostravská baňa bola postupne zrušená. Väčšina baní vo východnej časti má dostatok zásob, ktoré môžu byť vytážené s oveľa nižšími nákladmi. Avšak toto uhlie je menej kvalitné z hľadiska koksovacích vlastností. Pomerne veľké zásoby uhlia boli overené južne od pôvodnej hornosliezskej panvy, obzvlášť pri Frenštáte pod Radhoštěm, kde sú karbónske sedimenty zakryté miocénnymi sedimentami a príkrovom Beskyd. Tu by uhlie mohlo byť dobývané z hĺbky 800 až 1 300 m za zložitých geologických a ťažobných podmienok. Keďže sa ložisko nachádza na hranici chránenej krajiny oblasti, môže v prípade ťažby nastať konflikt záujmov s ochranou Beskyd [83, KRÍBEK, 2002].

Väčšina ťažby v krajinách Európskej únie je založená na stenovaní. Na ťažbu sa používajú ako pluhy, tak aj banské kombajny. Väčšina baní ťaží niekoľko slojov, každá prevádzka obsluhuje niekoľko dobývacích stien. Stále väčší počet dobývacích stien je ovládaný diaľkovo z povrchu, vysoká úroveň automatizácie umožňuje produkciu až 20 000 t.deň⁻¹ na jednu čelo [79, DSK, 2002], [83, KRÍBEK, 2002].

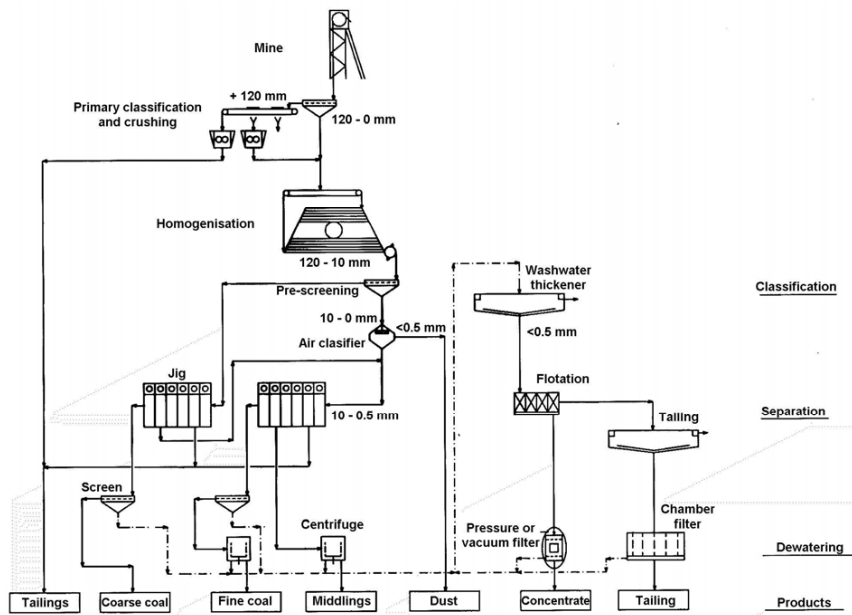
Vo Veľkej Británii (približne 15 miliónov t.rok⁻¹) a v Španielsku sa uhlie tiež ťaží v povrchových baniach [84, IGME, 2002].

3.4.2 Úprava nerastných surovín

Vytŕažené uhlie predstavujú kusy o priemere viac ako 1 m, ale aj veľmi jemnozrnné častice ($< 5 \mu\text{m}$). V troch nemeckých uhoľných revíroch – **Porúri (Ruhr)**, **Sársku (Saar)** a oblasti **Ibbenbüren** je dobývané uhlie s veľmi rôznou kvalitou, od antracitu zo šachty Ibbenbüren s obsahom prchavých horľavín 6 %, až po bitúmenové uhlie s vysokým obsahom prchavých horľavých látok (viac ako 36 %) z podzemnej bane Ens Dorf. V roku 2000 bolo v týchto uhoľných revíroch v prevádzke 12 úpravni uhlia s výkonom spracovania medzi 950 a 1 700 t.hod⁻¹. [79, DSK, 2002].

Vo väčšine prípadov je hrubozrnný ($> 10 \text{ mm}$) a jemnozrnný (0,5 – 10 mm) podiel oddelený v usadzovacích nádržiach. Najjemnejšia zrnitostná trieda $< 0,5 \text{ mm}$ je oddelená flotáciou. Vo väčšine prípadov je zrnitostná frakcia $> 10 / 30 \text{ mm}$ oddelená od ťažšieho kalu separáciou v ťažkých kvapalinách. Typická technologická schéma procesu úpravy uhlia je zobrazená na nasledujúcom obrázku.

Obrázok 42. Štandardná technologická schéma procesu úpravy uhlia [79, DSK, 2002]



Vysvetlivky:

Classification – triedenie, Separation – separácia, Dewatering – odvodnenie, Products – produkty, Mine – baňa, Primary classification and crushing – primárne triedenie a drvenie, Homogenisation – homogenizácia, Pre-screening – predtriedenie, Air classifier – vzduchový triedič, Screen – sito, Centrifuge – odstredivka, Washwater thickener – zahusťovač pracj vody, Flotation – flotácia, Pressure or vacuum filter – tlakový alebo vákuový filter, Tailing – kal, Chamber filter – komorový filter, Concentrate – koncentrát, Dust – prach, Middlings – medziprodukt, Fine coal – jemnozrnné uhlie, Coarse coal – hrubozrnné uhlie.

Existuje iba jediná prevádzka, ktorá používa hydrocyklóny namiesto flotácie jemných častíc [83, KRÍBEK, 2002].

3.4.3 Nakladanie s odpadom z úpravy

3.4.3.1 Charakteristika odpadu z úpravy

Typický odpad z úpravy (kal) z oblasti **Porúrie, Sársko a Ibbenbüren** pozostáva z: 55 – 60 % ílovej bridlice, 30 – 40 % piesčitej ílovej bridlice a 5 – 15 % pieskovca (baňa Prosper - Haniel) [79, DSK, 2002].

Ložiská čierneho uhlia, ktoré vznikli v morskem prostredí, t. j. na okraji mora nesú typické znaky tejto genézy („*footprints*“). Uhlia uloženému v sladkovodnej riečnej delte, tzv. limnickej panve, takéto znaky chýbajú. Medzi látkami najviac ovplyvňujúcimi životné prostredie, ktoré sa nachádzajú v medzivrstvách „morského“ uhlia, sú najdôležitejšie chloridy a pyrit. Zrážkové vody prichádzajú do kontaktu s hlušinou, predovšetkým so soľami, ktoré sú acidofilné pri oxidácii síry. V dôsledku tohto procesu klesá hodnota pH vyluhu alebo povrchovej vody.

V uhoľných baniach oblasti **Porúrie, Sársko a Ibbenbüren** bola podrobne testovaná homogenita mineralogického zloženia a jemnozrný podiel kalu z flotácie < 0,5 mm s obsahom pevných látok > 77 %. Pri dlhodobých fyzikálnych a chemických testoch, zahrňujúcich hodnotenie vplyvu na životné prostredie bolo preukázané, že kal z flotácie môže byť použitý na budovanie tesniacich vrstiev a že dokonca vyhovuje prísnejším požiadavkám, ako sú uvedené v nemeckých technických normách pre tesnenie skládok odpadov [80, DSK, 2002]. Pri laboratórnych testoch môžu dosiahnuť čisté flotačné suspenzie zo spracovania čierneho uhlia hodnôt koeficientu k_f (koeficient filtrácie) približne $5 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$. Pri testoch na mieste boli dosiahnuté hodnoty koeficientu $k_f = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$. Tieto koeficienty nedosahujú hodnoty požadované normami TASI / LAGA pre minerálne tesniace vrstvy ($k_f = 5 \cdot 10^{-10} \text{ m.s}^{-1}$) a izolácie povrchu skládok odpadov kategórie I ($k_f = 5 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$) [79, DSK, 2002].

V oblasti **Ostrava a Karviná** je hrubozrná hlušina ukladaná na haldy a jemnozrný kal z flotácie je sedimentovaný v nádržiach alebo na odkaliskách. V jednom prípade bola v kale dosiahnutá úroveň rádioaktivity $75,5 \pm 6,9 \text{ Bq.kg}^{-1}$ [83, KRÍBEK, 2002].

Dva ďalšie dôležité aspekty, ktoré je potrebné zvážiť pri nakladaní s odpadom z úpravy uhlia sú:

1. odpad z úpravy uhlia môže vo zvýšenej miere obsahovať prirodzene sa vyskytujúce rádioaktívne materiály (NORM), ktoré sú obsiahnuté v ťaženom ložisku a
2. môže spôsobiť podobné problémy s kyslými bankskými vodami ako sulfidické rudy kovov vplyvom zvetrávania pyritu obsiahnutého v uhlí.

3.4.3.2 Aplikované metódy

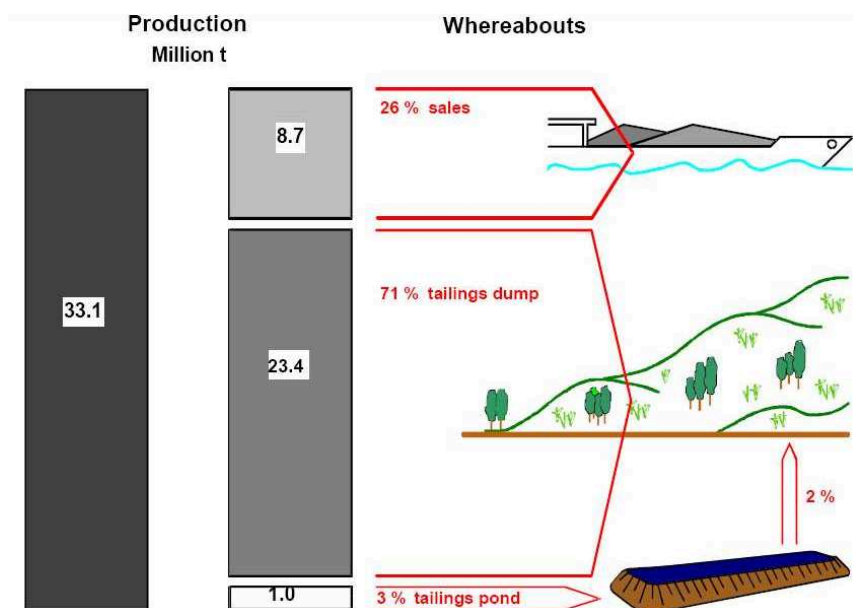
V oblastiach **Porúrie, Sársko a Ibbenbüren** je v súčasnosti v prevádzke celkom 23 odpadových hald hlušiny po úprave a 7 odkalísk [79, DSK, 2002]. Pri ťažbe uhlia tvorí hlušina významný podiel (približne 33 miliónov t v oblastiach Porúria, Sárska a Ibbenbüren v roku 2000), ktorý môže dosiahnuť až 50 % hrubej ťažby.

V princípe sú možné tri spôsoby nakladania s hlušinou:

- interné využitie, napríklad pre podzemné zakladanie alebo stavebné projekty spojené s banskou činnosťou (napríklad kompenzačné opatrenia pre pokles terénu spôsobeného banskou činnosťou, ako je zvyšovanie mostov alebo hrádzí),
- externé využitie, t. j. komerčné produkty, napríklad sypký materiál alebo východiskový materiál v stavebnom sektore,
- ukladanie na haldy (odvaly) a na odkaliská.

Pre hrubú predstavu približne jedna štvrtina všetkého ťažobného odpadu v oblastiach Porúrie, Sársko a Ibbenbüren sa používa pre interné a externé účely, zatiaľ čo zvyšok musí byť uložený (pozri nasledujúci obrázok).

Obrázok 43. Produkcia hlušiny a kalu a použité spôsoby nakladania s odpadom v oblastiach Porúrie, Sársko a Ibbenbüren v roku 2000 [79, DSK, 2002]



Vysvetlivky:

Production – produkcia, *Whereabouts* – miesto uloženie (kde), *Sales* – predaj, *Tailings dump* – odval, *Tailing pond* – odkalisko.

V bani Prosper-Haniel je hlušina z procesu flotácie, ktorá tvorí približne 13 – 18 % celkového objemu, transportovaná nákladnými automobilmi po verejných komunikáciách [79, DSK, 2002].

Odvodnenie jemnozrnného podielu z flotácie

Jemnozrnný podiel z flotácie s veľkosťou zrna < 0,5 mm je koncentrovaný na 25 – 50 % tuhej fázy. Ak je k dispozícii dostatočný priestor pre konečné uloženie v odkalisku, môže byť jemnozrnný podiel kalu dopravený do týchto zariadení priamo potrubím alebo nákladnými automobilmi. Tam, kde sa uvažuje s uložením jemnozrnného podielu kalu na haldy, napríklad z dôvodu obmedzených priestorových kapacít, sa musí odpad ďalej odvodniť, aby sa dosiahla dostatočná stabilita.

V princípe sa môžu pre ďalšie zníženie obsahu vody v zahustenom kale použiť tri metódy:

- rámové kalolisy, zvyčajne s filtračnou plochou väčšou ako 1 000 m²,
- v tých prípadoch, kde je prijateľný vyšší obsah vody, možno použiť valcové odstredivky, napríklad používané na odvodnenie kalu z flotácie,
- usadzovacia nádrž (dočasné ukladanie na odkaliská, napríklad po dobu troch rokov).

Odvodnenie v sedimentačných nádržiach sa vykonáva takto:

- v prvej fáze je nádrž zaplnená zahusteným kalom, ktorý začína sedimentovať,
- v druhej fáze pokračuje v nádrži sedimentácia a
- v tretej fáze je vysušená hlušina vytážená a buď uložená na haldu (odval), alebo je využitá napríklad ako stavebný materiál.

V závislosti od klimatických podmienok môže každá fáza trvať až jeden rok. To znamená, že sa sústava usadzovacích nádrží obvykle skladá z troch alebo viacerých priľahlých nádrží.

V španielskych uhoľných baniach je hrubozrnná hlušina ukladaná na haldy alebo sa používa ako základka alebo plnivo v iných oblastiach.

Flotačné suspenzie sa buď:

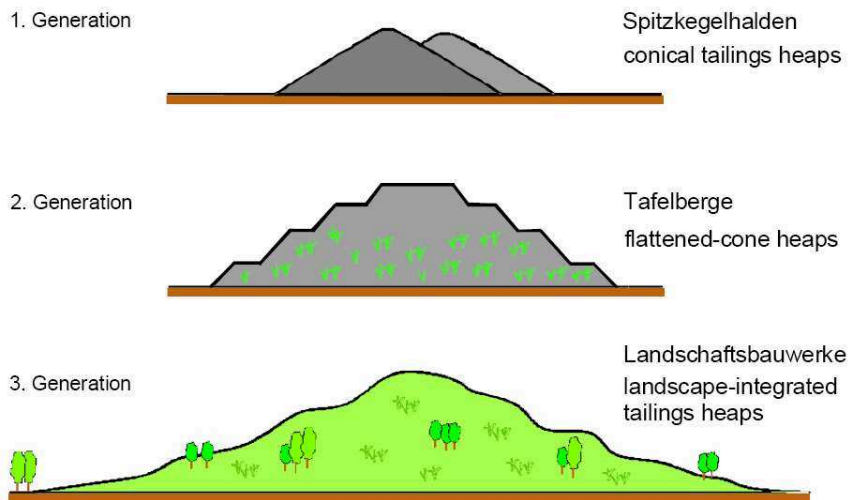
- filtrujú a predávajú,
- filtrujú a odvádzajú s hrubozrnným podielom kalu, alebo
- vypúšťajú vo forme kalu do odkalísk [84, IGME, 2002].

3.4.3.2.1 Haldy hlušiny z úpravy

Ako je zobrazené na predchádzajúcom obrázku, bolo v roku 2000 z oblastí **Porúrie, Sársko a Ibbenbüren** uložených na haldy približne 23,4 miliónov t kalu – z celkového množstva 33,1 miliónov t.

Vývoj tvaru odvalov kalu v oblastiach Porúrie, Sársko a Ibbenbüren je zobrazený na nasledujúcom obrázku.

Obrázok 44. Vývoj tvaru odvalov hlušiny z úpravy v oblastiach Porúrie, Sársko a Ibbenbüren [79, DSK, 2002]



Vysvetlivky:

Generation – vývojový stupeň (generácia), *Conical tailings heaps* – kužeľovité odvaly úpravárenského odpadu, *Flattened-cone heaps* – odvaly v tvare kužeľa s plošinami, *Landscape-integrated tailings heap* – odvaly začlenené do krajiny.

Od 70-tych rokov 20. storočia je odlišný tretí vývojový stupeň odpadových hald – takzvané začlenenie do krajiny. Vzhľadom na svoju rekreačnú a ekologickú hodnotu boli haldy akceptované ako základné krajinné prvky v husto osídlených priemyselných oblastiach Porúrie a Sársko.

V princípe je hlušina ukladaná na haldy vo vrstvách. Hrúbka vrstiev sa pohybuje v rozsahu 0,5 m až 4,0 m. Kompaktnosť (zhtutenie) odvalov je dosiahnutá pomocou kolies nákladných automobilov a vibračnými valcami. Je snaha o čo najväčšie zhtutenie, aby sa obmedzili možnosti prenikania kyslíka alebo zrážok (dažďová voda) do odvalu, a tým aj zabránenie vzniku kyslých výluhov vplyvom oxidácie pyritu.

Ako príklady sú popísané haldy kalu bane Prosper-Haniel v oblasti Porúrie.

V súčasnosti je prevádzka odvalov Haniel v poslednej etape. Ukladanie sa uskutoční na nové odvaly "Schöttelheide", založené v roku 1998. Obe zariadenia sú tzv. zariadenia na ukladanie kalu "tretej generácie". Nasledujúca tabuľka poskytuje základné informácie o veľkosti dvoch odpadových hald.

Tabuľka 52. Haldy hlušiny z úpravy v bani Prosper-Haniel v oblasti Porúrie

	Odval Haniel	Odval Schöttelheide
Začiatok prevádzky	1963	1998
Konečná plocha (ha)	108	66,7
Súčasná plocha (ha)	108	10,0
Konečná výška (m nad zemou)	126	62
Súčasná výška (m nad zemou)	99	5
Celková kapacita (mil. m ³)	57,3	15,8
Zbytková kapacita (mil. m ³)	6,3	15,2

Odval Haniel

Terénne úpravy hornej časti odvalu zahŕňajú vytvorenie amfiteátru na vrchole odvalu s kapacitou 750 sediacich osôb. Dnes predstavuje odval unikátnu stavbu začlenenú do krajiny v oblasti Porúrie s veľkým kultúrnym významom.

Na rozdiel od predošlého schváleného projektu, kde mali byť svahy zalesnené, sú len osiate. To si však vyžaduje kompenzačné opatrenie, a to výsadbu nových stromčekov na ploche viac ako 20 ha vysadených v okolí hlušínových odvalov.

Schöttelheide

Aby bolo získané povolenie pre nový odval Schöttelheide, boli zhromaždené nasledovné informácie.

V oblasti vodného hospodárstva:

- hydrologické štúdie, vrátane modelu podzemných vôd,
- systém drenáží na povrchu odvalov,
- plán hydraulického podpovrchového systému drenáží v oblasti okrajov odvalov,
- štúdie hydrochemických procesov v drenážnom systéme s ohľadom na prevádzkovú bezpečnosť,
- kompenzačné opatrenia pre zaistenie bilančnej rovnováhy vodného hospodárstva, zadržovanie a vypúšťanie zrážok a vypúšťanie priesakovej kvapaliny z odvalu.

Zakladanie:

- plán zakladania vrátane základných výpočtov stability a poklesu odvalov,
- odborný posudok o protipožiarnej ochrane pri etape zakladania.

Emisie, imisie:

- emisno-imisný posudok (prach),
- hluková štúdia.

Klimatické podmienky:

- odborný posudok zaoberajúci sa možnými vplyvmi úložiska na miestne klimatické podmienky.

Štúdia vplyvov na životné prostredie.

Územný plán:

- územný plán pre výstavbu a zemné konštrukcie, vrátane plánu konečného tvaru zeme a rekultivácie,
- územný plán pre trasovanie nákladnej dopravy pri ťažbe a nakladaní s ťažobnými odpadmi.

Rekreácia:

- kontrola rekreačných aktivít v oblasti hlušínových odvalov.

Lesné hospodárstvo:

- premena zalesnenej krajiny.

Na začiatku prípravných prác bola vykonaná skrývka ornice na celej ploche budúceho odvalu. Pre úložisko Schöttelheide bola zvolená metóda obvodových drenáží. Nad systémom drenáží vedie pozdĺž päty odvalu priekopa, ktorá slúži na zber povrchovej vody a jej odvádzanie do usadzovacích nádrží. S výnimkou západnej oblasti úložiska Schöttelheide je spodná vrstva nepriepustná. Iba v malej oblasti má podložná vrstva morénových sedimentov hydrologické "okienka" (priepustnejšie zóny). Tieto boli utesnené zhutnenou hlušinou. Povrchová voda, priesaky a podzemná voda sa zhromažďujú v zbernej nádrži a sú vypúšťané tlakovým potrubím do rieky Emscher.

Na dokumentovanie a vyhodnotenie fenoménov spôsobených ovplyvnením systému podzemnej vody je prevádzkovaný komplexný systém monitorovania podzemnej vody, kde sa meria objem zrážok, monitorujú sa povrchové vody a podzemné vody. Na tento účel boli vyhotovené nové monitorovacie vrty. Tento balík opatrení umožňuje, aby prevádzkovateľ mohol kedykoľvek prediskutovať s odborníkmi možné zmeny v zložení podzemných vôd, a aby rýchlo prijal potrebné opatrenia.

Konečný odval bude mať dva vrcholy s výškou 52 a 62 m a bude mierne vyvýšený vzhľadom na okolitý zalesnený porast. Iba najnižšie umiestnený svah v susedných zalesnených oblastiach je vybudovaný so sklonom 1:2. Celý povrch odvalu bude sprístupnený rozsiahlym systémom ciest na rekreačné účely.

Odval bude čiastočne pokrytý ornico; ale niektoré časti zostanú "zčernalé" hlušinou. Vysadia sa tu pôvodné druhy drevín (stromov a krovín), ktoré sa bežne prirodzene vyskytujú v okolí. Plánuje sa, že rekultivácia začne čo najskôr a bude postupne pokračovať. Z dôvodu ukladania hlušiny z úpravy a ďalších stavebných úprav, napríklad budovania zbernej nádrže, muselo byť vyrúbané približne 15 ha lesa. Na samotnom odvale bude opäť vysadených 46,6 ha lesa a navyše musia byť v okolitej oblasti vykonané ďalšie kompenzačné opatrenia.

Vo Veľkej Británii sú haldy navožené do profilu, ktorý je schválený príslušnými orgánmi a po dokončení je navezená vrstva zeminy, následne sa dokončia krajinné úpravy. Vypúšťanie povrchových vôd do vodných tokov musí spĺňať špecifikované limity pre vypúšťanie, aby boli minimalizované vplyvy na kvalitu vody.

Niekoľko stoviek tisíc ton hrubozrnej hlušiny z úpravy sa z uhoľných baní v oblastiach Ostrava a Karviná každoročne preváža na odvaly pásovými dopravníkmi alebo nákladnými automobilmi. V ostatných prípadoch sa hlušina používa pri rekultivácii starých odkalísk alebo pri úpravách krajiny v oblastiach poklesov [83, KŘÍBEK, 2002].

3.4.3.2.2 Odkaliská

Často je jemnozrnná suspenzia z flotácie čerpaná do usadzovacích nádrží (napríklad vytvorených v depresiách terénu) alebo do odkalísk. Usadzovanie kalu z úpravy uhlia je vykonávané v niekoľkých odkaliskách alebo nádržiach v rade za sebou. Usadená hlušina je periodicky vyťažovaná a opakovane spracovávaná v procese flotácie alebo je predávaná. Vyčistená voda sa väčšinou recykluje v úpravni [83, KRÍBEK, 2002], [84, IGME, 2002].

Odkaliská Hahnwiese

Nasledujúci text popisuje skúsenosti s prevádzkovaním odkaliska v oblasti ovplyvnenej podzemným dobývaním uhlia. Technické podmienky sú nasledujúce:

Objem odkaliska: 1,6 miliónov m³.

Najväčšia výška hrádze nad okolitým údolím: 36 m.

Dĺžka hrádze naprieč hrebeňom: 636 m.

Šírka hrebeňa hrádze: 40 m, plánované ako základňa pre ďalšie zvýšenie.

Svahy: 1:2 (návodná strana), 1:3 (vzdušná strana).

Objem: 2,2 milióna m³.

Na základe výpočtov poklesov z poddolovania v predmetnej oblasti vplyvom predchádzajúcich ťažobných činností v dvoch susedných dobývacích priestoroch sa predpokladajú nasledovné deformácie:

Tabuľka 53. Poklesy z poddolovania na odkalisku v dôsledku predchádzajúcej podzemnej ťažby

Druh deformácie	Maximálna veľkosť deformácie v skúmanej oblasti
Pokles (m)	~ 4 m na hrebene hrádze ~ 5,5 m pri päte hrádze
Pretiahnutie (mm.m ⁻¹)	2 – 8 mm.m ⁻¹
Kompresia (mm.m ⁻¹)	2 – 4 mm.m ⁻¹ v oblasti hrádze

Navyše boli brané do úvahy vplyvy spôsobené budúcou ťažbou. Ďalšie prieskumy v procese plánovania zahŕňali:

- vyhodnotenie geologických podmienok v hĺbke, vrátane analýzy systémov trhlín,
- vytvorenie modelu prúdenia podzemných vôd.

Nádrž odkaliska je postupne navyšovaná s jadrom navyšovaným proti vode a systémom filtračných drenáží. Centrálnym tesniacim prvkom je pilótová tesniaca stena zo spojených štetovnic utesnených v spojoch. Injekčná clona zabraňuje priesakom pod hrádzou. Tento systém môže dobre vydržať deformácie vzniknuté z poklesov pôdy v dôsledku poddolovania.

Tabuľka 54. Prehľad potenciálnych rizík a opatrení na odkalisku ovplyvnené poklesmi z poddolovania

Problém	Zistenie	Miesto zistenia	Potenciálne riziko	Možné a následné opatrenie
G + M	Vysoká mobilita podzemnej vody v hrádzi, v podzemí.	Meracie body voľnej hladiny podzemnej vody, hydraulická meracia stanica.	Straty vody z odkaliska, problémy s eróziou.	Vrstva ílu a/alebo injektáž, priame vypúšťanie kalu, inštalácia hrádzí na vypúšťanie kalu.
G + M	Zvýšenie vody pod hrádzou.	Meracie stanice spolu s výtokom drenáží.	Vymieľanie, podmieľanie, spätná / regresívna erózia.	Utesnenie v podzemí, injekčná clona, kontroly drenáží.
M	Predĺženie tesnenia za jadrom: zvýšenie vody na vzdušnej strane hrádze, zóna saturácie.	Meracie stanice, drenáže.	Závada utesnenia jadra, erózia.	Ak je to možné, pretesnenie jadra, prípadne pricistenie drenáží, zosilnenie päty hrádze vrstvami vhodného materiálu.
G	Usadzovanie v drenážnom potrubí.	Prehliadka pomocou TV kamery.	Znížený prietok vody až spätné vrátenie vody a tým ovplyvnenie zóny nasýtenia v hrádzi.	Prepláchnutie / vyčistenie sedimentov mechanicky alebo chemicky (napr. roztokom kyseliny).
M	Pokles, zosúvanie, sadanie zeminy hrádze.	Nivelácia, premeriavanie.	Pretekajúce hrebeňa hrádze.	Zvýšenie hrádze, ak je to potrebné rozšírením vnútorného tesniaceho jadra (vrátane prepadu).
M	Trhliny v podloží, v hrádzi a vo vnútri odkaliska.	Vizuál. pozorovania, ak je to potrebné, geodetické meranie odkaliska.	Vymieľanie, erózia.	Zaplnenie alebo utesnenie pomocou nepriepustného materiálu (napr. hlinou).
M	Pohyb na podpornom pilieri prepadu.	Vizuálne pozorovania, merania sklonu, merania polohy.	Poškodenie prepadu.	Úprava oporného piliera mostíka.
M	Pohyb v spojovacích prvkoch príslušenstva.	Špeciálne merania na prepade / potrubí.	Poškodenie prepadu, vytekanie vody z priekop pre potrubie, obtekanie, spätná / regresívna erózia.	Oprava potrubia, ak je to potrebné vyvložkovanie.
M	Pohyb prepadu.	Meranie polohy / naklonenia.	Poškodenie napojenia prepadu, obtekanie.	Oprava potrubia, ak je to potrebné vyvložkovanie.
M	Pohyb na rozperách potrubia.	Geometrická kontrola rozpier.	Netesnosť, spätná / regresívna erózia.	Opätovné vyrovnanie potrubia podľa vôle rozpéry.
G	Zrážková voda vo vývodoch odvodňovacieho potrubia.	Prehliadka pomocou TV kamery.	Zmenšenie priemeru potrubia, upchatie / vrátenie vody a následná erózia.	Preplachovanie, mechanické čistenie.
G + M	Náznaky poškodenia hrádze.	Praskliny v hrádzi s rýchlou eróziou v spojení so závadou tesnenia a drenáže.	Poškodenie hrádze, zrútenie hrádze.	Rýchle havarijné vypustenie pomocou prepadu (až na úroveň kalu).

Vysvetlivky:

Problém: G - obyčajný, daný okolnosťami a prevádzkou; M - vyvolaný ťažbou.

Koncept konštrukcie hrádze pre odkaliská vystavené účinkom poklesov z poddolovania počíta s nebezpečnými situáciami – je vybavený záložným kontrolným systémom. Programy merania a pozorovania sú dôležitým prostriedkom na zisťovanie anomálií pri výstavbe a tiež pri prevádzke odkaliska. Iba včasnou identifikáciou môžu byť prijaté príslušné opatrenia tak, aby nedošlo k veľkému poškodeniu systému odkaliska. V nasledujúcom zozname sú uvedené konkrétne opatrenia na zlepšenie situácie, prevádzkovú bezpečnosť a stabilitu.

3.4.3.3 Bezpečnosť úložisk a prevencia havárií

Oblasť Ostrava a Karviná vykazuje vysoké seizmické nebezpečenstvo vplyvom možných bankých otrasov. Seizmické udalosti sú monitorované [83, KŘÍBEK, 2002].

3.4.3.4 Uzavretie úložisk a následná starostlivosť

V oblastiach **Porúrie, Sárska** a **Ibbenbüren** je bežných 5 typov následného využitia rekultivovaných území:

- lesné hospodárstvo,
- poľnohospodárske využitie,
- využitie na rekreáciu a voľný čas,
- sekundárne biotopy,
- nové priemyselné oblasti.

Využitie územia je v husto zaľudnených oblastiach uhoľných revírov Porúria a Sárska veľmi obmedzené. Oblasť využívaná na priemyselné účely, ako je napríklad nakladanie s hlušinou, preto musia byť čo najskôr opäť začlenené do krajiny. Odpad je na úložisku ovzorkovaný ihneď po uložení a ďalej ak je to potrebné, po dvoch a po troch rokoch.

Pre každé úložisko o rozlohe 2 500 m² sa odoberajú tri vzorky z hĺbky 0 - 20 cm, ktoré sú kvartované do reprezentatívnej zmesnej vzorky. Ďalšia vzorka sa odoberá z hĺbky 40 - 50 cm. Analýzy prvej vzorky zahŕňajú zmeranie hodnoty pH pre zistenie stupňa acidity, stanovenie celkového obsahu síry (prvá vzorka) a stanovenie obsahu alkálií. V druhej vzorke sú stanovené P₂O₅, draslík, vápnik a horčík, ktoré sú prístupné pre rastliny. Výsledky analýz sú zohľadnené pri výbere zeminy a spôsobu zazelenevania [79, DSK, 2002].

Následné využitie oblastí s úložiskami úpravárenského odpadu je založené na dôkladnom posúdení ekologických, environmentálnych, rekreačných a ekonomických aspektov. Ako je ukázané na príklade amfiteátra (*Bergtheater* - "Horské divadlo") postavenom na odvale Haniel, môžu byť zohľadnené aj kultúrne a športové aspekty. Ďalšie príklady zahŕňajú veľkú halu vytvorenú na odvale Prosperstrasse pre zjazdové lyžovanie a aj miesto pre umelecký monument v prírode, ako je napríklad Tetraeder na rekultivovanom území Beckstrasse.

Odvaly odpadu z úpravy v oblastiach s ťažbou uhlia v Nemecku sú často projektované architektmi zaoberajúcimi sa krajinnými úpravami so zohľadnením mnohých pripomienok verejnosti.

Zazeleneenie môže byť urýchlené rôznymi opatreniami. Po dokončení svahov je povrch odvalov osiaty semenami rastlín. Vegetačný kryt pomáha začleneniu odvalov do krajiny, zabraňuje plošnej erózii a prispieva k tvorbe humusu v najvyššej vrstve zeminy. Veľkosť a zloženie zmesi osiva závisí od miestnej situácie na jednotlivých haldách, od štruktúry povrchu a klimatických vplyvov. V prípade hydroosevu je ako nosič použitá voda. Mimo osiva môže byť tiež použité hnojivo, zložky pre vylepšenie vlastností zeminy a mulče zmiešané s vodou.

Po vyhodnotení analýzy zeminy je navrhnutá výsadba krovin a stromov. Výber jednotlivých druhov a návrh schémy výsadby sú vykonané v úzkej spolupráci s úradmi lesnej správy.

Vo väčšine prípadov sa z lesných škôlok odoberali vypestované trojročné sadenice rastlín, ktoré sú vysádzané v úzkom spone 1 x 2 m až 1 x 1 m. Okrem vyššie opísaných vegetačných opatrení, je rekultivácia krajiny v oblastiach Porúrie, Sársko a Ibbenbüren zameraná na vytvorenie náhradných biotopov pre rôznorodú faunu a flóru. Krajinnými úpravami je podporovaný vznik mokrých a suchých biotopov, malých vodných tokov a tiež oblastí ponechaných prirodzenému vývoju [79, DSK, 2002].

V oblasti **Ostrava a Karviná** je vypracovávaný regionálny plán úpravy krajiny dotknutej ťažbou uhlia a nakladaním s odpadom [83, KŘÍBEK, 2002].

3.4.4 Nakladanie s hlušinou

Malé množstvo hlušiny z hlbinej ťažby je spoločne s hrubozrnným podielom úpravárenského odpadu ukladané na haldy. Bežne je hlušina pôvodom z povrchových baní vo Veľkej Británii ukladaná na dočasné haldy podľa britských technických požiadaviek („*Health and Safety at quarries: – quarries Regulations 1999 - Approved Code of Practice*“ – „Zdravie a bezpečnosť v lomoch. Nariadenie týkajúce sa lomov 1999 – Schválený podrobný predpis“).

Po vyťažení uhoľného ložiska je hlušina vrátená späť do vyťaženého priestoru a oblasť je uvedená do pôvodného stavu podľa plánu rekultivácie. Haldy hlušiny sú navyšované do profilu (výškovej úrovne), ktorý je schválený Úradom pre plánovanie ťažby nerastných surovín vo Veľkej Británii (*Mineral Planning Authority*). Po dokončení sú prevrstvené zeminou a sú vykonané krajinné úpravy. Povrchová voda, vypúšťaná do vodných tokov, musí spĺňať špecifikované limity pre vypúšťanie, aby boli minimalizované vplyvy na kvalitu vody.

3.4.5 Súčasná úroveň emisií a spotreby

3.4.5.1 Nakladanie s vodou a činidlami

Reagencie použité pri flotácii uhlia sú zmesi, ktorých zloženie je známe iba čiastočne. Tieto zmesi činidiel sa menia v závislosti na použitom procese úpravy. Vo väčšine prípadov sa používajú zmesi určitých frakcií ľahkých olejov (zberače) alebo alkoholov (penidlá) spoločne s emulziami. Použité flotačné činidlá môžu obsahovať stopové množstvá až 50 rôznych látok.

Zatiaľ čo sú obsahy solí a kovov v uhlí a ich extrahovateľnosť dobre známe, nie je tak dobre zdokumentovaný obsah organických chemických látok. Predpokladá sa, že sa bude väčšina kontaminantov akumulovať na jemnozrnný podiel kalu z flotácie vzhľadom na ich veľký merný povrch. Organické kontaminanty môžu pochádzať z flotačných činidiel, ako bolo uvedené vyššie, ale aj z hydraulických olejov použitých pri ťažobnej činnosti.

Konvenčné metódy analýz obsahu organických chemických látok v kale z uhlia poskytujú často nesprávne údaje, pretože nie sú vhodné pre také nízke koncentrácie, ale aj preto, že pri týchto metódach sa rozpúšťajú prirodzene prítomné uhl'ovodíky. Pomocou rádioaktívneho indikátora (napríklad použitím uhlíka ^{14}C) môže byť preukázané, že 1 kg kalu z flotácie obsahuje 120 mg flotačných činidiel. Toto "zaťaženie" sa znižuje so zvyšujúcim sa obsahom popola v kale [102, DIEGEL, 1994].

Hoci sa môžu flotačné reagenty akumulovať na povrchu jemnozrnného podielu kalu z flotácie, nešíria sa. Dlhodobým sledovaním povrchových vôd a presakujúcich vôd z odpadových hald bolo preukázané, že vzhľadom na organické zložky flotačných reagensov nenastala žiadna kontaminácia vody. To sa pripisovalo pevným väzbám organických látok a zhutnenej konštrukcii celého odvalu.

V nemeckej úpravni čierneho uhlia sú používané flotačné činidlá na báze uhl'ovodíkov alebo alkoholov. Pre proces flokulácie sa používajú činidlá na báze polyakrylátov alebo polyakrylamidov.

K jemnozrnnému podielu uhlia sa v amerických úpravniach navyše používajú nasledujúce typická činidlá:

- aniónové a kationové flokulanty,
- vápno,
- prírodné a modifikované škroby,
- žieravý škrob,
- kyselina sírová na úpravu pH,
- kamenec (síran hlinitý) na úpravu pH,
- bezvodý amoniak [81, MSHA, 2002].

Vyčistená voda z nádrží / odkalísk v oblasti Ostrava a Karviná je opätovne využívaná v úpravni. Prebytočná voda je vypúšťaná do povrchovej vody. Pri flotácii sa používa činidlo Flotalex, zmes alkoholov a minerálneho oleja, v koncentráciách 0,25 – 0,35 kg.t⁻¹. Ako flokulant sa pridáva organické činidlo na báze polyakrylamidov [83, KŘÍBEK, 2002].

3.4.5.2 Emisie do ovzdušia

Aby boli minimalizované emisie prachu a hluku pri doprave kalu na haldy a pri rozhrňaní odpadu, sú vo vnútornom priestore odvalov čo najskôr vytvorené rampy a etáže, okolo ktorých sú vytvorené ochranné násypy. Druhou možnosťou je, že sa hlušina ukladá do vytáženého priestoru [79, DSK, 2002].

3.4.5.3 Emisie do vody

Jemnozrnný podiel kalu z flotácie je často ukladaný do odkalísk a nádrží (napríklad oblasť Ostrava a Karviná). Väčšina vyčistenej vody je opäť využitá v úpravni. V niektorých prípadoch je prebytočná voda vypúšťaná do povrchovej vody. Vypúšťané množstvá za rok a základné parametre tejto vody vypúšťané do recipientu sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 55. Vypúšťané množstvo a parametre vody z odkaliska / nádrže v oblasti Ostrava a Karviná v roku 2000 [83, KRÍBEK, 2002]

Parametre	Jednotky	Miesto				
		Paskov	ČSA	Lazy	Dukla	ČSM
Vypúšťanie	mil. m ³	0,2	2,0	1,6	4,0	0,27
CHSK	mg/l	22 208	16 985	19,19	50,91	1 920,2
BSK	mg/l	–	2 333	4,34	6,54	20,65
Celkové rozp. látky ¹	mg/l	–	1 310	–	–	–
Rozpuštné anorg. soli ²	mg/l	687 833	–	–	–	–
Nerozpuštné látky	mg/l	131 667	7 166	9,88	20,58	285,4
P _{celk.}	mg/l	0,04	–	–	–	–
N-NH ₄	mg/l	0,06	0,33	0,2	1,48	–
Cl	mg/l	–	382,5	–	–	–
SO ₄	mg/l	204,5	290,5	–	–	–
PO ₄	mg/l	–	0,055	–	–	–
Fenoly	mg/l	–	0,1	–	–	–
Fe	mg/l	–	–	0,17	0,22	–
Mn	mg/l	–	–	0,09	0,14	–
Hg	µg/l	0,9	–	–	–	–
Cd	µg/l	0,5	–	< 0,005	< 0,005	–
CN celkom	µg/l	–	6	–	–	–
FN	mg/l	–	0,1	–	–	–
pH	–	–	8	8	7,61	–

Vysvetlivky:

¹ celkové rozpustené látky (organické i anorganické) (CRL) získané zo vzorky po filtrácii a premývaní destilovanou vodou;

² rozpustné anorganické soli (RAS) sú stanovené gravimetricky po oxidácii celkových rozpustených látok peroxidom vodíka.

4. TECHNIKY UVAŽOVANÉ PRI URČOVANÍ NAJLEPŠÍCH DOSTUPNÝCH TECHNÍK

V nasledujúcom texte je prezentovaný celý rad techník na prevenciu alebo redukciu emisií a techniky na prevenciu alebo na elimináciu následkov havárií. Uvedené techniky sú v súčasnej dobe dostupné a aplikovateľné.

4.1 Základné princípy

Ak je banská činnosť (ťažba a úprava nerastných surovín, nakladanie s odpadom v ťažobnej činnosti na úložiskách) navrhnutá v súlade s charakteristikami ťažobných odpadov a v prípade, že sú rešpektované rozdielne chemické, fyzikálne a biologické interakcie, ktoré môžu nastávať vplyvom ťažby a úpravy, potom sú environmentálne problémy minimalizované a rovnako sú znížené aj ekonomické náklady vznikajúce pri nakladaní s ťažobnými odpadmi [21, RITCEY, 1989]. Nakladanie s ťažobnými odpadmi, ktoré zahŕňa aj vodné hospodárstvo, je zvyčajne integrálnou súčasťou životného cyklu prevádzky banskej činnosti [45, EUROMINES, 2002].

Správne nakladanie s banskými odpadmi zahŕňa hodnotenie alternatívnych riešení pre:

- minimalizáciu objemu vznikajúcich ťažobných odpadov, napríklad vhodnou metódou ťažby (povrchová/hlbinná ťažba, rôzne metódy hlbínnej ťažby),
- maximalizáciu možností pre alternatívne využitie ťažobných odpadov napríklad:
 - použitie ako kameniva,
 - použitie pri rekultivácii iných banských lokalít,
 - použitie pre základku,
- úpravu ťažobných odpadov v rámci spracovania za účelom minimalizácie akéhokoľvek environmentálneho alebo bezpečnostného rizika. Takouto úpravou rozumieme napr.:
 - odpyritizovanie,
 - pridávanie pufráčných materiálov.

Najefektívnejšou cestou redukcie množstva odpadov z ťažby je ťažba rúd hlbinným dobývaním namiesto povrchového dobývania. Pri povrchovom dobývaní je však často možné využiť väčšiu časť ložiska, preto povrchové dobývanie môže byť v porovnaní s hlbinným ekonomicky výhodnejšie.

Existuje celý rad aspektov, ktoré sa musia brať do úvahy pri výbere dobývacej metódy, (povrchová alebo hlbinná ťažba, alebo kombinácia oboidvoch možností). Tvorba a nakladanie s ťažobným odpadom je jedným z týchto aspektov. Príklady ďalších aspektov, ktoré môžu ovplyvniť rozhodovanie pri výbere dobývacej metódy sú:

- bezpečnosť,
- pracovné podmienky,
- náklady,
- optimálne využitie prírodného zdroja,
- geotechnická stabilita,
- geometrický tvar a
- hĺbka uloženia ložiska.

Pri ktorejkoľvek použitej dobývacej metóde, nie je záujmom vlastníka produkovať viac odpadu ako je bezpodmienečne nutné, pretože nakladanie s odpadmi je oblasť, ktorá zvyčajne generuje náklady ťažobnej spoločnosti, s veľmi malým alebo žiadnym ziskom pre danú spoločnosť.

Pre určenie techniky, ktorá bude najvhodnejšia pre špecifické podmienky z hľadiska environmentálnych, bezpečnostných, technických a inžinierskych aspektov, sa používa **hodnotenie rizika**¹⁹ [45, EUROMINES, 2002]. Na určenie možných príčin nehôd na odkalisku a na prevenciu možných budúcich havárií, sa kladie otázka „**čo keď**“ (tzv. *What-if* analýza – *pozn. prekl.*). To umožňuje počítať s niekoľkými scenármi. Musia byť vypracované plány založené na základe možných dopadov, bezpečnostných hľadísk a požiadaviek týchto scenárov. Veľmi dôležité je, aby s týmito plánmi boli pracovníci oboznámení a rozumeli im.

Akákoľvek hlušina z úpravy alebo z ťažby, ktorej vzniku nie je možné sa vyhnúť (z dôvodu prístupnosti k ložisku, bezpečnosti a podobne), a ktorá nie je vhodná na alternatívne využitie (z dôvodov fyzikálnych alebo chemických vlastností, ceny dopravy, nedostatku dopytu), vyžaduje vhodnú stratégiu nakladania zameranú na zaistenie:

- bezpečného, stabilného a efektívneho nakladania s ťažobnými odpadmi s minimalizáciou rizika havarijného úniku do prostredia v krátkodobom, strednodobom a dlhodobom období,
- minimalizácie množstva a toxicity akéhokoľvek kontaminantu, ktorý je uvoľňovaný alebo uniká z úložiska,
- progresívneho zníženia rizika v čase.

Ak je produkovaný viac ako jeden typ ťažobného odpadu, ich budúce využitie na alternatívny účel alebo na recykláciu bude uľahčené ich oddeleným ukladaním. Na druhej strane však miešanie rôznych typov flotačných odpadov a/alebo horninových hlušín sa stáva dobrou možnosťou environmentálneho manažmentu, ak ním môže byť dosiahnutá ako výsledok napríklad minimalizácia kyslých výluhov (angl. skr. *ARD – Acid Rock Drainage*).

4.2 Manažment životného cyklu

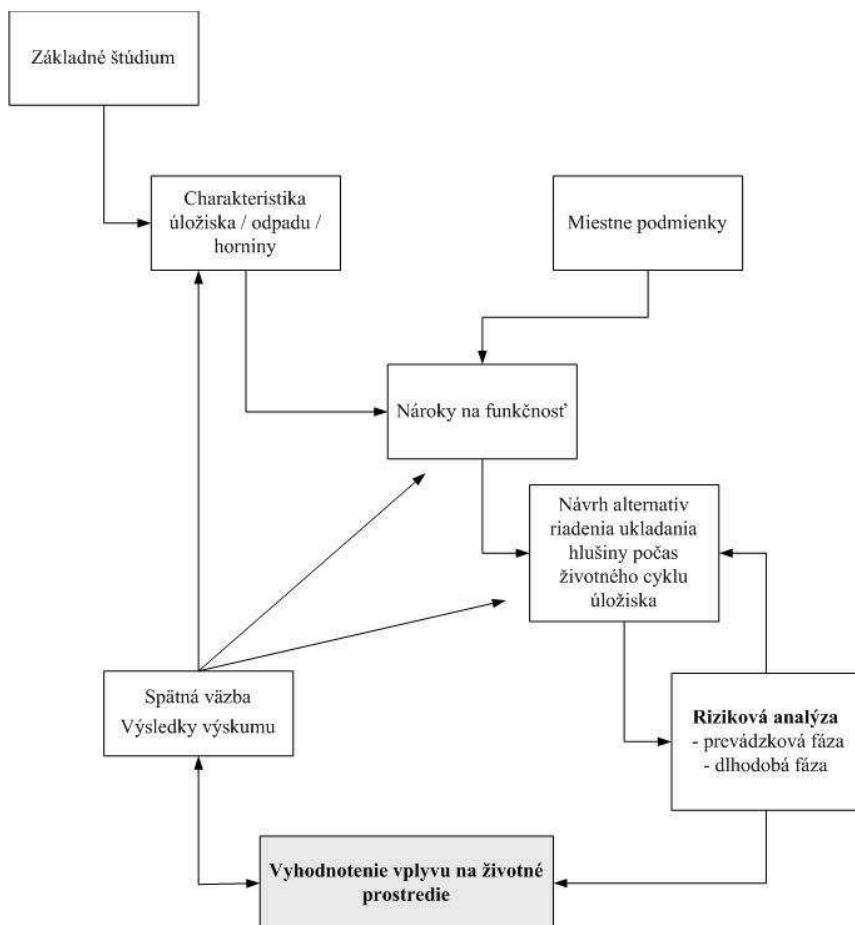
Efektívne zníženie rizika poruchy môže byť dosiahnuté len záujmom prevádzkovateľa na presadení vhodných dostupných technológií pre návrh, prevádzku a uzavretie odkaliska alebo odvalu počas ich celej doby prevádzky.

4.2.1 Etapa plánovania

Na dosiahnutie environmentálne zodpovedného nakladania s kalmi ukladanými na odkalisku a odpadom z ťažby (hlušinou)²⁰ je dôležité, aby bola od samého začiatku prevádzka navrhnutá z hľadiska následného uzavretia, a aby bola príslušná pozornosť venovaná kvantifikácii dlhodobého environmentálneho pôsobenia a vplyvov odkaliska a odvalu. Nasledujúci obrázok ilustruje informačný tok pre návrh uzavretia úložiska.

¹⁹ § 6 zákona č. 514/2008 Z. z.

²⁰ anglický výraz „*tailings and waste-rocks*“ by sa dal doslovne preložiť ako „kal ukladaný na odkaliskách a odpad z ťažby (hlušina)“, ďalej v dokumente používame tam, kde je to vhodné slovenský ekvivalent kodifikovaný prijatím zákona č. 514/2008 Z. z. a to „odpad z ťažobného priemyslu“, resp. „ťažobný odpad“ – *pozn. prekl.*

Obrázok 45. Znázornenie toku informácií pre návrh uzavretia úložiska

Ďalej v tejto časti dokumentu sú popísané stanoviská, ktoré je potrebné brať do úvahy vo fáze navrhovania odkaliska alebo odvalu.

Pokiaľ nie je uvedené inak, táto informácia je prevzatá z „Canadian guide to the management of tailings facilities“ [18, MINING ASSOCIATION OF CANADA, 1998], „Framework for mining waste management“ [45, EUROMINES, 2002] a ústnych informácií členov TWG.

4.2.1.1 Environmentálne východiská

Nasleduje súhrn východísk, na ktoré by mal byť bráný ohľad pri zbere a porovnávaní základných environmentálnych informácií pri výbere lokality, projektovaní a prevádzke úložiska. Rovnaké základné informácie sú dôležité pre vytvorenie plánu uzavretia a programu environmentálneho monitoringu.

Podrobnejší zoznam môže byť rozpracovaný v špeciálnych smerniciach pre environmentálne hodnotenie.

- existujúce zdroje a ich využitie - musia byť identifikované existujúce zdroje, využitie existujúcich zdrojov a využitie územia v oblasti odkaliska a v oblasti s potenciálom väčších dopadov, najmä:
 - využitie územia a využitie vody:
 - súčasné a historické využitie zahrňujúce rekreačné využitie, parky, ľudské sídla, zdroje pitnej vody, archeologické lokality, baníctvo, lesníctvo, poľnohospodárstvo, poľovníctvo a rybárstvo.
 - vlastníctvo pôdy:
 - zaistenie práva získať nevyhnutnú pôdu pre úložisko,
 - identifikácia vlastníckych vzťahov k pôde a nerastným ložiskám.
- základné odborné informácie - musia byť zhromaždené základné odborné informácie vzťahujúce sa k oblasti projektovaného odkaliska, vrátane:
 - fyzikálnych:
 - klíma (napríklad teplota, prúdenie vzduchu, výpar, opakujúce sa periodické záplavy, zrážky a odtok, znečistenie ovzdušia),
 - voda (napríklad hydroológia, vymedzenie povodia a siete tokov, prietok, hĺbka dna jazier, podpovrchová hydrogeológia a charakteristika kvality podzemnej vody, povrchová voda a charakter sedimentov),
 - formy povrchu terénu,
 - geológia a geochemia (napríklad pokryvné sedimenty – typ, umiestnenie, merná hmotnosť, priepustnosť, stratigrafia, geomorfológia, mineralógia, geochemické pozadie),
 - topografia (napríklad regionálne a detailné topografické mapy, stereoskopické letecké fotografie, satelitné snímky),
 - pôdy (napríklad vzorkovanie a charakteristika pôd),
 - prírodné riziká (zosuvy pôdy, lavíny, seizmické prejavy, záplavy, účinky mrazu),
 - informácie týkajúce sa lokalít starých banských diel v blízkosti alebo pod odkaliskom/odvalom,
 - biologických:
 - identifikácia ekosystému,
 - pozemný prieskum (napríklad flóra, prírodné pastviny, fauna, chránené a ohrozené druhy, migračné druhy),
 - akvatický prieskum (bentos, bezobratlovce, ryby, vodné rastliny),

- základné socio-ekonomické údaje – musia byť zhromaždené základné socio-ekonomické údaje významné pre oblasť plánovaného odkaliska, ktoré zahŕňajú:
 - historický prehľad,
 - obyvateľstvo (zdravie, vzdelanie, kultúra, demografia),
 - regionálnu ekonomiku,
 - identifikáciu socio-ekonomických problémov, ktoré môžu vzniknúť pri realizácii projektu odkaliska.

Výsledkom je východisková (environmentálna) štúdia (*baseline investigation*), ktorá je zvyčajne súčasťou posudzovania vplyvov na životné prostredie (*EIA*).

Tento základný prieskum identifikuje rozsah zdrojov potenciálne ohrozených ťažobňou a poskytuje údaje popisujúce tieto zdroje. Prieskum preto poskytuje kvantifikáciu pre predpoveď dopadov na životné prostredie navrhovaného riešenia a databázu, podľa ktorej môžu byť v budúcnosti posudzované zmeny v kvalite prostredia [25, LISHEEN, 1995]. Dobro urobená východisková štúdia poskytuje taktiež významné údaje pre ďalšie projektovanie, úpravy a plánovanie na lokalite.

Je potrebné poznamenať, že obsah východiskovej štúdie je stanovený prípad od prípadu. Napríklad rozsah záleží od typu a rozmeru navrhovanej prevádzky. Stanovenie koncentrácií kovov pravdepodobne nebude významné tam, kde znečistenie kovmi nie je reálne.

4.2.1.2 Charakteristika ťažobných odpadov

Pre správne riadenie odkaliska alebo odvalu je rozhodujúca správna charakteristika ukladaného odpadu. Výsledky charakteristiky budú určovať, ako má byť riadené nakladanie s ťažobným odpadom počas prevádzky (technika ukladania, zabezpečovacie opatrenia a podobne), pri uzavretí (požiadavky a technika pri uzavretí) a v období po uzavretí (odhad dlhodobého správania).

V ideálnom prípade sú ťažobné odpady vhodne charakterizované pred zahájením prevádzky a výsledky sú plne zahrnuté do návrhu konštrukcie úložiska a plánov riadenia. Charakteristika zahŕňa fyzikálne a chemické parametre, ktoré umožňujú odhad charakteristik krátkodobého, strednodobého a dlhodobého rozkladu/zvetrávania (uvoľňovania prvkov) rovnako ako jeho správanie sa v geotechnických konštrukciách. Pri takejto práci, ktorá je často vykonávaná v jednotlivých etapách na základe dosiahnutých výsledkov, je používaný celý rad metodík, ktoré zahŕňajú relatívne jednoduché analýzy až po viac sofistikované vylúhovacie experimenty, aby bolo možné vytvoriť komplexné interpretačné a prediktívne modely.

Pri projektovaní odkaliska / odvalu²¹ sa používa nasledujúca charakteristika rudy, hlušiny z ťažby (ak sa používa pre konštrukciu hrádze odkaliska pre rovnaký materiál), kalu z úpravy a spôsobu úpravy nerastov.

Charakteristika rudy a hlušiny z ťažby:

- množstvo zásob,
- mineralogické zloženie,
- chemické vlastnosti,

²¹ TMF/WRMF – Tailings Management Facility / Waste-Rock Management Facility – odkalisko / odval – na preklad takto definovaného zariadenia na nakladanie s odpadmi používame v ďalšom výraz „úložisko“ (§ 4 zákona č. 514/2008 Z. z.)

- fyzikálne a technické vlastnosti,
- acidifikačný potenciál,
- vyluhovateľné polutanty,
- ruda a zmeny kvality rudy počas životnosti bane,
- rudy s nízkou kovnosťou a množstvo vydobytých hornín,
- kinetické testy,
- zrnitosťná analýza,
- rozpustnosť minerálov.²²

Charakteristika odpadu z úpravy vrátane základného popisu jeho fyzikálnych a chemických vlastností, ako sú:

- denná/ročná produkcia a celkové množstvo,
- zrnitosť,
- tuhé odpady alebo vodné suspenzie (kaly), merná hmotnosť rmutu (% tuhých častíc),
- merná hmotnosť pevných častíc,
- stabilita/plasticita,
- chémia kvapalnej fázy,
- acidifikačný potenciál,
- geochemická charakteristika (obsah kovov, chovanie počas vyluhovania),
- pórová voda,
- chovanie pri konsolidácii,
- kinetické testy,
- mineralogické zloženie,
- rozpustnosť minerálov.

Charakteristika technológie úpravy nerastných surovín:

- použité reagenty, ich koncentrácia a množstvo,
- požiadavky na recirkuláciu vody,
- technologické procesy úpravy nerastných surovín (napríklad rozklad kyanidov),
- ostatné prítoky do odkaliska,
- potrubia a ďalšie rozvody,
- možnosť pre povrchové a/alebo podzemné zakladanie,
- pomer nakladania s hlušinou na povrchu ku základke [18, MINING ASSOCIATION OF CANADA, 1998].

Zavádzanie ekonomicky efektívnej techniky pre nakladanie s odpadmi z ťažby a úpravy vyžaduje presný odhad chovania sa zostatkových minerálov v prírodnom prostredí. Pre účely charakterizácie odpadov z ťažby a hodnotenia potenciálu tvorby kyslých výluhov a/alebo kontaminácie odpadových vôd ťažkými kovmi sa medzinárodne používa celý rad testovacích metodík a prediktívnych nástrojov.

²² poznanie rozpustnosti minerálov je kľúčové pre predikciu výluhov, reaktivity a odhadu bilančných množstiev (WALDER ET.AL. IN PREP., *Environmental Geochemistry of Ore deposits*, pp. 250)

Účinnosť týchto nástrojov závisí od posúdenia významnosti mnohých chemických a mineralogických premenných, okolností ovplyvňujúcich ukládanie a od vývoja plne dokumentovaných štandardizovaných techník na charakterizáciu ťažobných odpadov a ďalších materiálov. Na odhad prietoku a kvality drenážnych vôd pre príslušnú lokalitu sú tieto charakteristiky kombinované s relevantnými podkladovými údajmi (napr. informácie zhromaždené pre základné štúdie). Pri interpretácii sa musia brať do úvahy rôzne presnosti laboratórnych a terénnych testov. Na odhad rôznych optimálnych podmienok riadenia sa obvykle používajú výpočtové modely.

4.2.1.3 Prípravná projektová dokumentácia (štúdie a plány) pre úložiská

V nasledujúcom texte je prehľad prípravnej projektovej dokumentácie (štúdií a plánov), ktoré boli vypracované pre návrh aktuálnych úložísk na adekvátnej úrovni s detailmi vzťahujúcimi sa na jednotlivé štádiá (konceptuálny, predbežný a detailný stupeň) projektovej dokumentácie a potom upravované pri vlastnej prevádzke a uzavretí úložiska:

- dokumentácia výberu lokality,
- hodnotenie vplyvov na životné prostredie,
- hodnotenie rizika,
- havarijný plán,
- plán nakladania,
- vodná bilancia a vodohospodársky plán,
- plán uzavretia (rekultivácie) a následnej starostlivosti.

Obsiahnuté položky v prehľade uvedených dokumentácií reprezentujú iba minimálne požiadavky. V praxi, prípad od prípadu, môžu byť zohľadnené ešte ďalšie dodatočné požiadavky [18, MINING ASSOCIATION OF CANADA, 1998]. Uvedené body sú detailnejšie vypracované v ďalšom texte.

Výber lokality

Prevádzkovateľ navrhne lokalitu a pripraví dokumenty, na základe ktorých bola vybraná, vrátane diskusie o iných uvažovaných a odmietnutých alternatívach. Ďalej sa musí zistiť ako verejnosť akceptuje projekt (t. j. požiadavky vnútorných a vonkajších účastníkov procesu). Problémy, ktoré je potrebné brať do úvahy pri výbere lokality:

Environmentálne hľadiská:

- požiadavky na úpravu odpadovej vody,
- priesaky do povrchových vôd,
- priesaky do podzemných vôd (hydrogeologické bariéry),
- historické využitie zbernej oblasti (povodia),
- požadované environmentálne charakteristiky,
- vplyv na rastlinné, živočíšne a akvatické spoločenstvá,
- miestna flóra a fauna
- archeologické hľadiská,
- potenciálne emisie do ovzdušia,
- estetické hľadiská,
- koncepcná vodná bilancia.

Územnoplánovacie hľadiská:

- prístupnosť (výstavba komunikácií),
- vzdialenosť od úpravne,
- relatívny výškový rozdiel od úpravne,
- vzdialenosť od obývanej zóny a územia s ľudskou činnosťou,
- topografia,
- súčasné využitie územia a zdrojov,
- vlastníctvo majetku a ťažobné práva,
- transportné koridory, energetické siete, atď.,
- ohľad na plochu povodia a povrchu,
- objemová kapacita,
- pomer objemu nádrže odkaliska a úložnej kapacity,
- geologické pomery vrátane potenciálnych ložísk,
- dostupnosť stavebného materiálu,
- stretý záujmov pri banskej činnosti,
- základové pomery pre založenie hrádze,
- základové pomery nádrží,
- riziká v smere prúdenia,
- hydroológia,
- podzemná voda, priesaky kontaminantov,
- potenciálne ovplyvnená oblasť,
- zdravotné a environmentálne riziká,
- schéma vodného hospodárstva a predbežná vodná bilancia,
- plán prevádzky a plán nakladania,
- objekty na predbežné zachytávanie vôd a nakladanie s nimi,
- predbežný odhad finančných nákladov založený na predbežných úvahách,
- koncepčné hodnotenie rizika,
- zdravotné a bezpečnostné hodnotenie.

Hľadiská uzavretia a rekultivácie:

- požiadavky na smerovanie tokov a vodné plochy,
- potenciál pre ozelenenie,
- dlhodobá fyzikálna a chemická stabilita,
- uľahčenie vybudovania trvalého odvodňovania,
- zníženie/kontrola kyslých výluhov a ďalších polutantov,
- kontrola prašnosti,
- dlhodobá údržba, požiadavky na monitorovanie a zaobchádzanie.

Hľadiská prípravných, prevádzkových a uzatváracích nákladov:

- kapitálové náklady,
- náklady na dopravu odpadu z úpravy,
- náklady na prevádzku a údržbu úložiska,
- náklady na uzavretie úložiska,
- náklady na tonu upravenej suroviny.

Posudzovanie vplyvov na životné prostredie (EIA)

Na získanie súhlasu akcionárov a povolenie úradov je často nutné a legislatívou požadované posúdenie vplyvov na životné prostredie (*Environmental Impact Assessment - EIA*). V členských krajinách EÚ je posudzovanie vplyvov na životné prostredie uplatnené smernicou Rady 97/11/ES z 3. marca 1997, ktorou sa mení smernica Rady 85/337/ES o posudzovaní vplyvov niektorých verejných a súkromných projektov na životné prostredie.²³

Smernica povoľuje členským štátom rozhodovať, pre ktoré aktivity je posudzovanie vplyvov potrebné a pre ktoré nie. Príloha smernice č. I však uvádza, že v prípade, keď majú povrchové lomy rozlohu väčšiu ako 25 ha, je posudzovanie vplyvov povinné. Príloha smernice č. II uvádza, že členské štáty môžu rozhodnúť, či v prípade hlbinej ťažby a pre malé lomy a menšie povrchové bane, bude posudzovanie vplyvov vykonávané. Informácie, ktoré musí prevádzkovateľ v dokumentácii pre posudzovanie vplyvov²⁴ poskytnúť sú popísané v prílohe č. IV smernice. Webové stránky <http://europa.eu.int/comm/environment/eia/home.htm> poskytujú množstvo informácií a návodov týkajúcich sa EIA.

Východiskové štúdie udávajú, aké podmienky boli na lokalite pred začiatkom ťažby. Tým je zabezpečený základ pre identifikáciu akéhokoľvek ovplyvnenia a hodnotenia možných následkov. Detailný rozsah východiskovej štúdie a dokumentácie posudzovania vplyvov na životné prostredie je zvyčajne definovaný stanovením rozsahu hodnotenia príslušným orgánom (na Slovensku obvodný úrad životného prostredia alebo Ministerstvo životného prostredia SR – *pozn. prekl.*), ktorý riadi proces a vydáva záverečný dokument (na Slovensku rozhodnutie alebo záverečné stanovisko – *pozn. prekl.*). Rozsah hodnotenia môže byť tiež doplnený podľa požiadaviek účastníkov procesu.

Proces posudzovania vplyvu na životné prostredie vyžaduje integrovanú znalosť o tom, ako je navrhnutý projekt, o prírodných a sociálnych podmienkach, v ktorých je projekt situovaný, o stanoviskách účastníkov procesu posudzovania. V štádiu posudzovania vplyvov na životné prostredie sú úložiská obvykle súčasťou väčšieho integrovaného projektu (t. j. napr. banskej prevádzky - *pozn. prekl.*). V nasledujúcom prehľade sú niektoré významné aspekty, ktoré majú vzťah k úložisku, a ktoré musia byť brané do úvahy pri posudzovaní vplyvov na životné prostredie:

- environmentálne východiská,
- aspekty odpadov z úpravne,
- výber lokality na zriadenie úložiska s jasne dokumentovaným procesom výberu,
- koncepčný projekt úložiska.

Posudzovanie vplyvov na životné prostredie sa zaoberá projektovanými vplyvmi úložiska na životné prostredie a zahŕňa:

- fyzikálne vplyvy,
- geomorfológiu,
- podnebie a možné vplyvy na zmenu podnebia,
- kvalitu ovzdušia,
- hluk,

²³ na Slovensku sa táto smernica vykonáva zákonom č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov – *pozn. prekl.*

²⁴ na Slovensku sú to: zámer činnosti ako prvostupňová environmentálna dokumentácia a správa o hodnotení ako druhostupňová environmentálna dokumentácia – *pozn. prekl.*

- hydrológiu,
- hydrogeológiu,
- kvalitu vody,
- vplyvy na biotu,
- vodné spoločenstvá,
- rastlinné spoločenstvá a biotopy,
- živočíšne spoločenstvá,
- vplyvy na archeologické nálezky,
- socio-ekonomické dopady,
- dopady na využitie územia.

Hodnotenie rizika

Z mnohých častí príručky je zjavné, že techniky aplikované na prevenciu havárií vychádzajú z manažmentu rizík. Okrem toho dodatok ku smernici Európskej únie Seveso II.²⁵ a príprava legislatívy na nakladanie s odpadom z ťažobného priemyslu (už prijatá smernica EP a Rady 2006/21/ES, na Slovensku vykonávaná zákonom č. 514/2008 Z. z. – *pozn prekl.*) už predznamenali, že v najbližšej budúcnosti bude hodnotenie rizika legálnou požiadavkou pre schvaľovanie niektorých alebo všetkých úložísk.

Celkové hodnotenie rizika zahŕňa hodnotenie rizika pre jednotlivé procesy, ktoré majú úzky vzťah k charakteristike ťažobného odpadu, fyzikálnym a chemickým vlastnostiam odpadu, ako aj k ďalším kľúčovým vlastnostiam ako sú vlastnosti rudy a charakteristika lokality úložiska. Na zníženie rizika na akceptovateľnú úroveň môže byť potom za príslušných okolností vybraná niektorá z ekonomicky prijateľných („*cost-effective*“) metód. Ako je uvedené v časti 4.2.3.1 sú v niektorých prípadoch odkaliská klasifikované napríklad na základe závažnosti následkov možného poškodenia hrádze.

Hodnotenie rizika nezahŕňa len identifikáciu „zdrojov rizík“, ale tiež hodnotenie pravdepodobnosti vzniku havárie, ako aj vážnosť jej pravdepodobných následkov. Z toho je jasné, že hodnotenie rizika musí poskytovať základ pre vývoj akejkoľvek stratégie riadenia rizík a vypracovanie havarijných plánov a postupov (vrátane komunikácie, nepredvídaných skutočností, zmierňujúcich a núdzových opatrení).

Riziko musí byť hodnotené (a riadené) počas každej fázy životnosti úložiska. Avšak podrobnosť hodnotenia bude rôzna v rôznych štádiách v závislosti od cieľov hodnotenia, zložitosti problémov a rozsahu dostupných informácií.

Hodnotenie rizika zahŕňa obvykle nasledujúce hľadiská:

Rozsah a zámer hodnotenia

V tomto štádiu sú definované všetky zainteresované subjekty.

Tím pre hodnotenie rizika

Na určenie možných spôsobov havárie, jej pravdepodobnosti a následkov je vyžadovaný skúsený multidisciplinárny tím.

²⁵ Council Directive 96/82 EC of 9 December 1996 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances; na Slovensku sa táto smernica vykonáva zákonom č. 261/2002 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov – *pozn. prekl.*

Tím obvykle tvorí projektant úložiska, zástupca investora, prevádzkovateľa, environmentálny a riadiaci personál a v prípade detailného hodnotenia aj špecialista na hodnotenie rizika. Pre hodnotenie následkov sú do tímu zahrnutí environmentálni pracovníci a špecialisti, v niektorých prípadoch sú zastúpení zdravotníckimi odborníkmi a ekonómia. Účasť pracovníkov prevádzky má zásadný význam pri hodnotení rizík existujúceho úložiska, aby sa mohli do hodnotenia zahrnúť ich znalosti a skúsenosti s prevádzkou úložiska.

Hodnotiace kritériá

Na účely stanovenia úrovni akceptovateľného a neakceptovateľného rizika musia byť stanovené kritériá. Samozrejme, že sú preverované prípady s vysokou pravdepodobnosťou a vysokým stupňom možných škôd, ale aj prípady s nízkou pravdepodobnosťou a vysokým stupňom poškodenia môžu tiež vyžadovať preverovanie. Zvažujú sa tiež potenciálne dôsledky na ľudské zdravie a bezpečnosť práce, vplyv na životné prostredie a ekonomické vplyvy (napríklad časové prestoje, dobré meno prevádzkovateľa, poškodenie majetku).

Metodika

Hodnotenie rizika môže byť kvalitatívne (subjektívne hodnotenie pravdepodobnosti, následkov a celkového rizika) alebo kvantitatívne (číselné vyjadrenie pravdepodobnosti a finančné náklady na odstránenie následkov). Jednoduché kvalitatívne hodnotenie je primerané pre veľa úložisk, zatiaľ čo detailné kvantitatívne hodnotenie je vhodnejšie pre posúdenie závažnejších zmien už existujúceho úložiska. Bežne praktikované metodiky sú:

- procesné/systémové kontrolné zoznamy (*Check List Analysis - CLA*),
- návrh systému modelov,
- bezpečnostné posudky,
- relatívne hodnotenie ukazovateľov nebezpečenstva (*Relative Ranking – RR*),
- úvodná analýza nebezpečenstva (*Preliminary Hazard Analysis – PHA*),
- analýza „Čo sa stane ak...“ (*What if Analysis – WI*),
- štúdia nebezpečenstva a prevádzkyschopnosti (*Hazard and Operability Analysis - HAZOP*),
- analýza možnosti porúch a ich následkov (*Failure Mode and Effects Analysis - FMEA, Failure Modes, Effects and Criticality Analysis – FMECA*),
- pravdepodobnostné simulácie,
- analýza stromu porúch (*Fault Tree Analysis - FTA*),
- analýza stromu udalostí (*Event Tree Analysis - ETA*),
- analýza príčin a následkov a analýza zlyhania ľudského faktora.

Potenciálne príčiny a prípady porúch

- Preliatie hrádze, ktoré je spôsobené:
 - zosuvom do rezervoáru, ktorý vyvolá vlnu,
 - účinkom vln prevyšujúcich hrádzu,
 - poruchou na obvodovej drenáži alebo poškodením odklonenia povrchového vodného toku, voda vteká do rezervoára a prekročí sa kapacita odtoku alebo nádrže,
 - preplnenou nádržou,
 - zablokovaním odtoku (prepadu) cez korunu odkaliska,
 - zrážkami prevyšujúcimi zásobnú kapacitu nádrže,
 - neudržovaním vodnej bilancie.

- Nestabilita hrádze (na vnútornej aj vonkajšej strane) je spôsobená:
 - priesakmi, ktoré spôsobujú sufóziu hrádze a odnos materiálu z hrádze (t. j. porucha filtra),
 - priesakmi, ktoré zvyšujú pórový tlak a spôsobujú nestabilitu,
 - neseizmickou nestabilitou (tečenie) hrádze spôsobenou napätím alebo zvýšeným pórovým tlakom,
 - seizmickou aktivitou spôsobujúcou:
 - stekutenie (tečenie) materiálu hrádzí,
 - stekutenie sedimentovaných kalov vedúce k erózií,
 - stekutenie sedimentovaných kalov vedúce k horizontálnemu tlaku na hrádzu,
 - deformáciu hrádze,
 - poruchou priesakov, ktorá vedie k zvýšeniu pórového tlaku a vznik zosuvu,
 - konštrukčným pórovým tlakom, ktorý sa zvyšuje a spôsobuje pohyb svahu,
 - nasýtením nespevnenej výplne hrádze prvým naplnením, dažďom alebo topením snehu uzavretom vo výplni hrádze, hrádza sadá a prepĺňa sa,
 - devastáciou spôsobenou nekontrolovanou eróziou päty hrádze,
 - erodovaným povrchom hrádze vplyvom nezládnuteľných zrážok alebo topením snehu.
- Nestabilita základov:
 - krasové rútenia pod telesom úložiska,
 - kolaps hrádze vplyvom poklesov z poddolovania, umožňujúce únik kalov do bane alebo podzemných priestorov,
 - zosuv na nespevnenej zemine alebo na styku s tesnením,
 - stlačenie nespevnenej zeminy vedúce k trhlinám v hrádzi,
 - pórový tlak v konštrukcii sa zvyšuje a spôsobuje pohyb základu,
 - priesak cez netesnú fóliu alebo zle vybudovanú ílovú tesniacu vrstvu do podzemnej vody, obchádzajúc drenážny systém,
 - seizmické stekutenie základov, seizmická deformácia základov, neseizmické stekutenie základov.
- Konštrukčné poruchy:
 - sufózia v okolí priepustí alebo dekantačného potrubia, narušenie dekantačnej veže,
 - porucha čerpadiel v dôsledku výpadku prúdu,
 - narušenie potrubí alebo kanálov,
 - zosuv blokuje odtok,
 - ľad blokuje odtok.
- Výpadok elektrického prúdu.

Pravdepodobnosť poruchy

Odhad pravdepodobnosti poruchy pre každý pravdepodobný prípad poruchy je založený na predchádzajúcej skúsenosti na existujúcom zariadení, skúsenosti z podobných zariadení, technických analýzach a odbornom posúdení.

Následky havárií

Odhadujú sa následky havárií pre každý potenciálny poruchový prípad, vrátane stanovísk k dopadom na ľudské zdravie a bezpečnosť práce, subdodávateľov a verejnosť; vplyv na životné prostredie vrátane zohľadnenia zraniteľnosti územia a ekonomické dopady.

Správy

Výsledky hodnotenia rizika sú jasným spôsobom prezentované a zhrnuté aj pre pracovníkov prevádzky aj riadiacich pracovníkov. Je dôležité, aby tieto informácie boli dobre prezentované, aby boli zrozumiteľné pre všetkých príslušných pracovníkov.

Riadenie rizika

Hodnotením rizika je vytvorený zoznam identifikovaných a možných rizík. Po hodnotení rizika nasleduje plánovanie opatrení na zníženie rizika. V podstate môže byť riziko kontrolované dvomi spôsobmi:

- (1) opatrenia na zníženie pravdepodobnosti havárie, alebo
- (2) opatrenia na zníženie následkov potenciálnej havárie.

Vykonáva sa hodnotenie opatrení na zníženie možného rizika, pripravuje sa plán, vrátane časových termínov a zodpovednosti pracovníkov (havarijný plán). Dôležitou súčasťou pri minimalizácii následkov poruchy je zhotovenie plánu pripravenosti na mimoriadne udalosti.

Program prevencie a havarijný plán

Byť pripravený na mimoriadne udalosti a havárie a mať programy prevencie a havarijné plány na príslušnom mieste je bežnou praxou. Pripravenosť na havárie zahŕňa prípravu na haváriu na lokalite aj mimo lokality, vrátane pretrhnutia hrádze. Havarijný plán musí byť periodicky kontrolovaný, preskúšaný a distribuovaný v rámci organizácie a prípadne aj u potenciálne dotknutých externých subjektov.

Havarijný plán úložiska ja obvykle integrovaný v havarijnom pláne celej banskej prevádzky a obsahuje najmä nasledujúce:

- identifikácia zostavovateľa plánu, tímu a organizačnej štruktúry,
- identifikácia organizácie, úlohy a zodpovednosť riadiacich pracovníkov,
- identifikácia zákonných požiadaviek, pracovných postupov, povinnosti a hlásenia,
- identifikácia dostupných zdrojov,
- zmluvy o vzájomnej pomoci,
- plán styku s verejnosťou,
- telefónne zoznamy,
- vytvorenie komunikačného rámca pre oboznamovanie o havarijnej situácii,
- hodnotenie rizika na lokalite a mimo lokality,
- mapy a tabuľky pre možný únik látok a ich šírenie (vrátane poruchy zariadenia),
- podklady pre uvedenie do činnosti havarijného plánu a havarijného riadenia,
- záznamy o školení pracovníkov,
- prehľad, hodnotenie následkov a účinnosti opatrení porúch a havárií,
- obnovenie podmienok pre bezpečnú prevádzku.

Pre zariadenia, pri ktorých platí článok 9 smernice Seveso II., t.j. ktoré sú povinné pripravovať bezpečnostnú správu, je prevádzkovateľ takisto povinný vypracovať havarijný plán, ktorý obsahuje opatrenia vo vnútri zariadenia pri mimoriadnej udalosti.

Podľa citovanej smernice musia byť plány pre mimoriadne udalosti vytvorené s nasledujúcimi cieľmi:

- obsiahnuť a kontrolovať nehody za účelom minimalizácie ich dopadu a obmedzenia škody na pracovníkoch, životnom prostredí a majetku,
- implementovať opatrenia nevyhnutné na ochranu ľudí a životného prostredia pred následkami veľkých havárií,
- odovzdávať nevyhnutné informácie verejnosti a zasahujúcim zložkám v danom území,
- zabezpečiť rekonštrukciu prevádzky a sanáciu životného prostredia po veľkých haváriách.

Havarijné plány majú obsahovať informácie obsiahnuté v prílohe IV smernice Seveso II.

Publikácia Environmentálneho programu Organizácie spojených národov (*United Nations Environment Programme - UNEP*) s označením „*APELL for Mining*“²⁶ obsahuje ďalšie pokyny pre pripravenosť na mimoriadne udalosti.

K vytvoreniu havarijných plánov pre lokalitu a mimo nej a k poskytovaniu informácií verejnosti majú vzťah dve dôležité požiadavky smernice Seveso II. Havarijné plány sú prípravným opatrením, ktorého cieľom je obsiahnuť a obmedziť nehody tak, aby boli minimalizované ich dopady a obmedziť škody spôsobené zamestnancom v prevádzke a obyvateľstvu mimo prevádzky, ako aj obmedziť škody na majetku a životnom prostredí.

Informácia pre verejnosť je buď aktívnou informáciou o plánovanom vyžadovanom chovaní v prípade havárie alebo pasívnou informáciou, ktorú zainteresovaná verejnosť môže dostať od prevádzkovateľa a/alebo od úradov na základe požiadavky. Aj keď sú Seveso II a *APELL* rôzne nástroje a reprezentujú rôzne prístupy, vzájomne sa dopĺňajú. *APELL* môžeme považovať za nástroj pre implementáciu niektorých kľúčových požiadaviek smernice Seveso II. [135, WETTIG, 2003].

Plán nakladania

Plán nakladania s ťažobným odpadom²⁷ je spracovaný na predpokladanú dobu životnosti úložiska. Plány nakladania môžu umožniť etapovité zvyšovanie kapacity úložiska (odkaliska/odvalu), napr. navyšovanie hrádze odkaliska, pre zaistenie dostatočnej úložnej kapacity zariadenia a pri odkaliskách aj dostatočnej hladiny voľnej vody počas prevádzky ťažobne.

V pláne by malo byť zohľadnené budúce rozšírenie a/alebo navýšenie kapacity. Vytvorenie plánu nakladania vyžaduje informácie o množstve a vlastnostiach odpadu z úpravy, obsahu vody a informácie o produkcii odhadnuté podľa technológie úpravy, vodnú bilanciáciu a mal by vytvárať priestor aj pre neistoty a nepredvídané skutočnosti. Základné parametre sú periodicky a pravidelne overované a aktualizované.

Rovnako významné sú špecifikácie konštrukcie a detailné záznamy o budovaní a rozširovaní zariadenia, čo vyžaduje geodetické zameranie v pravidelných intervaloch.

²⁶ *APELL for Mining, Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level, Technical Report No. 41, UNEP 2001*

²⁷ § 5 zákona č. 514/2008 Z. z. o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu a o zmene a doplnení niektorých zákonov

Vodná bilancia a plán vodného hospodárstva

Nakladanie s vodami je posudzované vo vzťahu k banskej činnosti a tiež z hľadiska prevádzky vodných stavieb, takže oba prístupy je potrebné integrovať. Plán vodného hospodárstva stanovuje pre každú lokalitu špecifické limity, operačné plány a záložné plány a postupy (podľa vhodnosti) na všetko nasledovné:

- legislatívne požiadavky,
- riadenie rizík,
- monitorovanie hydrologických procesov,
- prevádzkový monitoring,
- monitoring mimoriadnych udalostí (havárií),
- zásobovanie vodou,
- erózia pôdy,
- kvalita vody,
- počítačové modely,
- indikátory prejavov,
- školenie a výskum [97, ENVIRONMENT AUSTRALIA, 2002].

Hydrologické pomery

Hydrologické údaje, vrátane zobrazenia zberného územia (povodia) odkaliska a všetkých potenciálnych zdrojov vody, prírodných, ako aj zdrojov vo vzťahu k výrobným procesom sa používajú pri zostavení bilancie voda / kontaminant a návrhu konštrukcie odkaliska. Po vybudovaní odkaliska sa stanovia a zdokumentujú konštrukčné parametre, potom sú na identifikáciu premenlivosti monitorované aktuálne poznatky. Konštrukcia je monitorovaná, aby sa potvrdili predpoklady projektu a v prípade odchýlok sa nájde a odstráni problém.

Projektovanie náhlych záplav (povodní)

S ohľadom na súčasné projektovacie normy a po prejednaní so správnymi orgánmi je určené primerané pravdepodobné maximálne množstvo povodňovej vody (*probable maximum flood - PMF*). Protipovodňové opatrenia sa musia konzistentne aplikovať vo všetkých etapách životnosti úložiska. Požiadavky na zachytenie a odvedenie povodňovej vlny musia vychádzať z hydrológie povodia.

Vodná bilancia

Vykonáva sa štúdia vodnej bilancie. Musia byť pripravené špecifikácie požiadaviek na zber priebežných údajov pre nastavenie vodnej bilancie pre úpravňu a odkalisko.

Plán nakladania s povrchovými / podzemnými vodami

Ak je vyžadovaný komplexný plán nakladania s vodou s podrobnými plánmi a stratégiami, potom má obsahovať:

- zachytávanie priesakov,
- prečerpávacie systémy a systémy získavania vody,
- čistiace / vypúšťacie systémy, vrátane všetkých systémov vedúcich vodu,
- stratégiu zachytávania a vypúšťania vody vrátane prevádzkových parametrov.

Bilancia emisií a ich vypúšťanie

Bilancia emisií poskytuje odhady emisií do pôdy, ovzdušia a podzemnej vody. Vytvára sa plán na minimalizáciu emisií.

Kritériá pre vypúšťanie

Vyžaduje sa vytvorenie kritérií pre vypúšťanie vody z úložiska s ohľadom na zákonné limity a prevádzkové povolenia. Kritériá pre vypúšťanie musia obsahovať :

- rozpustené a suspendované látky,
- suspendované častice,
- kvalitu odtoku,
- obdobie vypúšťania,
- bakteriálne a biologické hodnoty,
- toxicitu [18, MINING ASSOCIATION OF CANADA, 1998].

Ukončenie činnosti a plán uzavretia

Plány uzavretia úložiska sú pripravené už počas počiatočných etáp návrhu zariadenia²⁸ a potom sú počas životnosti zariadenia periodicky verifikované a aktualizované s ohľadom na trvalé ukončenie činnosti a uzavretie úložiska. Uzavretie je obvykle nariadené rozhodnutím. Nasledujúci zoznam uvádza všeobecné hľadiská, ktoré sa používajú pri zostavovaní plánov uzavretia. V niektorých prípadoch musí byť po uzavretí zabezpečená dlhodobá následná starostlivosť. Táto starostlivosť vyžaduje podobné plány a kontrolu ako pri uzavretí.

Časti plánu uzavretia:

- vymedzenie všeobecných údajov, vrátane histórie lokality, infraštruktúry, ukazovateľov procesu ťažby a úpravy, systémových prevádzkových činností, mineralogického zloženia a topografie,
- hydroológia / vodné hospodárstvo,
- hydrogeologické pomery,
- vlastností pôd,
- revegetácia (ozelenenie),
- hodnotenie vplyvov,
- dlhodobá údržba,
- geotechnické pomery (stabilita),
- chemické a geochemické charakteristiky,
- monitorovací program,
- riadenie odtoku alebo požiadavky na čistenie, pokiaľ sú relevantné,
- odovzdávanie informácií,
- finančné zabezpečenie,
- riešenie stretov záujmov,
- potenciálne konečné využitie územia a technológia uzavretia (t. j. suchý alebo mokry pokrýv, zaplavenie, mokrad', trvalé čistenie vody, vegetačný pokrýv).

²⁸ plán uzavretia úložiska vrátane rekultivácie je súčasťou plánu nakladania s ťažboým odpadom (§ 5 zákona č. 514/2008 Z. z.) – pozn. prekl.

Otázky stability úložiska relevantné k plánu uzavretia

Plán uzavretia vyžaduje dôkladné prehodnotenie úložiska z hľadiska jeho dlhodobej stability po uzavretí. Všetky aspekty úložiska a jeho fyzikálna a chemická stabilita musia byť opakovane preverované. Hlavné sa to týka údajov o aktuálnom správaní sa úložiska počas prevádzky, zahŕňajúce:

- deformácie,
- priesaky,
- základy a bočné hrádze.

Tieto zistenia sa porovnávajú s pôvodným projektom, ako aj s projektovanými podmienkami po uzavretí. Projektované zaťaženie môže byť odlišné po ukončení činnosti a po uzavretí.

Kontroly konštrukčnej celistvosti a inšpekcie musia pokračovať na všetkých úložiskách až kým nie je ich prevádzka ukončená a následne podľa potreby. Je potrebné identifikovať a určiť požiadavky pre pokračujúce kontroly a/alebo monitoring uzavretých úložísk.

Pre riešenie nedostatkov v kvalite uzavretia a/alebo problémov pri plnení požiadaviek plánu uzavretia a rekultivácie sú pripravované akčné plány. Žiaduce je tiež overovanie následkov uzavretia úložiska na havarijné plány a aktualizácia týchto plánov podľa potreby.

Musí byť zaistená kontinuálna dostupnosť projektových, stavebných a prevádzkových záznamov pre zariadenia, ktoré zostávajú na mieste po uzavretí.

4.2.1.4 Projekt úložiska a prídavných zariadení

Nasledujúci zoznam sa možno nevzťahuje na všetky lokality alebo všetky situácie, a preto záleží na prevádzkovateľovi a povoľujúcom orgáne, aby sa rozhodli, ktoré aspekty aplikujú. Podmienky špecifické pre lokalitu môžu vyžadovať využitie rozdielnych alebo dodatočných kritérií.

Musia byť zahrnuté kritériá pre etapu prevádzky ako aj etapu po uzavretí. Rozdielne kritériá môžu mať za následok rozdielne parametre konštrukčných prvkov pri výstavbe, prevádzke a po uzavretí.

Informácie vzťahujúce sa na lokalitu úložiska sú získavané z literatúry a z programov terénneho a laboratórneho výskumu.

Hydrologické a hydrogeologické pomery

- hydrologické a hydrogeologické štúdie,
- vodná bilancia, kvalita vody,
- množstvo povodňovej vody uvažované pre projekt,
- požiadavky na prevýšenie hrádze,
- riešenie pre obdobie sucha (t. j. požiadavky na vodný pokryv),
- odtok z povodia a zariadenia na odklon vodných tokov,
- plán nakladania,
- plán protieróznej ochrany.

Zakladanie, geológia a geotechnika

- geomorfológia,
- regionálna a lokálna geológia, zlomy,
- stratigrafia,
- charakteristika podložných hornín a základovej pôdy,
- geotechnické informácie zahŕňujúce:
 - stlačiteľnosť,
 - pevnosť v šmyku,
 - uhol vnútorného trenia,
 - zrnitosť,
 - objemovú hmotnosť,
 - plasticitu,
 - trhliny,
 - potenciál stekutenia,
 - priepustnosť,
 - potenciál erózie,
 - hydraulické štiepenie.

Stavebné materiály

Posudzuje sa dostupnosť prírodných stavebných materiálov, ako aj technické charakteristiky týchto potenciálnych stavebných materiálov, odpadov z úpravy, injektážnej zmesi / betónu alebo iných potenciálnych tesniacich materiálov (prírodných aj syntetických) a iných s ohľadom na:

- zrnitostné zloženie,
- objemovú hmotnosť,
- objem,
- pevnosť v šmyku,
- priepustnosť,
- acidifikačný potenciál,
- chemickú reaktivitu (acidifikačný potenciál, reakcia s vodou odkaliska, potenciál tvorby tiosolí),
- potenciál na pôsobenie veternej a vodnej erózie.

Sú určované tiež potenciálne škodlivé vplyvy kalu z úpravy a/alebo prevádzkovej vody na stavebné materiály.

V tejto etape sú zvažované environmentálne dopady, požiadavky na konštrukčnú stabilitu a rekultiváciu vo vzťahu k použitiu ktorýchkoľvek stavebných materiálov.

Topografia

Zahŕňuje regionálne a lokálne topografické mapy a letecké snímky.

Špeciálne environmentálne hľadiská

Musí byť zhodnotené seizmické riziko, seizmická atenuácia základovej vrstvy a konštrukcie, potenciál stekutia základových vrstiev a stavebných materiálov, klimatické podmienky, vrátane predpokladaných extrémov, účinkov vetra a vln, efektu permafrostu a mrazu.

Priesaky

Sú určené maximálne povolené hodnoty priesakov z hľadiska environmentálnych a konštrukčných požiadaviek. Sú určené požiadavky pre priepustné aj nepriepustné materiály a konštrukčné metódy a je vytvorený plán nakladania s priesakovými vodami.

Možnosti uzavretia

Výber alebo pravdepodobný výber metódy pre uzavretie úložiska môže mať vplyv na zvolenú konštrukciu (tvar) úložiska, preto sa musí zvažovať už vo fáze projektovania.

Požadované parametre projektu

- klasifikácia zariadenia (ak existujú, podľa miestnych právnych predpisov),
- stabilita,
- kritériá pre zemetrasenie,
- bezpečnostné faktory,
- priepustnosť použitá pri projektovaní,
- kyslé výluhy (ARD),
- život v prírode,
- prašnosť,
- stanoviská k uzavretiu.

Tieto parametre sú spracované v nasledujúcich odstavcoch.

Stabilita

Musí byť analyzovaná stabilita základov, zariadenia a technické vybavenie v podmienkach, ktoré zahŕňujú výstavbu, prevádzku a uzavretie a za statických a dynamických podmienok, kde sa berie do úvahy vplyv vln (abrázia), pôsobenie mrazu a ľadu a rýchle vysychanie (pre nádrž). Sú stanovené hodnoty pre zhutnenie a spevnenie, ktoré je potrebné dosiahnuť.

Príprava základov

Pred výstavbou sú určené požiadavky na prípravu základov úložiska, čo zahŕňa:

- odstránenie vegetácie, vrátane predajného dreva,
- odčistenie humusovej vrstvy,
- výkopy,
- kontrolu podzemnej vody a jej odizolovanie,
- čistenie skalného podložia a injektáž cementovou maltou,
- vysokotlakovú injektáž,
- drenážne vrty,
- drenážne kanály,
- požiadavky na odvodnenie,
- stabilitu,
- realizovateľnosť stavby,
- ďalšie špeciálne stavebné požiadavky.

Analýza priesakov a ich kontrola

Sú stanovené požiadavky na kontrolu priesakov, vrátane priesakov do podzemnej vody, venuje sa pozornosť kvalite vody a acidifikačnému potenciálu. Taktiež sa plánuje vykonanie vhodných opatrení, ako sú:

- konštrukcia filtrov,
- základová ryha,
- injekčná clona,
- hĺbenie priekop,
- jadro hrádze s nízkou priepustnosťou,
- zachytenie prameňov.

Technické vybavenie

Podľa potreby sú navrhované nasledujúce prvky:

- prepady,
- veže,
- potrubia (napríklad zavzdušňovacie ventily, sekundárna izolácia),
- prvky protipovodňovej ochrany,
- hrdlá a ventily,
- sifóny,
- čerpadlá,
- splnenie požiadaviek na zvládnutie prírodných nebezpečí (napríklad sutenie, bobry, králiky, ľadové záatarasy).

Konštrukcia úložiska

- druh zariadenia (napríklad odval, odkalisko – typ hrádze a spôsob navyšovania),
- koncepcia konštrukcie,
- kritériá pre hlavné časti konštrukcie.

Konštrukčný plán pre úložisko

Sú vypracované plány na vykonanie základnej stavby úložiska a nasledujúcich zvyšovaní, vrátane postupu a požiadaviek na monitoring stability. Je určený spôsob výstavby, časový rozvrh a predpokladané náklady. Sú určené potenciálne environmentálne dopady spôsobené realizáciou navrhnutej konštrukcie.

Monitorovacie systémy úložiska

- piezometre (monitorovacie vrty s hladinou podzemnej vody),
- inklinometre,
- detektory sadania,
- monitoring priesakového prúdenia,
- teplota (permafrost, premrzanie, zahrievanie),
- geodetické metódy.

Analýza možnosti porúch

Vykonáva sa analýza možnosti porúch, a to: počas výstavby, počas prevádzky, v konečnom stave a po uzavretí.

4.2.1.5 Kontrola a monitoring

Musí byť vypracovaný úplný plán kontroly a monitoringu a mal by pokrývať celý životný cyklus úložiska vzhľadom na kontrolu emisií, vplyvov a ich monitoringu.

Plán zabezpečenia a kontroly kvality (Quality Assurance / Quality Control – QA/QC)

Je dobrou praxou udržiavať a mať k dispozícii počas etáp výstavby, prevádzky a uzavretia nasledujúce dokumenty:

- konštrukčné výkresy a záznamy o skutočnej stavbe, vrátane revízií,
- výsledky skúšok,
- záznamy z porád,
- fotografie stavby,
- poznámky o monitoringu.

Kontrola stavby

Typické zložky systému riadenia stavby sú:

- plánovanie a časový rozvrh,
- zameriavanie (náčrty, záznamy o skutočnej stavbe),
- monitoring cementovania (injektáže),
- monitoring prípravy zakladania,
- kontrola kvality materiálov,
- kontrola zhutnenia,
- monitoring prístrojovým vybavením a syntéza údajov,
- vedenie záznamov,
- bezpečnosť stavby,
- environmentálne kritériá stavby.

Kontrola prašnosti

Prašnosť spôsobenú odkaliskom je potrebné minimalizovať. To môže zahŕňať udržiavanie kalov vo vlhkom stave a/alebo používať krátkodobý alebo dlhodobý chemický alebo biologický pokryv.

Inšpekcie odkalísk

- prevádzkový monitoring - vizuálna kontrola,
- tlak podzemnej vody (tlak pórovej vody),
- priesaky,
- deformácie (sadanie a stabilita),
- vplyv počasia,
- seizmické vplyvy (po udalosti),
- špeciálne inšpekčné programy po významných udalostiach (zemetrasenie, hurikány, zmeny prameňov, záplavy).

- Indikátory nestability:
 - „mäkké zóny“ a „vývery“ pozdĺž päty hrádze,
 - znečistené sedimenty v priesakoch,
 - zvýšená intenzita priesakov,
 - nové oblasti priesakov,
 - pozdĺžne a priečne trhliny,
 - sadanie.
- Oblasti vyžadujúce zvláštnu pozornosť:
 - prepady,
 - dekantačné zariadenia,
 - vrty na odvodnenie a uvoľnenie tlaku,
 - betónové konštrukčné prvky,
 - potrubia a vedenia cez hrádze,
 - skalnaté násypy, zásypy,
 - sifóny,
 - splavy (hate),
 - stromy a zvieracie nory.

Plány monitorovania stability

- umiestenie kontrolných staníc,
- časový rozvrh (kontrolné obdobia a inšpekcie),
- typ monitoringu (vizuálne pozorovanie, merania a parametre),
- vhodná úroveň prístrojov (napríklad piezometrov) s jasne definovaným účelom,
- metódy inšpekcie, kompilácia a vyhodnocovanie údajov,
- osoby zodpovedné za monitoring,
- systémy na ukladanie údajov a oznamovacie systémy (vydávanie správ),
- kritériá na hodnotenie monitorovacieho programu.

Plán kvality vôd

- Hydrológia:
 - veľké búrky a suchá,
 - potrebné informácie a parametre pre vodohospodárske aktivity,
 - kritériá pre udržiavanie vodných hladín v bezpečných medziach, zahrňujúce akékoľvek požadované denné alebo sezónne regulovanie vodnej hladiny.
- Riadené hospodárenie s vodou zabezpečí že:
 - bezpečné hospodárenie s vodou je vykonávané v hraniciach systému,
 - škodám na všetkých zariadeniach sa predchádza, sú kontrolované, opravované,
 - prehliadky a revízie musia byť vykonávané podľa požiadaviek po zmenách v konštrukcii alebo metódach, počas alebo po ukončení výstavby, keď hladina rezervoáru prekročí špecifikované kritické úrovne a po veľkých búrkach alebo jamom topení snehu.

- Priesaky po obvode:
 - vyhodnotenie potenciálu pre priesaky z oblasti odkaliska,
 - definovanie úrovni a charakteristík prijateľných priesakov,
 - príprava akčného plánu pre riešenie odchýlok od priesakov uvažovaných pri projektovaní,
 - meranie prejavov zahrňujúce kontrolu, či sú priesaky v medziach intenzity podľa plánu,
 - monitoring a kontrola na zaistenie činnosti systémov podľa plánu.

Plán ukladania kalov

Plán zaisťuje efektívne využitie kapacity odkaliska a efektívne uzavretie odkaliska. Do plánu je zahrnutý aj dlhodobý a krátkodobý časový rozvrh zvyšovania hrádzí odkaliska. Časový plán pre ukladanie kalov a krivka plnenia (graf závislosti objemu a zvýšení) musia byť v predstihu porovnávané so skutočnými podmienkami v teréne.

4.2.2 Etapa výstavby

Pri niektorých úložiskách nie je rozlíšenie medzi etapou výstavby a prevádzky celkom jasné, pretože výstavba často pokračuje alebo je vykonávaná aj počas prevádzky (napríklad navyšovanie hrázde). Výstavba úložiska by mala byť dobre zdokumentovaná a mala by prebiehať podľa schválenej projektovej dokumentácie. Dokumentácia skutočného vyhotovenia stavby zdôrazňuje každú zmenu v porovnaní s plánom výstavby.

Počas výstavby úložiska a pre budúcnosť:

- je spracovaná dokumentácia skutočného vyhotovenia a záznamy o skutočnom postupe stavby, ktoré zdôrazňujú odchýlky od pôvodného projektu a pokiaľ je potrebné, zmeny konštrukčných kritérií,
- na stavbu dozerá nezávislý kvalifikovaný stavebný dozor,
- sú vhodne uložené záznamy výsledkov skúšobných prác (napríklad zhutňovacích skúšok) vykonávaných pred a počas výstavby [45, EUROMINES, 2002].

4.2.3 Prevádzková etapa

Ako dve hlavné príčiny porúch na odkaliskách boli zistené:

- nedostatočná (žiadna) regulácia vodnej bilancie,
- všeobecné nepochopenie javov, ktoré ovplyvňujú bezpečnú prevádzku [9, ICOLD, 2001, p.6].

Vyššie uvedené príčiny poukazujú na to, že úspešné riadenie prevádzky je kľúčovým faktorom pri prevádzke bezpečného úložiska.

Geotechnické inžinierstvo je dostatočne pokročilé na to, aby bolo schopné navrhovať dobré a bezpečné hrázde. Dnes je to teda spôsob prevádzkovania úložiska, ktorý vytvára rozdiel medzi hladkou bezproblémovou prevádzkou a možnou haváriou.

Na prevenciu nehôd sú často vykonávané nasledujúce opatrenia:

- monitoring hladiny podzemných vôd pomocou správne umiestnených piezometrov a kontrolných plytkých vrtov,
- pripravenosť na odklonenie vody a vypúšťanie kalov mimo odkaliska v prípade problémov,
- zaistenie alternatívneho vypúšťania, pokiaľ možno do iného odkaliska,
- zaistenie zariadení (nádrží, odtokové kanály) pre prípad havarijného pretečenia a/alebo pohotovostných plávajúcich čerpadiel pre tiesňové prípady,
- meranie pohybov zeminy pomocou hlbokých inklinometrov a znalosť podmienok pôrového tlaku,
- zaistenie dostatočného odvodnenia,
- uchovávanie záznamov o projektovaní a výstavbe a záznamov o každej aktualizácii/zmenách v projekte/výstavbe,
- školenie a výcvik personálu [9, ICOLD].

a ďalej:

- zaistenie kontinuity technickej údržby nádrže,
- v niektorých prípadoch nezávislé audity nádrže s potvrdením nezávislého auditora.

Prevádzka odkaliska musí prebiehať podľa plánu nakladania s ťažobným odpadom, prevádzkových smerníc a monitorovacieho plánu úložiska. Akékoľvek odchýlky od týchto plánov musia byť zdokumentované a vyhodnotené. Pokiaľ je to potrebné, sú pravidelne vyhodnocované a dopĺňované monitorovacie údaje. V niektorých prípadoch sú robené interné a externé revízie (audity). Na zaistenie spoľahlivej prevádzky sú vykonávané opatrenia:

- produkcii ťažobného odpadu je venovaná rovnaká riadiaca pozornosť ako produkcii predajného úžitkového nerastu,
- je udržiavaná efektívna kontrola prevádzky a monitoring,
- sú zavedené postupy pre záznam údajov o množstve a charakteristike produkovaných ťažobných odpadov,
- sú jasne definované ekonomické a ďalšie zodpovednosti príslušne kvalifikovaného personálu pri nakladaní s ťažobnými odpadmi,
- úložiská sú pravidelne kontrolované kvalifikovaným odborným technikom, ktorý má skúsenosti v nakladaní s ťažobnými odpadmi a ten musí potvrdiť, že všetky významné riziká boli identifikované a sú adekvátne riešené počas pokračujúcej prevádzky úložiska,
- prevádzkové predpisy sú pripravené v jazyku prevádzkových pracovníkov a sú dodržiavané; tieto predpisy zahŕňajú tiež všetky požiadavky na monitoring,
- záznamy o prevádzke, ako sú stúpanie hladín, uložená tonáž, množstvo priesakov, spotreba vody (prípadne údaje o počasí) atď. sú ukladané a uchovávané náležitým spôsobom,
- prevádzkové podmienky, ktoré prekračujú hranice stanovené pri projektovaní, sú okamžite oznamované projektantovi alebo preverené kvalifikovaným technikom,
- vykonáva sa primeraný výcvik personálu, vrátane diagnostiky začínajúcich porúch,
- zvláštna pozornosť je venovaná dodržiavaniu plánu vodného hospodárstva,
- sú zriadené a udržiavané efektívne mechanizmy pre hlásenie porúch,
- sú aktualizované a ďalej dopĺňané havarijné plány [45, EUROMINES, 2002].

4.2.3.1 Prevádzkové manuály

Niektorí prevádzkovatelia používajú na prevádzku vodných stavieb („dam“) prevádzkové manuály.²⁹ Tieto manuály sú známe ako *OSM* manuály (*Operation, Supervision and Maintenance* – manuál prevádzky, dozoru a údržby) [50, AU GROUP, 2002]. Takýto manuál obsahuje napríklad :

- organizáciu bezpečnosti vodnej stavby (odkaliska),
- havarijný plán (*Emergency Preparedness Plan - EPP*),
- klasifikáciu vodnej stavby podľa rizikovosti,
- konštrukciu vodnej stavby,
- hydrologické pomery,
- životné prostredie,
- prevádzkové údaje,
- monitorovanie,
- povolenia,
- správy [50, AU GROUP, 2002].

Organizácia bezpečnosti vodnej stavby (odkaliska)

Organizácia bezpečnosti vodnej stavby (odkaliska) je riadená jedným hlavným riadiacim pracovníkom (manažérom) danej stavby.³⁰ Na podporu tohto pracovníka môže byť na vodnej stavbe ešte jeden odborník – špecialista na odkaliská, zamestnaný na plný úväzok na vodnej stavbe. Na prevádzku, dozor a údržbu môže manažér využívať obsluhu, ktorá je zamestnaná vlastníkom vodnej stavby, väčšinou ide o ten istý personál, ktorý je zodpovedný za environmentálne vzorkovanie a vykonáva dohľad vodnej stavby (odkaliska).

Plán pripravenosti na havárie – havarijný plán (EPP)

Pre každé úložisko je vypracovaný havarijný plán, špeciálne vo vzťahu k úložisku. Havarijný plán obsahuje zoznam osôb v rámci prevádzky a úrady, ktoré je potrebné kontaktovať v prípade havárie. V zozname sú tiež uvedené odborne spôsobilé osoby a dodávatelia, ktorí sú oboznámení s lokalitou, v prípade, že je nutná rýchla pomoc. Havarijný plán taktiež zahŕňa príklady čo robiť a aké opatrenia je potrebné prijať v rôznych možných situáciách (havarijné scenáre). Vo všeobecnosti sú riadiaci pracovníci a odborníci – špecialista na vodné stavby vždy zapojení a konzultujú sa s nimi všetky významné rozhodnutia a prijaté opatrenia týkajúce sa vodnej stavby. Riadiaci pracovník je osoba, ktorá zodpovedá za konečné rozhodnutie, ktoré je potrebné robiť v danej situácii.

Hodnotenie rizika

V niektorých prípadoch je úložisko klasifikované podľa závažnosti následkov (t. j. rizika) novej havárie (a nie podľa pravdepodobnosti havárie). Vo Švédsku prevádzkovatelia vodných stavieb odkalisk prevzali systém *RIDAS* používaný na klasifikáciu vodných priehrad. Podľa možných následkov sa rozlišujú štyri rôzne triedy; 1A, 1B, 2 a 3 podľa tabuľky uvedenej nižšie. Tabuľka je rozdelená do dvoch tried s klasifikáciou rizika pre človeka oddelenou od rizika pre majetok, infraštruktúru a životné prostredie.

²⁹ slovenským ekvivalentom prevádzkového manuálu môže byť manipulačný poriadok vodnej stavby podľa vyhlášky Ministerstva životného prostredia SR č. 457/2005 Z. z. – pozn. prekl.

³⁰ hlavný zamestnanec dohľadu vlastníka vodnej stavby – podľa vyhlášky Ministerstva životného prostredia SR č. 458/2005 Z. z. ktorou sa ustanovujú podrobnosti o výkone odborného technicko-bezpečnostného dohľadu nad vodnými stavbami a o výkone technicko-bezpečnostného dozoru – pozn. prekl.

Tabuľka 56. Klasifikácia vodných stavieb s ohľadom na stratu životov alebo vážne poškodenie zdravia ľudí

Trieda	Následok
1A	Zrejmé riziko pre ľudský život
1B	Nezanedbateľné riziko pre ľudský život alebo vážne poškodenie zdravia ľudí

Tabuľka 57. Klasifikácia vodných stavieb s ohľadom na poškodenie infraštruktúry, životného prostredia a majetku

Trieda	Následok
1A	Zrejmé riziko: <ul style="list-style-type: none"> ▪ závažného poškodenia významnej infraštruktúry, významných stavieb alebo významného poškodenia životného prostredia, a ▪ vážnych ekonomických škôd (> 10 mil. Eur).
1B	Významné riziko: <ul style="list-style-type: none"> ▪ závažného poškodenia významnej infraštruktúry, významných stavieb alebo významného poškodenia životného prostredia, ▪ závažných ekonomických škôd (> 10 mil. Eur).
2	Nezanedbateľné riziko: <ul style="list-style-type: none"> ▪ značného poškodenia významnej infraštruktúry, významných stavieb alebo poškodenie životného prostredia alebo majetku tretích osôb (< 0.5 mil. eur).
3	Zanedbateľné riziko: <ul style="list-style-type: none"> ▪ značného poškodenia významnej infraštruktúry, významných stavieb alebo poškodenia životného prostredia alebo majetku tretích osôb.

Podľa: Svensk Energi AB, 2002. RIDAS, Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet (Revides 2002). Svensk Energi – Swedenenergy – AB

Táto klasifikácia vytvára základ pre prevádzku a dozor. Stanovuje limity pre prevýšenie hrádze a kapacitu prepadu, t. j. bezpečnostnú rezervu od maximálnej hladiny vody po korunu hrádze, resp. maximálnu kapacitu pre vypúšťanie.

Švédsky systém *RIDAS* je porovnateľný s nórskou klasifikáciou, ako to vyplýva z nasledujúcej tabuľky:

Tabuľka 58. Klasifikácia vodných stavieb podľa nórskej legislatívy [116, NILSSON, 2001]

Trieda	Následok	Dotknuté obytné jednotky
1	nízke riziko	0
2	významné riziko	0 - 20
3	vysoké riziko	viac ako 20

Ako základ hodnotenia sa používa relevantné mapovanie a obhliadky lokality. Obidve triedy 3 a 2 ovplyvňujú obytné jednotky a zahrňujú riziko pre ľudskú populáciu. Klasifikácia ďalej berie do úvahy napríklad:

- potenciálne poškodenie hlavných komunikácií a železnice,
- ekonomické a environmentálne škody.

Konečné zaradenie do triedy je teda založené na určitom množstve posudkov. Klasifikáciu a akékoľvek preklasifikovanie robia zodpovední pracovníci a musí byť predložená kompetentným úradom na schválenie [116, NILSSON, 2001].

Aj španielska legislatíva podporuje spôsob založený na hodnotení rizika, ako to vyplýva z nasledujúcej tabuľky:

Tabuľka 59. Klasifikácia vodných stavieb podľa španielskej legislatívy [116, NILSSON, 2001]

Klasifikácia vodnej stavby	Riziko pre			
	populácia	základné funkcie	materiálne škody	environmentálne škody
A	významné pre viac ako 5 obydľí	vážne	veľmi vážne	veľmi vážne
B	významné pre 1 – 5 obydľí	–	vážne	vážne
C	náhodné straty života (žiadne obydľie)	–	stredné	–

Vo fínskej legislatíve sa uplatňuje obdobný spôsob klasifikácie. V závislosti na riziku nebezpečenstva sú hrádze klasifikované ako P, N, O, T, kde P reprezentuje jeden z najväčších potenciálnych vplyvov na ľudský život a zdravie, životné prostredie a majetok [117, FORESTRY, 1997].

Konštrukcia úložiska

Každé úložisko musí byť detailne popísané. Od základnej hrádze až po jej súčasné navýšenie sa robí úplný popis typu stavby a použitého materiálu, meno dodávateľa (staviteľa), akýchkoľvek problémov, ktoré sa vyskytli počas výstavby, typu prepadového zariadenia, objemu ukladaného ťažobného odpadu a vody, atď. Len v takomto prípade sú v každom okamihu dostupné všetky potrebné informácie o úložisku významné z hľadiska bezpečnosti.

Hydrologické pomery

Poziadavkou je, že každé vodné dielo musí mať čo najmenejšie prevýšenie hrádze, čo najväčšiu toleranciu pre výšku vlny a čo najmenší prepad. To znamená, že všetky vodné stavby klasifikované podľa systému *RIDAS* ako 1A a 1B sú konštruované tak, že kapacita odtoku musí zvládnuť storočnú vodu, bez zadržania vody. Takéto vodné stavby sú tiež dimenzované pre „povodeň 1. triedy“ (ktorý by mal zhruba odpovedať vode z 10 000 ročnej búrky), umožňujúc zadržanie vody po bezpečnú úroveň hladiny. Hrádze klasifikované ako 2 podľa systému *RIDAS*, sú konštruované na 100-ročnú vodu, zatiaľ čo pre hrádze triedy 3 nie sú žiadne špecifické požiadavky.

Životné prostredie

Pre každé úložisko a baňu je vypracovaný environmentálny monitorovací program, ktorý zahŕňa vzorkovanie, vyhodnocovanie a podávanie správ príslušným úradom.

Prevádzka

Správne riadenie úložiska je podstatné pre zaistenie spoľahlivej prevádzky a vysokej úrovne bezpečnosti. Sú spracované detailné aktuálne pokyny ako je potrebné spravovať úložisko, aby boli splnené požiadavky projektu, reagovalo sa na vlastnosti odpadu a boli splnené požiadavky na technologickú (prevádzkovú) vodu, vyplývajúce z klimatických podmienok. Každý pracovník v závode a na odkalisku musí byť zoznamovaný s týmito pokynmi. Vzdelávanie je preto zdôrazňované ako základná požiadavka.

Monitoring

Dohľad (kontrola) a správne prevádzkovanie odkaliska sú pravdepodobne najdôležitejšie požiadavky, aby bola dosiahnutá vysoká úroveň bezpečnosti vodnej stavby. Dohľad vyžaduje vhodné prístrojové vybavenie, ktoré zase vyžaduje kompetentný personál na vyhodnotenie výsledkov a odvodenie správnych záverov.

Pravidelný monitoring sa v zásade vykonáva na štyroch rôznych úrovniach, s primeraným rozsahom, začínajúc dennými obhliadkami a končiac detailnými bezpečnostnými auditmi vykonávanými v dlhších intervaloch:

- 1) priebežné prehliadky lokality,
- 2) dohľad,
- 3) ročné / dvojročné inšpekcie,
- 4) audity.

Prehliadky lokality sa vykonávajú v rôznych intervaloch pre každé odkalisko, ich počet sa pohybuje od trikrát za deň po niekoľkokrát za týždeň. Denné prehliadky vykonáva bežne personál zariadenia alebo tí, ktorí vykonávajú environmentálne vzorkovanie.

Dohľad (kontrolu) robí riadiaci pracovník raz mesačne alebo aspoň raz za tri mesiace.

Ročnú kontrolu vykonáva odborne spôsobilá osoba - špecialista alebo externý odborník. Kontrolór skúma všetky udalosti a opatrenia na lokalite od poslednej kontroly a spíše správu. Ročná kontrola zahŕňa aj úplnú kontrolu prevádzkového manuálu (manipulačného poriadku).

Úplný audit sa obvykle vykonáva v niekoľkoročných intervaloch. Kontrola zahŕňa úplné preskúmanie archívneho materiálu a výsledkov inšpekcií a tiež aj obhliadku miesta a kontrolu prevádzkového manuálu (manipulačného poriadku).

Výsledkom je správa, ktorá definuje stav úložiska. Audity sú detailnejšie preberané v nasledujúcej časti (časť 4.2.3.2).

Povolenia

Je bežnou praxou zhromaždiť všetky povolenia vydané pre úložisko, aby bolo možné kontrolovať či prevádzka neporušuje podmienky vydaného povolenia.

Správy

Zvyčajne sa všetky správy dôležité pre bezpečnosť úložiska sústreďujú na jednom mieste, aby boli ľahko dostupné v prípade potreby. Odporúčania zo všetkých vykonaných monitoringov musia byť riešené prednostne formou akčných plánov.

Dodatočné informácie týkajúce sa bezpečnosti úložiska

Po vypracovaní prevádzkových manuálov (manipulačných poriadkov) sa musí venovať veľké úsilie zapracovaniu manuálov do prevádzkovej praxe a výškoleniu obsluhy. V jednom príklade bola ako prvý krok vykonaná prezentácia všetkých manuálov na lokalite, potom nasledoval štvorhodinový úvodný kurz pre celý personál a ďalších pracovníkov všetkých prevádzok, ktoré mali návaznosť na prevádzku úložiska.

Ďalším krokom bol troj- až štvordenný program, ktorý zahŕňal teoretickú časť, praktický výcvik, prehľad súčasného stavu (ľudské a materiálne zdroje), s dostatočným časom na potrebnú diskusiu.

Zavádzanie prevádzkových manuálov a školenie personálu je priebežný proces vo vzťahu k vykonávaniu ročných kontrol. Výsledok kontroly je predložený všetkým príslušným pracovníkom a s tým môže byť spojené ďalšie školenie [50, AU GROUP, 2002].

Výhody spojené s použitím tohto typu dokumentačného systému sú:

- dokumentácia, ktorá obsahuje významné fakty o úložisku je zhromaždená takým spôsobom, že sa dá ľahko našťudovať,
- informácie sú kedykoľvek ľahko prístupné; to umožňuje ľahké odovzdanie v prípade zmeny riadiaceho pracovníka alebo vlastníka,
- je zaistený ľahký prístup ku všetkým významným informáciám pri akejkoľvek nehode.

Nevýhody sú:

- v krajinách s malým ťažobným priemyslom môže byť ťažké nájsť vhodného externého konzultanta, ktorý môže vykonať audit,
- pre malé prevádzky môže byť cena takéhoto auditu veľkou záťažou,
- pre aktualizáciu dokumentácie je potrebný sústavný administratívny proces a tím aj pracovná sila [118, ZINGRUVAN, 2003].

Prevádzkové manuály sa používajú vo všetkých prípadoch, kde nie sú zanedbateľné riziká závažných škôd na infraštruktúre, významných stavbách, poškodenia životného prostredia alebo majetku tretích osôb a kde je prítomná voda s voľnou hladinou v odkalisku. V niektorých prípadoch je určitá veľkosť odkaliska alebo výška odvalu používaná ako kritérium na rozlíšenie zanedbateľného a nezanedbateľného rizika.

Napríklad v nemeckej legislatíve sú tieto limity stanovené na 100 000 m³ celkového objemu a výšku hrádze 5 m.

Nie je možné uviesť spoľahlivé hodnoty nákladov na ľudskú prácu, ktorá je potrebná na vytvorenie a aktualizáciu manuálov. Môže však byť uvedené, že náklady sú porovnateľné s nákladmi v iných systémoch riadenia. Dva faktory, ktoré ovplyvňujú náklady sú: množstvo informácií, ktoré už boli zhromaždené v etape projektovania pre lokalitu a veľkosť prevádzky.

4.2.3.2 Audity

Nezávislý audit úložiska kvalifikovaným (odborne spôsobilým) a skúseným odborníkom, ktorý nebol a nie je spojený s projektom alebo prevádzkou zariadenia, pravidelne vyhodnocuje efektívnosť a bezpečnosť úložiska.

Motivácia na podporu takýchto auditov je:

1. Ak sa objavujú poruchy, aj keď bola na výstavbu a prevádzku úložiska použitá bezpečná technika. V takomto prípade môže byť väčšina porúch a nehôd spôsobená chybami v etape projektovania, alebo počas prevádzky úložiska [9, ICOLD, 2001]. Ľudské chyby a nedostatky pri výstavbe sú teda faktory, ktoré nemôžu byť vylúčené z analýzy, čím sa stáva iný odborný názor užitočným nástrojom.
2. Nezávislý audit často nielenže odhalí ľudské chyby, ale aj umožní nezainteresovaný pohľad na úložisko z iného (objektívnejšieho) zorného uhla, ktoré už mohli stratiť ľudia denne pracujúci na úložisku.

3. Pretože aj externí odborníci pracujúci na projekte, výstavbe a iných projektoch na úložisku sú vždy v určitom rozsahu závislí na ťažobnej spoločnosti, a preto pracujú skoro ako zamestnanci ťažobnej spoločnosti, môže sa po určitom čase konzultant stať akoby „jedným z nich“, čo môže nevedomky ovplyvniť jeho rozhodnutia dokonca aj vtedy, ak je jeho zámerom byť objektívny. Preto sú audity obvykle vykonávané externým odborníkom, ktorý nebol predtým angažovaný na tejto lokalite.
4. Takéto audity sú významné a musia sa preto robiť pravidelne. Intervaly medzi auditmi môžu byť rôzne v závislosti najmä na stupni rizikivosti úložiska. Ďalšie faktory, ktoré ovplyvňujú tento interval sú rýchlosť zvyšovania hrádze, stavebné metódy a metódy nakladania s odpadom, organizácia bezpečnosti vodnej stavby, prax v rámci spoločnosti a názory domáceho konzultanta. Osoba/tím vykonávajúci audit sa spolu s ťažobnou spoločnosťou dohodnú na vhodnom intervale pre ďalší nezávislý audit.

Audit zahŕňa všetky hľadiská, ktoré môžu ovplyvniť celkovú bezpečnosť úložiska, napríklad:

- aktuálne riešenie, návrh podľa povolení a aplikovateľných noriem, dokumentácia stavby tak, ako bola vybudovaná a zmeny návrhu,
- predchádzajúce stavebné etapy a etapy nakladania s odpadom v súlade s návrhom,
- predchádzajúce problémy a nehody (havárie),
- budúci / plánovaný návrh v súlade s aplikovateľnými normami,
- prebiehajúca výstavba a ukladanie v súlade s aplikovateľnými normami,
- monitoring:
 - priesakov, vzorkovania povrchových a podzemných vôd (frekvencia, miesta vzorkovania a analyzované parametre),
 - pórového tlaku,
 - kalibrácie zariadení,
 - vyhodnotenia a záznamov nameraných hodnôt,
 - akčného plánu v prípade, že hodnoty sú mimo rozsah očakávaných výsledkov.
- organizácia bezpečnosti úložiska, t. j. kontrola, či je stanovená jedna zodpovedná osoba, úlohy a zodpovednosti jednotlivcov, výcvikový program a systém hlásenia porúch,
- vhodnosť prevádzkového manuálu (manipulačného poriadku) alebo podobných dokumentov vrátane dokumentov o metodike pre nakladanie s ťažobným odpadom a zvyšovanie hrádze, o vodnom hospodárstve vrátane vody v odkalisku, o kontrole priesakov a prašnosti, prístupových cestách, stálom dozore, dokumentácii a revíziách manuálu,
- celková vodná bilancia úložiska,
- dohľad vykonávaný v súlade s aplikovateľnými normami,
- hodnotenie rizika, nehody, nekontrolovateľné priesaky,
- klasifikácia rizika, vrátane strát na životoch, environmentálnych a ekonomických (alebo firemných) aspektov,
- havarijné plány, postup evakuácie, zoznam všetkých detailov pre zasahujúce zložky,
- plán uzavretia, vrátane hodnotenia rizika, dlhodobej stability, bezpečnej izolácie toxického materiálu, využitia územia a scenérie.

Kvalifikácie na vykonanie auditu môžu byť rôzne, v závislosti na klasifikácii rizika úložiska, ale závisia tiež na odborníkoch dostupných v regióne. Ak audit zahŕňa niekoľko technických oblastí, obvykle musí byť zostavený tím odborníkov. Pre vodnú stavbu je geotechnika zvlášť dôležitá. Ďalšie odbory, v závislosti na podmienkach určitej lokality, môžu byť hydroológia a hydrogeológia. Osoba alebo osoby vykonávajúce audit musia byť špecialisti s preukázanou odbornou spôsobilosťou v príslušných odboroch. Môže byť užitočné spolupracovať so zahraničnými odborníkmi, ktorí prinesú nové poznatky a názory [119, BENKERT, 2003].

4.2.4 Etapa uzavretia a následnej starostlivosti

Zvyčajne sa robí uzavretie úložiska súčasne s uzavretím bane. Preto musí byť pripravený a realizovaný integrovaný plán uzavretia a etapa následnej starostlivosti. Tento dokument sa však zameriava na úložiská, teda uzavretie banských prevádzok je mimo rozsah dokumentu. Tam, kde je to potrebné alebo užitočné, sú spomenuté súvislosti s celkovými plánmi uzavretia. Je štandardnou praxou, že postupná rekultivácia, ktorá sa vykonávala počas prevádzky bane, bude prehodnotená pred definitívnym uzavretím lokality. V predchádzajúcich etapách sú zahrnuté tieto problémy, ale sú znovu prehodnotené v porovnaní so skutočnou situáciou na lokalite. Podľa toho sú upravené plány uzavretia:

- v hodnotení alternatív sú zahrnuté náklady na uzavretie,
- plány uzavretia akceptujú koncepciu hodnotenia rizík,
- plány uzavretia sú počas aktívneho života úložiska zachovávané a sú priebežne doplňované vzhľadom na všetky zmeny v projekte a počas prevádzky,
- úložiská sú navrhované tak, aby bolo možné ich predčasné uzavretie, ak je to potrebné,
- návrh následnej starostlivosti by mal minimalizovať potrebu aktívneho spravovania,
- plán uzavretia vypracovaný v etape plánovania by mal byť počas navrhovania a prevádzkovej etapy bane s určitou frekvenciou kontrolovaný a doplňovaný [45, EUROMINES, 2002].

Dôležitou časťou pri vypracovaní plánu uzavretia je príprava využitia územia po ukončení banskej činnosti. Úspešné následné využitie odkaliska je uľahčené vyváženým zhodnotením ekologických, environmentálnych, rekreačných a ekonomických aspektov. Všetky dotknuté strany (napríklad prevádzkovateľ, úrady, mimovládne organizácie, dotknuté obce) sa musia na tejto diskusii zúčastniť.

Je potrebné poznamenať, že prevádzkové manuály, spomínané v predchádzajúcej časti, sa používajú aj počas etapy uzavretia a následnej starostlivosti.

4.2.4.1 Dlhodobé ciele uzavretia

Pri konštrukcii dlhodobu stabilného úložiska sa uvažuje s nasledujúcimi tromi triedami mechanizmov zlyhania odkalísk alebo odvalov:

- poruchy svahu v základoch alebo v samotnom zariadení,
- extrémne udalosti ako sú povodne, zemetrasenia a silné vetry,
- pomalé rozrušovanie, ako je vodná a veterná erózia, mráz a ľad, zvetrávanie výplňového materiálu a porušovanie vegetáciou a zvieratami [6, ICOLD, 1996].

Odkaz [100, ERIKSSON, 2002] použitý v tejto časti je založený hlavne na smerniciach MIRO (1998) „*Technical Framework for mine closure planning*“ (Technický rámec pre plánovanie uzavretia bane) a správe MiMi (1998) „*Prevention and control of pollution from tailings and waste-rock products*“ (Prevencia a kontrola znečistenia z odkalísk a odvalov). Obidva tieto dokumenty sú odporúčané pre zainteresovaných ľudí, lebo podávajú veľmi dobrý prehľad o problematike a poskytujú veľa dobrých nápadov. Nasledujúca tabuľka sumarizuje základné kritériá pre procesy uzavretia, od počiatočného plánovania po aktuálnu realizáciu.

Tabuľka 60. Súhrn kritérií pre uzavretie [100, ERIKSSON, 2002]

Problém	Ciele uzavretia
Fyzická stabilita	Všetky zostávajúce antropogénne objekty sú fyzicky stabilné.
Chemická stabilita	Zostávajúce fyzické objekty sú po uzavretí chemicky stabilné.
Biologická stabilita	Biologické prostredie je obnovou prírodného, vyváženého ekosystému typického pre danú oblasť, alebo je zanechané v takom stave, aby sa podporila prirodzená obnova a/alebo reintrodukcia biologicky rôznorodého, stabilného prostredia.
Hydrologické a hydrogeologické prostredie	Cieľom uzavretia je zabrániť prenikaniu fyzikálnych a chemických polutantov do prostredia pod úložiskom a jeho následnej degradácii – vrátane povrchových a podzemných vôd.
Geografické a klimatické vplyvy	Uzavretie je primerané požiadavkám a špecifikám lokality z hľadiska klimatických faktorov (napríklad zrážky, búrkové udalosti, sezónne extrémny) a geografických faktorov (napríklad blízkosť ľudských obydlií, geomorfológia, dopravná dostupnosť bane).
Miestna citlivosť územia a možnosti	Uzavretie optimalizuje možnosti regenerácie územia a pokiaľ je to vhodné a/alebo ekonomicky uskutočniteľné je uvažované s možnosťou zvýšenia úrovne využitia územia.
Využitie územia	Obnova je taká, že definitívne využitie územia je prispôbené a je kompatibilné s okolitým územím a požiadavkami miestnej komunity.
Fondy pre uzavretie	Na zaistenie implementácie plánu uzavretia musia byť k dispozícii dostatočné a dostupné finančné prostriedky.
Socio-ekonomické hľadiská	Musia byť zvážené príležitosti pre miestne spoločenstvo, ktorého živobytie môže závisieť na zamestnaní a ekonomických prínosoch z banskej činnosti. Musia byť urobené dostatočné opatrenia, aby sa zaistilo, že socioekonomické problémy uzavretia budú riešené v maximálnom rozsahu.

Fyzická stabilita

Všetky antropogénne stavby a telesá musia byť po uzavretí bane stabilné. Nemôžu znamenať riziká pre zdravie obyvateľstva a bezpečnosť ako výsledok havárie alebo fyzickej devastácie a musia pokračovať v plnení funkcie, pre ktorú boli určené. Tieto objekty nesmú byť erodované alebo sa hýbať z miesta, s výnimkou takých pohybov, ktoré nie sú nebezpečné pre ľudské zdravie a bezpečnosť a ani nemajú škodlivé účinky na okolité prostredie. To znamená, že do celkovej úvahy v etape plánovania a pri úvahách o navrhovaných bezpečnostných faktoroch sa musia začleniť všetky možné extrémne udalosti ako sú záplavy, vetry alebo zemetrasenia, ako aj ďalšie prírodné, stále pôsobiace sily ako je erózia.

Monitorovanie antropogénnych stavieb a telies je zamerané na preukázanie, že nenastáva žiadne fyzické chátranie alebo deformácia [100, ERIKSSON, 2002].

V niekoľkých oblastiach sa objavujú odchýlky od bežnej praxe a tie sú ďalej postupne preberané:

Extrémne udalosti

Hrádze odkalísk sú navrhované tak, aby zostali stabilné pri pôsobení určitých zvolených amplitúd záplav a zemetrasení, ako sú pravdepodobná maximálna povodeň (PMF – *Probable Maximum Flood*) alebo maximálne dokázané zemetrasenie (MCE – *Maximum Credible Earthquake*). Odpovedajúce konštrukčné hodnoty sú stanovené v rámci meteorologickej a seizmickej znalosti regiónu a sú tak závislé na stave znalostí v dobe, kedy boli odvodené. Stav znalostí sa však plynule mení, pretože postupne dochádza k ďalším veľkým záplavám a zemetraseniam. Preto pôvodný návrh odhaduje tiež zmeny v priebehu času a ich veľkosť sa môže zvyšovať. Časom môže byť najväčšia udalosť, ktorá sa udiala prekonaná, nikdy však nemôže byť znížená. Väčšina výdajov na bezpečnosť priehrad pre väčšinu vlastníkov konvenčných hydroelektrických priehrad je venovaná na zlepšovanie prepádov a základov, aby vyhovovali týmto novým a vyšším hodnotám. Pre niektoré odkaliská (napríklad mnohé zavodené odkaliská) v podmienkach následnej starostlivosti bude potrebné tento druh zlepšovania vykonávať trvale. Bez toho by nebolo možné odolať odhadnutým extrémnym udalostiam, ktoré budúce znalosti poskytnú [13, VICK].

Postupom času však prebiehajú niektoré kľúčové zmeny geotechnických parametrov, ktoré môžu zlepšiť stabilitu. Najmä zvýšený tlak pórovej vody ako vo vnútri zhutnených kalov, tak aj v hrubozrnných stabilizačných násypoch, sa takmer vo všetkých scenároch časom znižuje. To zvyčajne vedie ku konsolidácii uložených materiálov, zvýšenej šmykovej pevnosti a zníženej priepustnosti (najmä vo vertikálnom smere). To nastáva najmä v prípade, keď sú odkaliská prekryté a zaťažené. V prípade, že je správne urobené odvodnenie, faktor bezpečnosti proti nestabilite takmer vždy s časom rastie a pravdepodobne sa bude ďalej zlepšovať po ozelenení a raste vhodnej vegetácie.

Je potrebné brať do úvahy vplyvy poklesov z poddolovania podložia úložiska a jeho okolia a potenciál obnovy hladiny podzemnej vody v okolí nádrže alebo odvalu po zastavení banskej činnosti a jej možný vplyv na nestabilitu.

Kumulatívne škody

Súvisiacim faktorom sú kumulatívne škody z opakovaných výskytov extrémnych udalostí alebo postupujúcich procesov ako je sufózia, ktorá postupom času degraduje stabilitu hrádze. Čo sa týka zemetrasení je z bezpečnostného hľadiska u konvenčných priehrad používaná prax vykonať opravy bezprostredne po poškodzujúcej udalosti. Pri odkaliskách môže byť fyzicky nemožné vykonať opravy. Pri konvenčných priehradách bude možno potrebné vypustenie nádrže, aby bolo opravené veľké poškodenie a je to tiež dôležité bezpečnostné opatrenie. Avšak v rezervoári, ktorý obsahuje usadený kal nemôže byť znížená hladina. Navyše, hrádze odkalísk budú ďalej vystavené opakovaným výskytom extrémnych udalostí, ktorých počet závisí na čase a intenzite výskytu. Čo sa týka veľkých zemetrasení v niektorých bankských oblastiach, tie môžu za normálnych okolností nastať rádo vo stovky rokov. Príklad kumulatívnych vplyvov seizmických otrasov poskytuje nádrž La Villita v Mexiku, kde došlo postupne k sadaniu koruny hrádze počas štyroch rôznych epizód veľkých seizmických otrasov len za obdobie 30 rokov. Kumulatívne poškodenie je tiež výsledkom jednoduchej devastácie starutím. Žiadna betónová stavba – prepád, dekantačné zariadenie alebo výmurovka tunela – nevydrží večne bez trvalej údržby a opráv [13, VICK].

Zmena podnebia

Vplyvy dlhodobých zmien podnebia sú predmetom intenzívneho zájmu a veľkej neistoty. Aby bola hrádza odkaliska trvale stabilná, je potrebné, aby boli vplyvy týchto zmien na záplavy a kapacitu prepadového zariadenia presne predpovedané, čo nie sú schopní urobiť ani odborníci na klimatológiu. Klimatické zmeny môžu ovplyvňovať fyzikálnu ako aj chemickú stabilitu ešte aj inak. Predpokladá sa, že mrazy znižujú intenzitu acidifikačných reakcií v niektorých baniach v arktickej a subarktickej oblasti, kde aj stabilita určitých hrádzí odkalísk je závislá na prítomnosti zamrzutej pôdy (permafrostu). Je tiež zrejmé, že stále zaplavenie vyžaduje dostatočné množstvo vody aj počas obdobia sucha, nehľadiac na akékoľvek zmeny podnebia v budúcnosti [13, VICK].

Preto je významné hodnotiť potenciálne vplyvy klimatických zmien ako súčasť procesu posudzovania vplyvov na životné prostredie (*Environmental Impact Assessment – EIA* - pozri časť 4.2.1.3), ak to môže byť významné pre dlhodobé fungovanie vybranej varianty riešenia.

Geologické hazardy

Hoci sú odkaliská navrhované tak, aby odolali geologickým nebezpečeniam, ktorých existencia je známa v dobe výstavby, v neurčitej budúcnosti môžu byť nakoniec vystavené celému radu geomorfologických procesov, ktoré prebiehajú na lokalitách (napríklad zosuvy pôdy, kamenné lavíny, vulkanická činnosť, krasové zrútenia). Tak ako výskyt extrémnych udalostí, aj škodlivé následky týchto procesov sú len otázkou času a početnosti výskytov, čo je faktor, ktorý je zvlášť obtiažne predpovedateľný pre väčšinu geologických javov veľkého rozsahu. Dokonca aj skôr benigné procesy aluviálnej sedimentácie môžu časom zaplniť vodné stavby, pokiaľ nie sú priebežne odstraňované sedimenty a súť [13, VICK].

Chemická stabilita

Oblasti odkalísk a odvalov a všetky antropogénne stavby v ich zábere musia byť chemicky stabilné vo všetkých etapách ich života. To napríklad znamená, že následky akejkoľvek chemickej zmeny alebo podmienok, ktoré by viedli k vylúhovaniu kovov, solí alebo organických zlúčenín nesmú ohroziť ľudské zdravie a bezpečnosť a nesmú poškodiť environmentálne zdroje. V praxi to znamená, že musia byť overované aspekty ako sú krátkodobé aj dlhodobé vplyvy geochemických zmien kalu v odkalisku, priesakov z úložisk, odvalov hľušiny a podzemnej základky, alebo sa musí prekontrolovať odvedenie povrchových vôd z lokality. Ak sa už dopredu predpokladá vypúšťanie kontaminovaných vôd, musia byť urobené vhodné opatrenia (napríklad sedimentácia alebo pasívna úprava mokradami), na zmiernenie alebo elimináciu takýchto odtokov, ktoré by mohli mať škodlivé vplyvy na životné prostredie. Cieľom monitoringu je potvrdiť, že sa nevyskytujú žiadne nepriaznivé vplyvy (napríklad zvýšená koncentrácia, ktorá prekračuje zákonné limity) pre vody, pôdy a ovzdušie v okolí uzavretého zariadenia [100, ERIKSSON, 2002].

Pre **ťažobný odpad s obsahom sulfidov** je najvýznamnejším cieľom uzavretia zachovať chemickú stabilitu ťažobných odpadov zabránením uvoľňovania oxidačných produktov do okolitého prostredia, ktoré sa môže vykonať tak, že sa zabráni priebehu oxidačných reakcií (t. j. vytvorí sa trvalo redukčné prostredie napríklad zavodnením – *pozn. prekl.*) alebo sa zabráni transportu produktov oxidácie za hranice úložiska alebo obidvoma spôsobmi. Prírodné procesy môžu výrazne ovplyvniť spôsob ako sa tento cieľ dosiahne. Napríklad, opatrenia na obmedzenie infiltrácie do uloženého materiálu môžu mať prednosť pred opatreniami ako je použitie tesnenia s nízkou priepustnosťou na dne, ktoré je sprevádzané hydraulickými gradientmi podporujúcimi transport polutantov (tzv. „vaňový efekt“) [13, VICK].

Biologická stabilita

Biologická stabilita uzavretej lokality je úzko spojená s konečným využitím jej územia, zatiaľ čo stabilita okolitého prostredia bude závislá predovšetkým na fyzikálnych a chemických charakteristikách lokality. Všetky tri stability sú vzájomne prepojené, pretože biologická stabilita môže významne ovplyvniť fyzikálnu alebo chemickú stabilitu. Napríklad korene rastlín obmedzujú eróziu väzbou a spevnením povrchu pôdy a rozvoj zdravého vegetačného krytu v mokradovej čističke zvýši hĺbku povrchovej vrstvy organických látok a tým vytvorí anaeróbne podmienky potrebné pre čistenie vody.

Obnova väčšiny lokalít zahrňuje ozelenenie veľkých plôch rekultivovaného územia, ktoré môžu mať často nízku kvalitu pre trvalý rast rastlín. Je preto dôležité, aby metódy meliorácie a kultivácie pôdy alebo pôdotvorné materiály spoločne s vybranými druhmi rastlín viedli k vytvoreniu trvalo udržateľného rastlinného krytu. Ten by mal byť vhodný pre zvolené využitie územia a môže hrať významnú úlohu pri udržiavaní fyzikálnej a chemickej stability na lokalite, napríklad stabilizáciou pôdneho pokryvu a zabránením erózie. Robí sa monitoring zameraný na preukázanie, že rast rastlín nebol úspešný len prvej fáze, ale že sa počas niekoľkých vegetačných období vyvinul do samostatného, trvalo udržateľného rastlinného spoločenstva [100, ERIKSSON, 2002].

Bežná bezpečnostná prax pokladá rozrušovacia činnosť hrabavých živočíchov a prenikanie koreňov za problém, ktorý sa musí riešiť trvalou údržbou. Menej očakávané môžu byť iné problémy.

Napríklad, ako národný symbol zeme, je bobor v Kanade všadeprítomný a jeho zvyky sú veľmi dobre známe, ako staviteľom tak aj biológom. Jeho sklony vyvíjať svoje aktivity v závislosti na zvuku prúdiacej vody boli uznané ako vážny dlhodobý problém pri uzavretí odkalísk, pretože bobry budujú hrádze, ktoré môžu spôsobiť zablokovanie zariadení na odvádzanie vody a toto bolo skutočne v minulosti zdokumentované ako príčina poruchy hrádze odkaliska. Je potrebné poznamenať, že európsky bobor, ktorý vo Švédsku vyhynul v sedemdesiatych rokoch devätnásteho storočia, bol v dvadsiatych rokoch dvadsiateho storočia reintrodukovaný a teraz sa úspešne rozširuje.

Tieto faktory detailnejšie ukazujú rozsah problémov, od ktorých závisí dlhodobá bezpečnosť, potreba trvalej údržby, úprav a opráv a naopak, aké obtiažne je zaistenie dlhodobej stability [13, VICK].

Následné využitie územia

Všeobecne je následné využívanie uzavretého úložiska určené nasledujúcimi faktormi:

- využitie územia v okolí lokality pred banskou činnosťou alebo v súčasnosti,
- akékoľvek očakávané budúce zmeny vo využití okolitého územia,
- odôvodnené očakávané využitie banskej lokality po ukončení prevádzky,
- životaschopnosť znovuvyužitia infraštruktúry a zariadení na lokalite,
- rozsah všetkých environmentálnych dopadov,
- potreba obrany proti fyzikálnym, chemickým a biologickým nebezpečeniam (ako antropogénneho, tak prírodného pôvodu).

Pri určení následného využitia územia sa musia zväziť špecifické problémy vzťahujúce sa k zvolenému dlhodobému manažmentu.

Z toho vyplýva veľa rôznych možností s ktorými sa uvažuje pri väčšine lokalít. Medzi tieto možnosti patrí:

- prírodné, nové osídlenie lokality miestnou vegetáciou,
- vysadenie hospodárskych lesných porastov,
- rozvoj poľnohospodárstva,
- podpora alternatívnych priemyselných činností,
- využitie zariadení infraštruktúry ako súčasti ekonomického rozvoja oblasti.

Nech je konečná voľba akákoľvek, plochy sú zvyčajne rekultivované tak, že konečné využitie územia a morfológia lokality je zlučiteľná s okolitým územím alebo s prostredím pred bankou činnosťou. To nevyklučuje zachovanie územia ako priemyselnej alebo hospodárskej lokality, ak je to vhodné.

4.2.4.2 Špecifické problémy uzavretia

Odvaly (haldy)

Tvar odvalov a s tým súvisiaca stabilita odvalov je závislá od typu materiálu v odvale, technológii ukladania a od topografie územia.

Potenciálne problémy a nebezpečia spojené s odvalmi sú:

- nestabilné svahy,
- tvorba toxických výluhov, ktoré vedú ku kontaminácii územia pod odvalom,
- tvorba kyslých výluhov (ARD),
- znečistenie povrchových a/alebo podzemných vôd,
- požiare/samovoľné vznietenie,
- škody na domácich zvieratách, prírodnej faune a úrazy obyvateľstva,
- prašnosť a veterná erózia,
- vizuálne dopady.

Je bežnou praxou pred zahájením prevádzky vykonať detailný geologický prieskum. Ak existuje riziko seizmickej aktivity alebo riziko iných prírodných alebo antropogénnych destabilizačných udalostí, všetky prijaté opatrenia a vybudované zariadenia musia byť navrhnuté a vybudované tomu prislúchajúcim spôsobom. [100, ERIKSSON, 2002].

Nádrže / priehrady (odkalká)

Úpravárenské kaly vo forme suspenzií sú zvyčajne vypúšťané do ohradeného priestoru, napríklad nádrže, kde sú izolované od okolitého prostredia, a tak je zabránené potenciálnym dopadom na okolité prostredie. Tieto záchytné nádrže (odkalká) sú zvyčajne budované s využitím terénnych tvarov a pomocou hrádzí, ktoré umožňujú nakladanie s kalmi.

Určenie typu záchytného zariadenia a lokalizácia na špecifickom mieste závisí od topografie, prírodných rizík, miestneho podnebia a vodnej bilancie, množstva ťažobných odpadov, rozsahu konsolidácie sedimentovaných kalov, toxicity kalov, environmentálnych problémov spojených s nakladaním s kalmi a technologickou vodou, dostupnou humusovou hlinou a ekonomických otázok.

Medzi potenciálne problémy a riziká spojené s odkaliskami patria:

- nestabilné svahy vedúce k deštrukcii alebo poruchám hrádzí,
- priesaky alebo prenikanie výluhu spôsobujúce kontamináciu územia pod odkaliskom,
- vytváranie kyslých výluhov (ARD),
- znečistenie povrchových a/alebo podzemných vôd,
- škody na domácich zvieratách a prírodnej faune, úrazy obyvateľstva,
- prašnosť a veterná erózia.

Je bežnou praxou pred začiatkom prevádzky vykonať detailný geologický prieskum. Ak existuje riziko seizmickej aktivity alebo riziko iných prírodných alebo antropogénnych destabilizačných udalostí, všetky prijaté opatrenia a vybudované zariadenia musia byť navrhnuté a vybudované tomu prislúchajúcim spôsobom. Teda musí byť vypracovaná vyčerpávajúca správa o hydrologických, geochemických pomeroch a geotechnických aspektoch na lokalite [100, ERIKSSON, 2002].

Trvalé zavodnenie

Pri projektovaní odkaliska musia hrádze odkaliska poskytovať prijateľnú úroveň bezpečnosti počas obdobia prevádzky aj po uzavretí. V mnohých prípadoch je žiadúce udržať na sedimentovanom kale trvalú vodnú hladinu alebo mokraď, aby sa zabránilo mobilizácii polutantov a/alebo z estetických dôvodov.

Nasledujúci text popisuje ako majú byť projektované dlhodobostabilné zemné hrádze tak, aby bolo možné udržať **trvalú vodnú hladinu** („*permanent water cover*“).

Odkalisko by mohlo počas prevádzky aj po uzavretí potenciálne ohroziť životné prostredie. Aby sa predišlo negatívnym vplyvom na životné prostredie, musí byť odkalisko fyzikálne a chemicky stabilné. V tomto zmysle musia byť splnené dve podmienky:

1. hrádza musí poskytovať prijateľnú úroveň bezpečnosti počas obdobia prevádzky aj po uzavretí,
2. materiál, ktorý by mohol mať negatívny dopad na životné prostredie musí byť ukladaný environmentálne prijateľným spôsobom.

Po ukončení prevádzky musia byť prijaté opatrenia na bezpečné a estetické začlenenie odkaliska do okolitej krajiny.

Ak kal obsahuje sulfidy, ktoré v kontakte so vzduchom a vodou môžu pomaly oxidovať a produkovať kyslý výluh s rozpustenými kovmi, musí sa zabrániť oxidácii sulfidov, napríklad ukladaním kalov pod vodu. V tomto prípade musí byť odkalisko navrhnuté a vybudované tak, aby hrádza bola dlhodobostabilná a odkalisko mohlo byť trvale zavodnené.

Pre udržovanie stálej vodnej pokrývky musia byť splnené nasledujúce požiadavky:

- doplňovanie vody do odkaliska musí byť dostatočné, aby bola vždy zaistená trvalá vodná hladina a stabilný chemizmus vody
- hrádza musí byť dostatočne stabilná, aby poskytovala prípustnú úroveň bezpečnosti počas prevádzky ako aj neskôr.

Vzhľadom na stabilitu, dlhodobé požiadavky vyžadujú správne dimenzovanie hrádze predanú konštrukciu. „Dlhodobý“ bežne znamená „do budúcej ľadovej doby“ alebo „niekoľko tisíc rokov“.

Na základe súčasných znalostí, aby sa splnili požiadavky na „dlhodobo stabilnú hrádzu“, musí byť venovaná pozornosť nasledujúcim problémom a mechanizmom porúch:

- stabilita svahov,
- pretečenie koruny hrádze,
- nestabilita v základoch hrádze a vo vnútri hrádze,
- extrémne udalosti ako sú záplavy, zemetrasenia a silné vetry,
- pomalé procesy degradácie spôsobené priesakmi, zrážkami, mrazom, ľadom, vegetáciou, atď. [126, ERIKSSON, 2003].

Dlhodobo stabilné svahy hrádzí navrhnuté na trvalé zadržiavanie vody

Skúsenosti a štúdie prírodných útvarov podobným hrádzam odkalísk ukazujú, že svahy, ktoré sú plochejšie ako 1 : 3 (V : H, vertikála : horizontála – *pozn. prekl.*) preukázali až doteraz stabilitu proti vodnej a veternej erózii, mrazu a zvetrávaniu za ostatných desať tisíc rokov (t. j. od poslednej ľadovej doby). Sklon svahu menší ako 1 : 3 podporuje aj rast vegetácie, čo takisto znižuje dopad pomalých degradačných procesov [127, BENKERT, 2002].

Medzi jadrom hrádze s nízkou priepustnosťou a stabilizačným násypom sú umiestnené vertikálne filtre. Päta hrádze na výtokovej strane je vybavená filtrom (účel filtračného materiálu bol vysvetlený v časti 2.4.2.2) a môže byť tiež opevnená lomovým kameňom. Pod päťou hrádze musí byť vybudovaná záchytná priekopa na zachytenie priesakov, aby bolo možné monitorovať prietok a kvalitu priesakov (prípadne na zachytenie priesakov ak nespĺňujú limity na vypúšťanie do povrchových vôd počas obdobia prevádzky) [126, ERIKSSON, 2003].

Pretečenie

Riziko pretečenia závisí od miestnych klimatických podmienok a veľkosti zbernej oblasti (vonkajšieho povodia odkaliska – *pozn. prekl.*). Počas prevádzky by mala vypúšťacia kapacita zvládnuť predvídateľné extrémne povodňové udalosti (napríklad najväčšiu pravdepodobnú povodeň - *Probable Maximum Flood – PMF*, pozri časť 2.4.2.6). Vypúšťacia kapacita je obvykle 2,5-krát väčšia ako najväčší prietok nameraný na ktoromkoľvek meracom bode. Ak bolo pre uzavretie odkaliska zvolené riešenie s trvalou vodnou hladinou, vypúšťacie zariadenie (výpusť) musí byť dlhodobo stabilné, prednostne vybudované ako prepad v prirodzenej podložnej hornine a nie cez hrádzu.

Dlhodobý stabilný výpusť mal zvládnuť akúkoľvek extrémnu povodňovú udalosť s dostatočnou bezpečnosťou rezervou a súčasne odolať riziku spôsobenému upchatím ľadom, padajúcimi stromami, vetvami atď., bez ohrozenia požadovanej vypúšťacej kapacity. Tieto požiadavky znamenajú, že pre dlhodobé etapy riadenia odkaliska musia byť vybudované veľmi široké odtokové zariadenia.

Ako dôsledok zaistenia dostatočného prevýšenia hrádze, bude za normálnych klimatických podmienok pravdepodobne veľká vzdialenosť medzi okrajom vody (odsedimentovaná voda) a korunou hrádze (tzv. pláž). Táto plocha usadených kalov bude po uzavretí odkaliska prikrýť nepriepustnou vrstvou materiálu, aby sa zabránilo infiltrácii, prevzdušňovaniu a zvetrávaniu. Výhody veľkej šírky pláže sú zlepšenie stability svahu a potenciálne zníženie vnútornej erózie ako dôsledok plochej voľnej hladiny (piezometrickej hladiny) podzemnej vody a spádových línií.

Nestability

Bezpečnostný faktor 1,5 sa často považuje za vyhovujúci na poskytnutie dostatočne nízkej dlhodobej pravdepodobnosti nestability v podloží, základoch a vo vnútri hrádze. Okrem toho, pri použití trvalého zavodnenia musí byť hydraulický gradient menší ako 50 % uhla trenia pre materiál, z ktorého je hrádza vybudovaná.

Extrémne udalosti

Projekt hrádze musí byť preverený na dynamickú stabilitu pre konštrukčnú hodnotu zrýchlenia spôsobeného zemetrasením špecifickým pre lokalitu. Bezpečnostný faktor 1,5 je považovaný za dostatočný pre dynamickú stabilitu. Silné vetry vytvárajú vlny, ktoré môžu poškodiť vnútorný svah hrádze a korunu hrádze. Pre výpočet výšky a dimenzovanie vln musia byť použité údaje o vetre špecifické pre lokalitu. Dimenzovanie výšky vln určí potrebnú ochranu proti erózií na vnútornom svahu hrádze a pravdepodobne navýši prevýšenie hrádze. Ochrana proti erózií je potrebná pre dlhodobú etapu, aj počas prevádzky [126, ERIKSSON, 2003].

Procesy pomalej degradácie

Počas dlhšieho obdobia môžu byť hrádze poškodené pomalými degradačnými procesmi ako sú priesak, erózia, teplota, mraz, ľad, vegetácia.

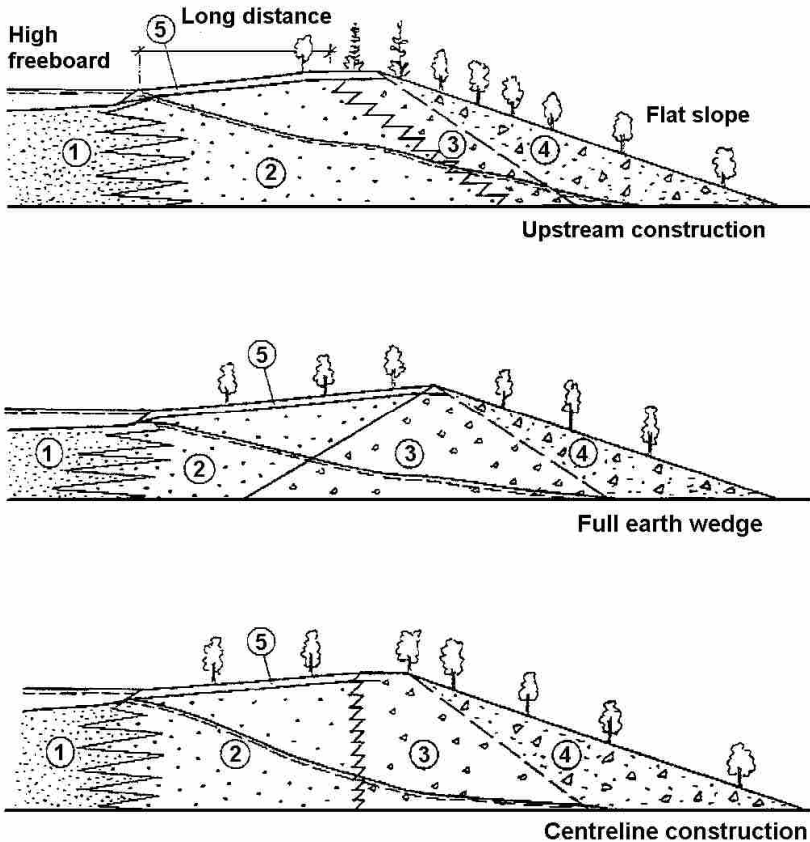
Dlhodobý proces, ktorý má pravdepodobne najväčší význam pre stabilitu hrádze, je presakovanie hrádzí. Priesak hrádzí môže spôsobovať vnútornú eróziu, ktorá je bežnou príčinou poškodení veľkých priehrad hydroelektrární. Vnútornej erózií je však možné zabrániť a predísť ak je úklon hydraulického gradientu (t. j. línie pórového tlaku) taký malý ako v prírodných zeminách, ktoré sú odolné proti prúdeniu podzemnej vody. Všeobecne je svah tvorený zeminou stabilný proti súfózií vtedy ak je úklon hydraulického gradientu menší ako polovica uhla vnútorného trenia zemin.

Podľa uvedenej argumentácie je dlhodobo stabilná hrádza budovaná takým spôsobom, že úklon hydraulického gradientu je menší ako polovica uhla vnútorného trenia zemin. V takomto prípade môžeme uvažovať, že je hrádza vystavená tlaku podzemnej vody namiesto statickému vodnému tlaku a bude tak mať prijateľnú úroveň bezpečnosti proti vnútornej erózií. Táto podmienka bude pravdepodobne použitá pri dimenzovaní šírky hrádze.

Poškodeniu eróziou, teplotou a vegetáciou sa dá vyhnúť použitím dlhodobo stabilných materiálov pri stavbe hrádze a konštrukciou svahov s dostatočne malým uhlom sklonu. Uhol sklonu 1 : 3 (V : H) je považovaný za dlhodobo stabilný, pretože takéto svahy sa prirodzene vyskytujú v prírodnej krajine. Tieto prírodné svahy boli vystavené prírodnej erózií, teplote, vegetácii atď. počas veľmi dlhých časových období, v škandinávskych zemiach od poslednej ľadovej doby (približne desať tisíc rokov) a napriek tomuto dlhému obdobiu možno pozorovať len veľmi málo znakov premen. Najobvyklejším znakom premeny je oxidácia a vylúhovanie najvrchnejšej vrstvy pôdy hrúbky 0.5 m. Ale pod touto hĺbkou je moréna prakticky nepremenená. Preto možno predpokladať, že hrádza vybudovaná z takéhoto materiálu môže ďalej odolávať takýmto procesom. Podobne možno uvažovať, čo sa týka iných materiálov, ktoré sa používajú v iných častiach Európy [126, ERIKSSON, 2003].

Následujúci obrázok ukazuje niektoré typické príklady hrádzí projektované pre trvalé zavodnenie. Všimnite si, že na tomto obrázku sú hrubozrnné hlušiny z úpravy ukladané hneď za hrádzou.

Obrázok 46. Hrádze odkalísk s trvalým zavodnením



Vysvetlivky:

1. jemnozrná hlušina z úpravy (sedimentovaný kal), 2. hrubozrná hlušina z úpravy, 3. navyšovacia hrádza, 4. stabilizačný násyp, 5. nepriepustný pokryv a protierózna ochrana [6, ICOLD, 1996]

High freeboard – prevýšenie hrádze, *Long distance* – dlhá pláž, *Flat slope* – plochý svah, *Upstream construction* – mavyšovanie hrádze proti vode, *Full earth wedge* – homogénny zemný klin (hrádza navyšovaná po vode), *Centreline construction* – navyšovanie hrádze zo stredy.

Odvodnené odkaliská

Po uzavretí zníženie hladiny podzemnej vody zvýši stabilitu svahov a zníži riziko vnútornej erózie. Aby sa zabránilo hore uvedeným potenciálnym problémom a rizikám musia sa zväžiť nasledujúce aspekty:

- vonkajšie svahy hrádzí sú upravené tak, aby bol zaistený dostatočný faktor bezpečnosti pre dlhodobú stabilitu aj podmienky seizmického zaťaženia,
- priesaky musia byť kontrolované dostatočným odvodnením,
- musia byť urobené opatrenia na zachytenie a odvedenie povrchového odtoku,
- hrádza musí byť dlhodobo stabilná proti procesom pomalej degradácie,
- ak majú ťažobné odpady potenciál tvorby kyslých výluhov (ARD) je potrebný vhodný pokryv na zabránenie alebo tlmenie infiltrácie a difúzie (pozri časť 4.3.1).

Existujúce systémy na odvádzanie prívalovej vody môžu byť pre zvýšenie kapacity a trvanlivosti vylepšené, aby sa zabránilo erózii uloženého materiálu v prípade veľkých zrážok. Dekantačné veže a odvádzacie potrubia musia byť udržiavané v takom stave, aby nepredstavovali potenciálne dlhodobé riziko. Je obvyklou praxou uzavrieť odvádzacie potrubie cementovou zátkou. Horný povrch hrádze je tvarovaný tak, aby bola zaistená prijateľná rovnováha medzi zrážkami a výparom. V oblastiach s vysokými zrážkami môže byť na odvedenie nadbytočnej vody z povrchu nádrže potrebný prepad.

Obrázok 47 ukazuje niektoré typické hrádze pre odvodnené odkaliská. Všimnite si, že na tomto obrázku sú hrubozrné hlušiny z úpravy ukladané hneď za hrádzou.

Vodohospodárske zariadenia

Vodohospodárske zariadenia sú všetky zariadenia na území bane alebo s ňou spojené, používané na reguláciu, zachytávanie, úpravu a vedenie vody na účely prevádzky a domáceho použitia, ako aj zaistenie odvádzania odklonených vôd a narábanie s prebytočnou vodou. Medzi ne zaraďujeme:

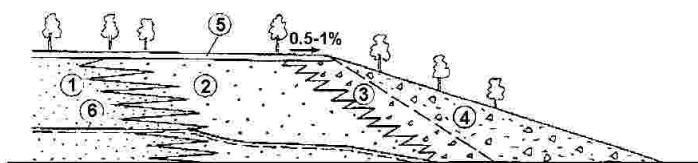
- nádrže / priehrady,
- rezervoáre,
- prepady,
- privádzacie zariadenia,
- odvádzacie priekopy,
- priepusty,
- potrubia,
- čerpacie stanice,
- úpravne vody / čističky,
- usazovacie nádrže,
- odvodňovacie systémy.

Medzi potenciálne problémy a riziká spojené s uzavretím vodohospodárskych zariadení patria:

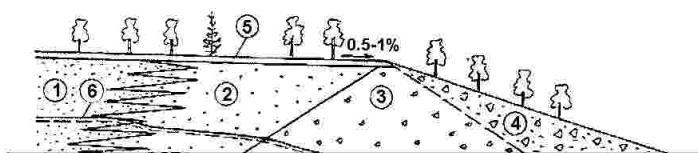
- znečistenie povrchových vôd a/alebo podzemných vôd,
- nekontrolované vypúšťanie vôd vedúce k záplavám a/alebo k zmenám prírodného hydrologického režimu,
- škody vrátane poškodenia a/alebo smrti dobytky, prírodnej fauny a úrazov obyvateľstva.

Obvykle sa robí inventúra celého vybavenia a zariadenia na lokalite, existujúceho alebo používaného na účely nakladania a/alebo úpravy vody pochádzajúcej z prevádzky. Jeho stav je dokumentovaný a jeho umiestnenie je zachytené na mapách a plánoch lokality.

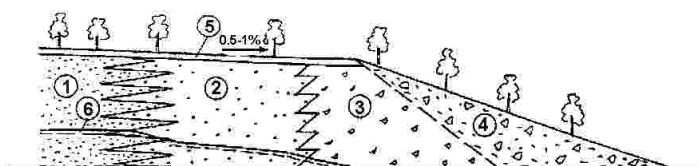
Obrázok 47. Hrádze odkalísk pre odvodnené odkaliská [6, ICOLD, 1996]



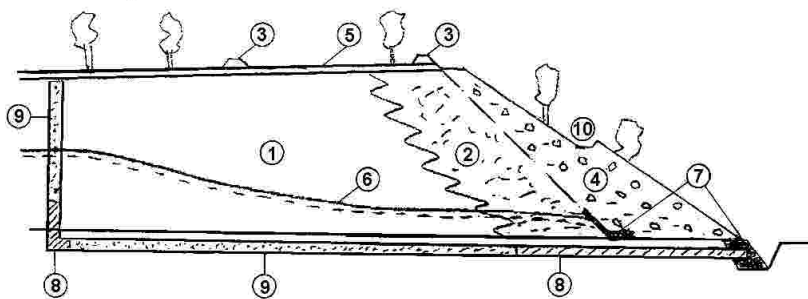
a) Upstream construction



b) Full wedge (downstream) construction



c) Centreline construction



d) Possible alternative arrangement in arid climates

Vysvetlivky:

Upstream construction – hrádz a zvyšovaná proti vode, *Full wedge (downstream) construction* – hrádz a zvyšovaná po vode, *Centreline construction* – hrádze zvyšovaná zo stred u, *Possible alternative arrangement in arid climates* – alternatívne usporiadanie pre oblasti so suchou klímou.

Pred uzavretím sú zaistené kompletne informácie o hydrologických podmienkach a súvisiacich banských dielach. Ak existuje riziko seizmickej aktivity alebo iných prírodných alebo antropogénnych destabilizujúcich udalostí, všetky zrealizované opatrenia a zariadenia musia byť navrhnuté a vybudované tomu prislúchajúcim spôsobom.

Vodohospodárske zariadenia sú obvykle uzavreté a keď je to možné, tak sú demontované, aby sa zabránilo vypúšťaniu neprijateľných úrovní znečistenej vody z lokality. Je dobrou praxou odstrániť počas fázy uzavretia tie zariadenia, ktoré vyžadujú údržbu, najmä keď sú možné dopady z hľadiska bezpečnosti, stability a životného prostredia. Plán uzavretia začleňuje všetky znovu použiteľné zložky do využitia územia po banskej činnosti, vodohospodárskeho systému a/alebo odvodňovacieho systému oblasti.

Vodné hospodárstvo na banskej lokalite pravdepodobne zmenilo prírodný hydrologický režim. Zadržovanie vody v ohradenom odkalisku obvykle zmení prirodzený výskyt povrchovej vody a zmení prietoky a objemy tečúce cez prírodné vodné korytá. Obnova prírodného vodného režimu zahŕňa ukončenie čerpania vody z podzemia, čo umožňuje zaplavenie banských diel a čerpanie na povrch a úpravu tejto vody tak dlho, dokiaľ predstavuje hrozbu pre kvalitu podzemných vôd. Veľká časť exponovaného povrchu v opustených podzemných banských dielach môže obsahovať pyrit a mohla podliehať oxidácii pred zaplavením bane. Na vyplavenie nečistôt z bane, najmä na zníženie obsahov sulfátov a kovov a na zníženie rizika znečistenia môže byť použitá voda. Toto pokračuje dokiaľ nie je obnovená normálna kvalita podzemnej vody [100, ERIKSSON, 2002].

Uzavretie odkalísk a odvalov obsahujúcich nereaktívne ťažobné odpady

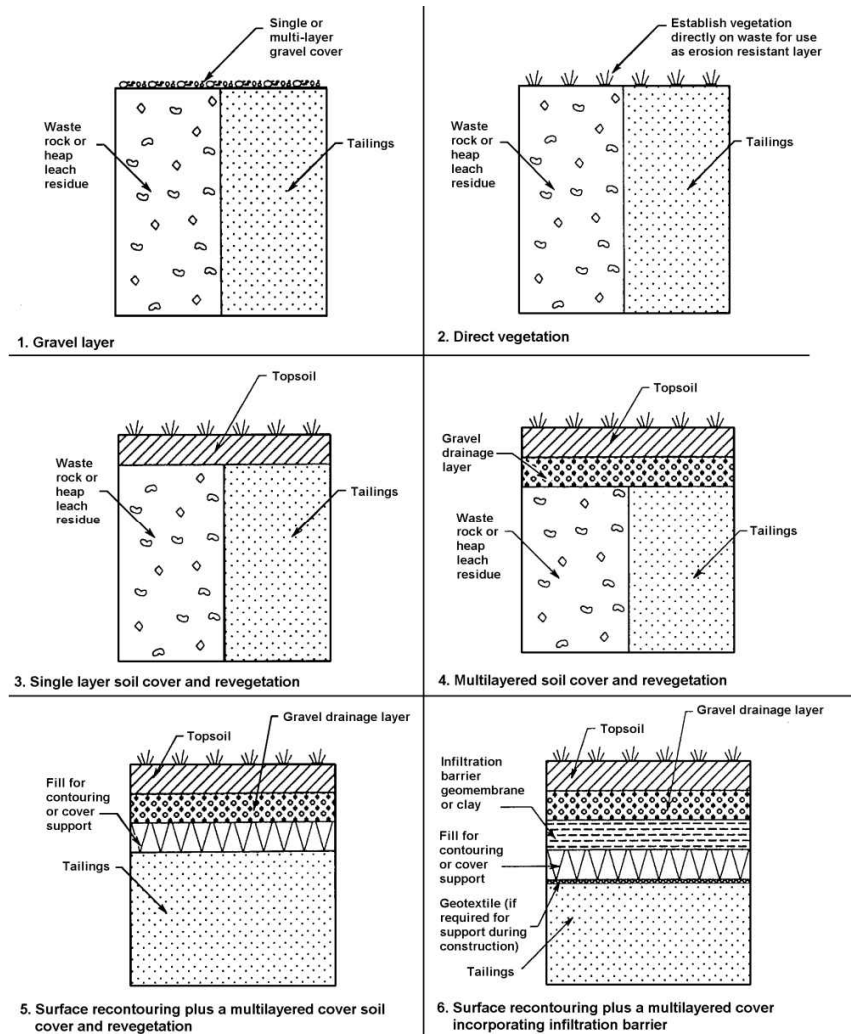
Významné problémy, ktoré musia byť pri nereaktívnych hlušínach z ťažby a úpravy brané do úvahy pri uzavretí sú:

- dlhodobá fyzikálna stabilita,
- úprava terénu a ozelenenie,
- prevencia:
 - erózie,
 - prašnosti.

Na mnohých lokalitách sa robia krajinárske úpravy terénu na vonkajšej strane hrádzí už počas stavby hrádzí. Po uzavretí sú hladiny podzemnej vody reguláciou prietoku udržiavané pod vrchnou úrovnou uložených ťažobných odpadov, aby sa zabránilo erózii päty hrádz. Odkaliská sú prekryté ílom, zeminou a zatrávené. Vysadené sú kry a stromy.

Nasledujúci obrázok ukazuje niektoré typické pokryvy odkalísk. Možnosti 1 a 2 sú používané pre nereaktívne úložiská ťažobného odpadu.

Obrázok 48. Typické pokryvy pre odkaliská [11, EPA, 1995]



Vysvetlivky:

1. Štrková vrstva, 2. Priama výsadba vegetácie, 3. Jednoduchá vrstva pôdneho pokryvu a obnovenie rastlinného krytu, 4. Viacnásobná vrstva pôdneho pokryvu a obnovenie rastlinného krytu, 5. Tvarovanie terénu plus viacnásobná vrstva pôdneho pokryvu a obnovenie rastlinného krytu, 6. Tvarovanie terénu plus viacnásobná vrstva pokryvu zahrňujúca infiltračnú bariéru.

Single or multi-layer gravel cover – jednoduchá alebo viacnásobná vrstva štrkového pokryvu, *Waste rock or heap leach residue* – horninová hlušina alebo zbytky po lúhovaní, *Tailings* – hlušina (kal), *Establish vegetation directly on waste for use as erosion resistant layer* – výsadba vegetácie priamo na odpadoch ako vrstva odolná erózií, *Topsoil* – ornica, *Gravel drainage water* – štrková drenážna vrstva, *Fill for contouring of cover support* – navážka na tvarovanie terénu a na pôdny pokryv, *Infiltration barrier geomembrane or clay* – infiltračná bariéra z geomembrány (fólie) alebo ílu, *Geotextile (if required for support during construction)* – geotextília (pokiaľ je požadovaná na podporu počas stavby).

4.3 Prevencia a kontrola emisií

4.3.1 Manažment kyslých výluhov

Nakladanie s hlušinou z úpravy a ťažby, ktorá môže byť potenciálnym zdrojom kyslých výluhov (*Acid Rock Drainage* – *ARD*), vyplýva z prístupu založenom na odhade rizika. Pre hodnotenie rizika je presná charakteristika a poznanie materiálu kľúčová. Proces riadenia rizík je cyklický proces, ktorý je zvyčajne určený počas plánovacej fázy ťažby, ale je aktualizovaný a znovu vyhodnocovaný počas životnosti bane. Proces odhadu rizík vždy obsahuje princíp "od kolísky po hrob", t. j. akákoľvek zvolená možnosť, ktorá sa týka nakladania s ťažobnými odpadmi počas prevádzkovej fázy musí tiež zahŕňať akceptovateľnú stratégiu pre uzavretie úložiska. Pôvodná charakteristika materiálu bola vykonaná počas plánovacieho štádia bane, no tieto výsledky sú plynule dopĺňované a potvrdzované počas prevádzkovej fázy bane.

Táto časť vychádza z dokumentu MiMi (1998) zo správy "*Prevention and control of pollution from tailings and waste-rock products*" [95, ELANDER, 1998].

Taktiež boli dodané ďalšie prípadové štúdie. Úplná správa je k dispozícii na internetových stránkach. Bol vyvinutý celý rad metód³¹ prevencie, kontroly a možností úpravy pre ťažobné odpady s potenciálom tvorby kyslých výluhov, ktoré sú používané v čase prevádzky rovnako ako pri uzavretí bane. Procesy vedúce k tvorbe kyslých výluhov sú popísané v časti 2.7.

4.3.1.1 Odhad potenciálu tvorby kyslých výluhov

Z detailnej charakteristiky vzoriek ťažobného odpadu na ložisku Ovacik vyplynulo, že tieto nebudú produkovať kyslé výluhy.

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené priemerné výsledky zo štúdia 99 vzoriek.

Tabuľka 61. Kyselínovotný produkčný potenciál na ložisku zlata Ovacik [56, AU GROUP, 2002]

	pH	AP*	NP*	NNP	NP/AP	S ²⁻ (%)
Priemer z 99 vzoriek	7,52	0,47	5,5	5,18	4,67	0,02

Vysvetlivky:

*: ekvivalent kg CaCO₃ na tonu odpadu, AP: acidifikačný (kyselínovotný) potenciál, NP: neutralizačný potenciál, NNP: čistý („nef“) neutralizačný potenciál

³¹ pozri napr. *GARD Guide™: The Global Acid Rock Drainage (GARD) Guide, International Network for Acid Prevention (INAP), 2009 – pozn. prekl.*

Charakteristika ťažobného odpadu zahŕňa:

- určenie acidifikačného potenciálu (AP) založeného na obsahu celkovej síry alebo sulfidickej síry,
- určenie neutralizačného potenciálu (NP).

Ak je pomer $NP / AP \leq 1 : 1$ hodnotí sa vzorka, že má kyselinotvorný potenciál.

Ak je pomer $NP / AP \geq 3 : 1$ hodnotí sa vzorka, že nemá kyselinotvorný potenciál.

4.3.1.2 Preventívne opatrenia

Základom pre akékoľvek preventívne opatrenia je charakteristika ťažobného odpadu, spolu s obsiahlym plánom nakladania s ťažobným odpadom, ktorý identifikuje a minimalizuje množstvo odpadu, ktorý si vyžaduje špeciálnu pozornosť. Väčšina preventívnych metód je zameraná na minimalizáciu rýchlosti oxidácie sulfidov a tým primárnu mobilizáciu produktov zvetrávania. To je zabezpečené minimalizáciou transportu kyslíka k sulfidom použitím kyslíkovej transportnej bariéry (pokryvu).

Tabuľka 62. Metódy prevencie vzniku kyslých výluhov a princípy, na ktorých sú založené

Metóda prevencie	Použitý princíp
Vodný pokryv a vypúšťanie do podzemných vôd	Použitie voľnej hladiny vody ako kyslíkovej difúznej bariéry. Difúzia kyslíka je 10^4 -krát nižšia vo vode ako vo vzduchu.
Suchý pokryv	Použitie vrstvy s nízkou priepustnosťou, s vysokým obsahom vody ako kyslíkovej difúznej bariéry.
Kyslík-spotrebujúci pokryv	Použitie vrstvy s nízkou priepustnosťou s vysokým obsahom vody ako kyslíkovej difúznej bariéry. Vrstva s nízkou priepustnosťou má vysoký obsah organických látok, ktoré pri rozklade spotrebujú kyslík, čím dochádza k ďalšej redukcii transportu kyslíka k sulfidom v podloží.
Vytvorenie mokrade	Vytvorenie mokradí ako metódy uzavretia využíva rovnaký princíp ako vodný pokryv, ale má menšiu hĺbku, aby sa na dne mohol stabilizovať rastlinný kryt, čím by sa zabránilo opätovnému vznosu kalu.
Zvýšenie hladiny podzemnej vody	Riadené udržiavanie sulfidických materiálov trvalo pod hladinou podzemnej vody zadržaním vody: <ul style="list-style-type: none"> ▪ pomocou zvýšenej infiltrácie, ▪ znížením evaporácií, ▪ zvýšením odporu proti prúdeniu podzemných vôd, kapilárnymi silami.
Odstránenie pyritu	Separácia pyritu z kalu a separované vypúšťanie pyritu (napr. pod vodou).
Selektívne nakladanie s materiálom	Selektívne nakladanie s rôznymi frakciami ťažobného odpadu určeného na základe zloženia a vlastností, napr. na odseparovanie materiálu s kyselinotvorným potenciálom pre oddelené nakladanie.

Pokryv vychádza z dvoch základných konceptov:

- (1) "vodný pokryv" alebo "mokrý pokryv" (zavodnenie), alebo
- (2) "suchý pokryv".

Bol tiež vyvinutý a použitý tretí typ tzv. "kyslík-spotrebujúci pokryv".

Ďalšou preventívnou metódou je odstránenie sulfidických minerálov z ťažobného odpadu (depyritizácia), prídavok minerálov s pufracnou schopnosťou, minimalizácia bakteriálnej aktivity alebo zmenšenie povrchu zŕn minerálov, ktoré môžu podliehať zvetrávaniu. Oxidácia sulfidických minerálov môže byť minimalizovaná počas prevádzky, napríklad riadením vodného pokryvu pri prevádzke odkaliska.

4.3.1.2.1 Trvalé zavodnenie

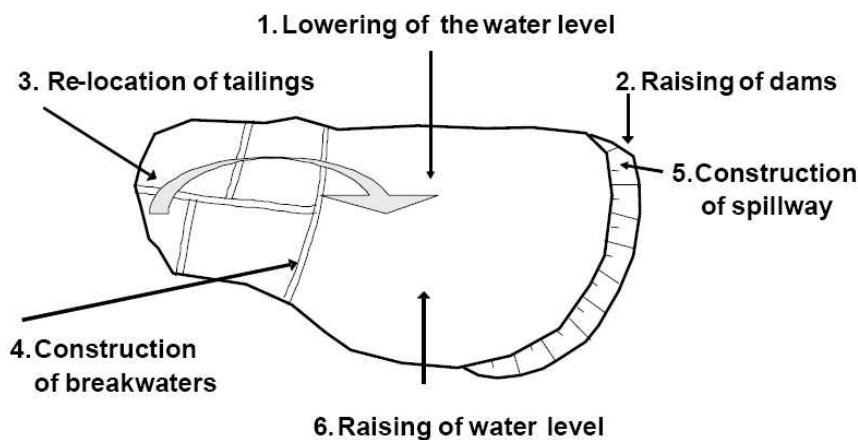
Trvalé zavodnenie (tiež „vodný pokryv“ alebo "mokrý pokryv") je metódou uzavretia, ktorá využíva voľnú hladinu vody ako difúziu bariéru pre prestup kyslíka. Koeficient difúzie kyslíka je 10^4 -krát menší vo vode ako vo vzduchu. Z toho vyplýva, že ak je použitý vodný pokryv, potom je oxidácia sulfidov takmer eliminovaná. Základnými požiadavkami na vodný pokryv sú:

- pozitívna vodná bilancia, ktorá garantuje minimálny vodný stĺpec za všetkých podmienok,
- dlhodobu fyzikálne stabilnú priehradu (ak nie je k dispozícii jamový lom, potom sa v niektorých prípadoch používa pre ukladanie kalu prírodné jazero alebo more),
- dlhodobu stabilný odtok s dostatočnou kapacitou odtoku aj počas extrémnych udalostí,
- hĺbka jazera musí byť dostatočná, aby sa predišlo resuspenzii kalu pri vlnobití (napríklad s použitím vlnolamov),
- hlušina sa môže vo vode rozpúšťať.

Ďalšou výhodou je, ak prirodzený tok vteká do jazera, napríklad môže dodávať organické látky, flóru a faunu do oblasti bývalej prevádzky. Tým bude ďalej zlepšovať účinnosť vodného porastu vytvorením dodatočnej difúznej bariéry tvorbou sedimentu a môže urýchliť nové oživenie systému.

Vodný pokryv je možnosťou uzavretia pre odkaliská akéhokoľvek typu (napríklad pre "bežné" ukladanie kalu alebo pre ukladanie pod hladinu vody počas prevádzky). Tento spôsob bol použitý na dvoch lokalitách: Stekenjokk a Kristineberg.

Stekenjokk je pionierskou lokalitou, kde bolo uzavreté odkalisko s ťažobným odpadom s obsahom sulfidov. Uzavretie sa uskutočnilo v roku 1991, čo umožňuje viac ako desaťročné hodnotenie výsledkov. Projekt uzavretia Stekenjokk je detailne popísaný Bromanom a Göranssonom (1994). Použité postupy na lokalite Stekenjokk sú schématicky opísané v súbore (Broman a Göransson, 1994) [100, ERIKSSON, 2002].

Obrázok 49. Opatrenia na odkalisku Stekenjokk [100, ERIKSSON, 2002]

Vysvetlivky:

1. Zníženie vodnej hladiny, 2. Zvýšenie hrádze, 3. Premiestnenie sedimentovaného kalu, 4. Konštrukcia vlnolamov, 5. Konštrukcia priekop, 6. Zvýšenie vodnej hladiny.

Implementácia týchto opatrení bola monitorovaná a vyhodnocovaná po istom čase. Výpočet látkovej bilancie je uvedený v správe, kde sa používajú údaje za prvých osem rokov monitorovania činnosti s predpokladom, že sírany môžu slúžiť ako ukazovateľ pre oxidáciu sulfidov. Analýzy dokumentujú, že vodný pokryv dostatočne redukuje oxidačnú rýchlosť sulfidov uložených v odkalisku. Vyjadrené ako prúdenie kyslíka cez vodný pokryv do odkaliska, horný limit pre uvoľňovanie síranov z odkaliska zodpovedá spodnému limitu efektívneho prúdenia kyslíka $1 \times 10^{-10} \text{ O}_2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. To je porovnateľné alebo lepšie ako výsledky získané pri použití suchého kompozitného prekryvu. Tieto výsledky ukazujú, že ciele projektu boli splnené lepšie. Podobné výsledky boli získané z predchádzajúcich štúdií odkaliska uloženého do prírodného jazera. Vodný pokryv je účinnejší a cenovo výhodnejší v porovnaní so suchým pokryvom.

Pre aplikovanie vodného pokryvu dosahujú investičné náklady $2 \text{ USD} \cdot \text{m}^{-2}$, zatiaľ čo u študovaného suchého pokryvu (kompozit) je to $12 \text{ USD} \cdot \text{m}^{-2}$, pričom sa nemusí vyťažiť materiál kombinovanej prekryvovej vrstvy (kompozitu).

Neistota spojená s vodným pokryvom sa vzťahuje k dlhodobej stabilite hrádze. Niektoré aspekty, ktoré sú relatívne vzhľadom k dlhodobej stabilite zariadení, kde je použitá technika trvalého zavodnenia, sú prediskutované v časti 4.2.4.2.

Často sa tvrdilo, že nemožno úplne eliminovať oxidáciu sulfidických minerálov, pretože vodný pokryv vždy obsahuje kyslík. Výsledky ukazujú, že rýchlosť oxidácie sulfidov je v lokalite Stekenjokk zanedbateľná. Boli pozorované stabilné trendy poklesu koncentrácie síranov vo výtoku z odkaliska. Po desiatich rokoch sa koncentrácia síranov v odtoku približuje požadovanej hodnote.

Hlavné skúsenosti získané z tejto lokality sú uvedené ďalej:

- Extrémne zimy, ktoré sú na lokalite Stekenjokk, sťažili realizáciu projektu. Abnormálne zvýšenie hladiny vody v priehrade (ktoré v extrémnom prípade mohlo presahovať jadro hrádze) bolo zaznamenané v období neskorej zimy. Vyšetrenie ukázalo, že príčinou bolo čiastočné hromadenie ľadu v odtoku. To viedlo ku kompletnej rekonštrukcii odtokového zariadenia. Nový odtok bol skonštruovaný v podložnej hornine a bol vybudovaný podstatne hlbší odtokový kanál, ktorý umožňoval prietok vody aj pri extrémnych ľadových podmienkach (vo Stekenjokku bol zaznamenaný ľad hrubý až 2 m).
- Na jar 1998, priesaková voda na jednom mieste päty hrádze vykazovala zakalenie. Bolo to interpretované ako možný prejav vnútornej erózie. Stabilizačná lavica navrhnutá ako filter bola ihneď umiestnená pri päte hrádze. Výsledky analýzy však ukázali, že zakalenie bolo spôsobené tvorbou alumosilikátov (ako výsledok rozpúšťania kremičitanov, ktoré vyrovnávajú zvetrávanie sulfidov). Nebola to teda žiadna vnútorná erózia.
- V roku 1998 bol na odkalisku Stekenjokk vykonaný úplný bezpečnostný audit v súvislosti s vypracovaním prevádzkového manuálu (*OSM*) pre Stekenjokk. Po vykonaní auditu bolo odporúčané, aby bolo vybudované dodatočné odtokové zariadenie na zabezpečenie dostatočnej kapacity odtoku v prípade zablokovania hlavného odtoku ľadom. V ten istý rok bolo vybudované odtokové zariadenie. Bezpečnostný odtok začína fungovať automaticky, ak hladina vody stúpne nad určitú úroveň.
- Teleso hrádze nebolo predmetom žiadnych opatrení vo vzťahu k problémom stability po ukončení uzatváracích prác a sklon svahu hrádze bol upravený na 1 : 2,5 (V : H). V roku 1994 sa však rozhodlo o pokrytí svahu hrádze na strane odtoku morénovým materiálom, pretože sa zistilo, že priehrada obsahuje sulfidový materiál, ktorý podliehal zvetrávaniu, čo ovplyvňovalo vodné prostredie na strane odtoku.

Uzavretie odkaliska **Kristineberg** 4 sa zatiaľ neuskutočnilo, ale prijaté opatrenia dôsledne zodpovedajú výskumnému projektu MiMi a sú uvedené na stránke www.mimi.kiruna.se [100, ERIKSSON, 2002].

Problémom je udržanie trvalého zavodnenia a hrádze na dlhé obdobie a bez udržiavania. Určité dodatočné informácie boli získané štúdiom prírodných jazier, ktoré sa používali pre ukladanie kalu pod hladinou vody relatívne dlhé obdobie. Fraser a Robertson (1994) uvádzajú, že kal uložený pod vodu v jazere Mandy Lake v rokoch 1943 až 1945 vykazujú malú alebo žiadnu chemickú reaktivitu po 46 rokoch na dne jazera. Existujú aj štúdie, ktoré ukazujú podobné výsledky pre jazero Buttle Lake (Vancouver Island).

Referencie:

- Dave N. K. & Vivyrka A. J., 1994. Water cover on acid generating uranium tailings – Laboratory and field studies. In proceedings of the Fourth International Conference on Acid Rock Drainage, vol 1; 297 – 306.
- Eriksson N., Lindvall M. & Sandberg M., 2001. A quantitative evaluation of the effectiveness of the water cover at the Stekenjokk tailings pond in Northern Sweden: Eight years of follow-up. Proceedings to Securing the Future, International Conference on Mining and the Environment, Skellefteå, June 25 – July 1, 2001.
- Fraser W. W. & Robertson J. D., 1994. Subaqueous disposal of reactive mine waste: An overview and update of case studies – MEND/CANADA. Bureau of Mines Special Publication, SP 06 A-94, 250 – 259.

- Pedersen T. F., McNee J. J., Mueller B., Flather D. H. and Pelletier C. A., 1994. Geochemistry of submerged tailings in Andron Lake, Manitoba: Recent Results, Bureau of Mines Special Publication, SP 06 A-94, 288 – 296.
- Robertson J. D., Tremblay G. A. & Fraser, W. W., 1997. Subaqueous tailing disposal: A sound solution for reactive tailing. In proceedings of the Fourth International Conference on Acid Rock Drainage, vol 3; 1029 – 1041.
- St Arnaud L., 1994. Water covers for the decommissioning of sulphidic mine tailings impoundments. Bureau of Mines Special Publication, SP 06 A-94, 279 – 287.

4.3.1.2.2 Suchý pokryv

Je potrebné si uvedomiť, že pojem "suchý pokryv" neznamená, že pokryv neobsahuje vodu. Tento pojem sa používa len pre rozlíšenie medzi týmto typom a "vodným pokryvom". Suchý pokryv alebo pôdny pokryv (uzavretie a prekrytie – *cap-and-cover*) je najbežnejšie riešenie pre iné skládky odpadov. Po ukončení banskej činnosti a zastavení ukladania na odkaliská je voda z povrchu odkaliska odstránená a povrch sa nechá vysušiť, ale väčšina jemnozrnnej frakcie zostáva vodou nasýtená a mäkká. Potom sa na povrchu vytvorí pokryv s nízkou priepustnosťou a zvýšenou schopnosťou odvodu povrchového odtoku. Niekedy sú v ňom vytvorené priepustné vrstvy pre drenáž, monitoring alebo kapilárne otvory. V zásade, takýto pokryv spĺňa dva účely:

- (1) obmedzuje difúziu kyslíka z povrchu odkaliska do pórových priestorov, znižuje reakčnú rýchlosť a tým aj vznik kyslých výluhov,
- (2) kryt zabraňuje zaplaveniu a znižuje infiltráciu povrchových vôd, čo obmedzí transport produktov reakcií.

V praxi sa však z mnohých dôvodov tento účinok veľmi ťažko zabezpečuje a môže byť realizovaný len čiastočne. Veľmi často nie je lokálne k dispozícii vhodný pokryvný materiál, ďalej musia byť posúdené náklady a ťažkosti pri pozemných operáciách na mäkkom povrchu odkaliska [13, VICK].

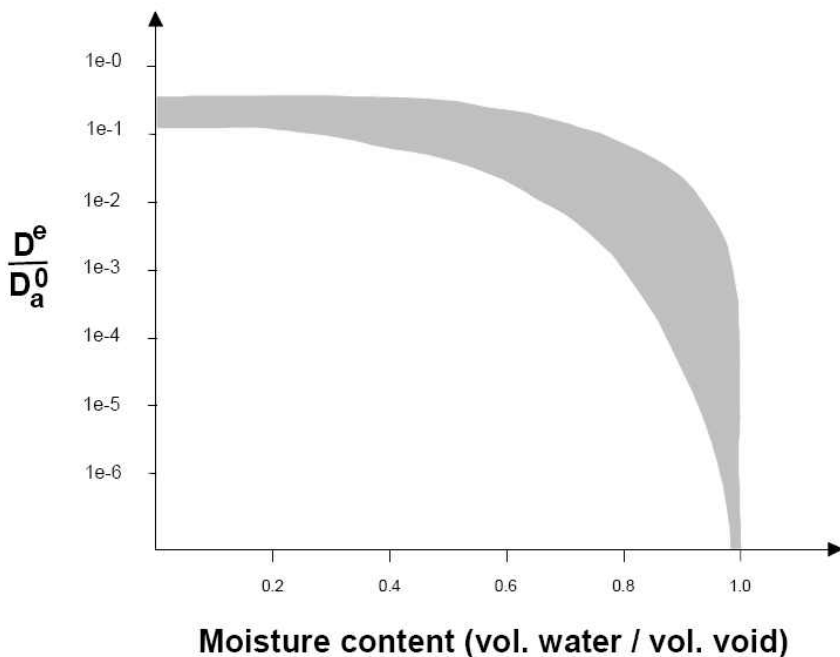
Zvyčajnou metódou návrhu suchého porastu je vytvorenie niekoľkých vrstiev, ktoré sú zložené z rôznych typov materiálu: íl, prach, piesok a štrk. Aký je tento pokryv účinný závisí od obsahu vlhkosti v pokryvných vrstvách. Celková hrúbka pokryvnej vrstvy sa bežne pohybuje medzi 0,3 – 3,0 m a priepustnosť pre vrchné časti porastu by sa mala pohybovať medzi $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$.

Rôzne pozorovania ukázali, že vzťah medzi rýchlosťou difúzie a stupňom nasýtenia vodou je silný a nelineárny. Obrázok 50 ukazuje pomer medzi koeficientom efektívnej difúzie pre porézne materiály s čiastočným stupňom nasýtenia vodou a difúziou vo vzduchu ako bolo navrhnuté Collinom [140, COLLIN, 1987].

Predtým, ako je odkalisko zakryté musí byť odvodnené, a to tak, že piesok môže byť skonsolidovaný. Konsolidácia môže trvať dlhú dobu v závislosti na vlastnostiach piesku. Z toho vyplýva, že v niektorých prípadoch je nutné použitie protiprašného porastu odkaliska, aby sa zabránilo prášeniu počas konsolidačnej fázy. Na zabránenie zhromažďovania vody, sú bežne používané konštrukcie zberných priekop a pretvarovanie povrchu odkaliska. Ideálny by bol sklon povrchu 0,5 – 1,0 % smerom k okraju odkaliska [66, BASE METALS GROUP, 2002].

Tesniaca vrstva je chránená pred vysychaním a mechanickým poškodením použitím ochranej vrstvy. Ochranná vrstva je ozelenená.

Obrázok 50. Vzťah medzi koeficientom efektívnej difúzie v pórovitom materiále čiastočne nasýtenom vodou a difúziou vo vzduchu



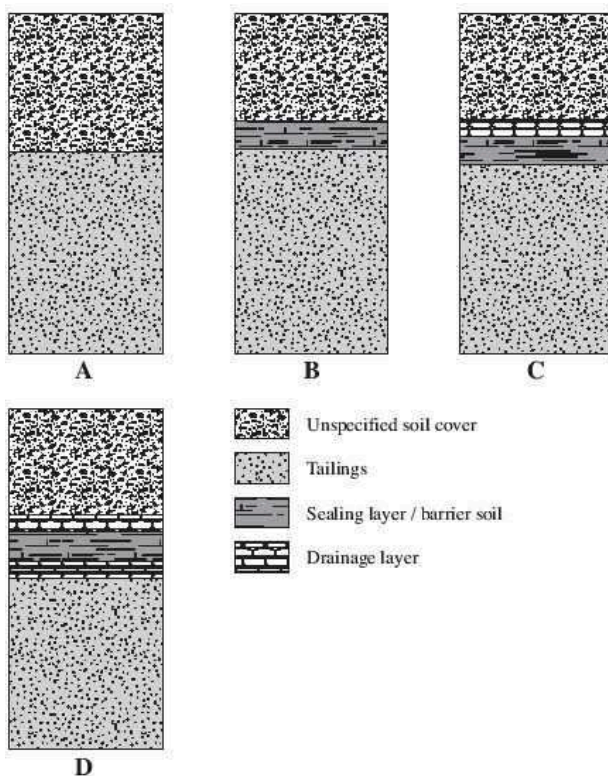
Vysvetlivky:

Moisture content (vol. water / vol. void) – vlhkosť (objem vody / objem pórov)

Krátkodobá účinnosť suchého pokryvu môže byť v dlhodobom časovom horizonte znížená rôznymi deštruktívnymi procesmi, ktoré spôsobujú praskliny alebo iné diskontinuity v plošnej bariére. Medzi také procesy patrí erózia, vymrazovanie, vysychanie, rôzne sedimentácie, prenikanie koreňov, rytie zverou a ovplyvnenie ľudskou činnosťou [95, ELANDER, 1998].

Najjednoduchším pôdnym pokryvom je nešpecifikovaný nespevnený pôdny materiál, ako napr. príklad A (pozri obrázok 51). V severských podmienkach vrstva tillu hrúbky 1,0 až 1,5 m pravdepodobne zníži oxidačnú rýchlosť o 80 – 90 %. Zvýšenie účinnosti pokryvu môže byť dosiahnuté radom opatrení. Nevýhodou jednoduchého nešpecifikovaného pôdneho pokryvu na povrchu odkaliska je, že objemy infiltrujúcej vody sú len veľmi slabo znížené ($\approx 10\%$) a zníženie difúzie kyslíka je tiež menšie ak hladina podzemnej vody nedosahuje až k pokryvu. V prípade ak má dostupný materiál pre pokryv relatívne nízku hydraulickú vodivosť v zhutnenom stave, je možnosťou pre zlepšenie tohto jednoduchého pôdneho pokryvu (príklad A) vytvorenie pokryvu z dvoch alebo viacerých vrstiev a zhutnenie každej vrstvy osobitne. Tým sa zníži hydraulická konduktivita (priepustnosť) a zvýši sa stupeň saturácie, čo znižuje koeficient efektívnej difúzie kyslíka.

Obrázok 51. Návrhy štyroch typov pôdneho pokryvu

*Vysvetlivky:*

Unspecified soil cover – nešpecifikovaný pôdny pokryv, *Tailings* – jemnozrnné odpady z úpravy (kal), *Sealing layer / barrier soil* – izolačná vrstva / bariérová vrstva, *Drainage layer* - drenážna vrstva.

Dokonalejší pôdny pokryv zahŕňa kompaktnú vrchnú vrstvu s nízkou priepustnosťou, ako je íl alebo till s obsahom ílu (kde boli veľké balvany odstránené) (príklad B na obrázku 51). V Kristinebergu v severnom Švédsku sa odhadovalo, že aplikáciou tohto typu pokryvu došlo k zníženiu oxidácie na viac ako 99 % v prípade zhutnených ílov a 1,5 m hrubej ochranej vrstvy tillu uloženého na povrchu odkaliska (pokryv aktuálne vytvorený v Kristinebergu bol vytvorený zo zhutnenej 0,3 m hrubej vrstvy morénového ílu a 1,2 m hrubej ochranej vrstvy netriedenej morény). Priesaky vody boli znížené o viac ako 95 %. Ďalej sa odhaduje, že množstvo transportovaných kovov z odkaliska vo výluhoch sa znížilo o viac ako 99,8 %.

Požadovaná hrúbka ochranej vrstvy závisí od lokálnych klimatických podmienok (mráz, vysychanie, zrážky, atď.), od miestnej fauny a flóry (hlbka prerastania koreňov, rytie zverou a pod.) a od charakteristiky možného materiálu ochranného pokryvu.

V Európe sa hrúbka ochrannej vrstvy pohybuje v rozsahu od 0,5 m (napríklad Aznalcóllar, Španielsko; závisí od suchých cyklov) po 1,5 m (napríklad v Saxbergetu a Kristinebergu, Švédsko; závisí od premrzania a bezpečnostného faktora). Meranie teploty v pokryve v Kristinebergu indikuje premrzanie maximálne do hĺbky 0,9 m.

Drenážna vrstva nad povrchovou vrstvou (príklad C v obrázku 51) znižuje infiltráciu, pretože jej hydraulický gradient je nižší. Na spodnej strane sa však prejavuje tendencia zvýšenia transportu kyslíka do odkaliska, pretože obsah vody v kryte je nižší, a to môže byť kontraproduktívne. Hrubozrnná vrstva medzi tesniacou vrstvou a sedimentovaným kalom (príklad D v obrázku 51) môže účinkovať ako kapilárna priehrada, ktorá zabraňuje odvodňovaniu kapilárneho transportu smerom nadol a možnému difúznemu transportu rozpustených prvkov smerom nahor. Na zabránenie zmiešania hrubozrnného a okolitého jemnozrnného materiálu je zvyčajne medzi tieto dva materiály položená vrstva geotextílie. To má však dôsledky pre dlhodobú funkciu, pretože trvanlivosť syntetického materiálu v časovom rámci tisícov rokov môže byť problematická. Ak sa geotextílie narušia vplyvom starnutia alebo vplyvom mechanického sadania, vrstvy sa pravdepodobne premiešajú a funkcia drenážnej vrstvy bude znížená alebo dokonca úplne eliminovaná.

Na zabránenie erózie ochranného krytu z tillu nad tesniacou vrstvou je vykonané ozelenenie ochranného krytu. Otázkou ostáva, či korene miestnych druhov rastlín, ktoré pravdepodobne osídli rekultivované odkalisko v určitom štádiu v budúcnosti, budú prenikať nižšie priepustnou vrstvou a ako hrubá má byť ochranná vrstva, aby tomuto javu zabránila. Takisto sa musia zobrať do úvahy aj účinky mrazu a topenia, pretože tie môžu spôsobiť trhliny a tvorbu makropórov, čo vedie k zvýšenej hydraulickej priepustnosti. Po vytvorení ochranného krytu je na povrchu zvyčajne vysiatá tráva, ktorá bráni erózii ochranného krytu [136, CARLSSONS, 2002].

Zazelenenie je bližšie popísané v časti 4.3.6.

Príklady lokalít, kde bol použitý suchý pokryv sú Apirsa (Aznacollar), Aitik, Saxberget, Kristineberg a Enasen. Uzavretie odkalísk v bani Saxberget v strednom Švédsku, ktorá bola uzavretá v rokoch 1994 a 1996 s použitím kompozitného suchého krytu, boli popísané v literatúre. Dve oddelené odkaliská sa používali v rôznych obdobiach, západné odkalisko v období rokov 1930 – 1958 a východné odkalisko v období rokov 1958 – 1988. Západné odkalisko zaberá plochu 18 ha, zatiaľ čo východné odkalisko je dvakrát väčšie, zaberá plochu 35 ha. Objem uloženého ťažobného odpadu je celkom 4 milióny ton s obsahom asi 2 % síry, Zn menej ako 1 % a kalcitu 0,5 – 1 %. Toto minerálne zloženie spôsobuje, že materiál môže potenciálne produkovať kyselinu, hoci ťažobný odpad vo východnom odkalisku v súčasnej dobe produkuje vody s približne neutrálnym pH [137, LINDVALL, 1997].

Odkaliská sú umiestnené v permeabilnej glaciálnej formácii. Predpokladá sa, že to spôsobí zníženie hladiny podzemnej vody akonáhle bude prerušené ukladanie ťažobného odpadu na odkalisku. Veľké množstvo uloženej hlušiny by potom bolo vystavené pôsobeniu atmosférického kyslíka.

Počas prevádzky sa mobilizácia zinku odhadovala na 3 t.rok⁻¹. Štúdie ukázali, že keď sa minú minerály s pufracnou schopnosťou, znečistenie pravdepodobne výrazne vzrastie, ak prístup kyslíka do materiálu nebude riadený. Modelovaním mobilizácie kovov bolo zistené, že ročne sa uvoľní až 600 t Zn v odkalisku. V dôsledku zrážania a adsorpčných procesov, ktoré prebiehajú v prostredí neutrálného pH sa odhadovalo, že uvoľnené množstvo predstavujú 3 t.rok⁻¹ čistého transportu pre niekoľko najbližších rokov.

Predpokladané vysoké zaťaženie znečistením v budúcnosti si vyžiadalo vykonanie sanačných opatrení.

Pretože hydrogeologické podmienky vylučovali možnosť zaplavenia odkaliska, jediná zostávajúca reálna možnosť bolo použitie pokryvu navrhnutého na zníženie prístupu kyslíka do odkaliska. Pretože navrhovaný projekt bude iba druhý tohto typu vo Švédsku, a určite najväčší, projektanti v čase prípravy plánu sanácie nemali praktické skúsenosti.

Preto bolo študovaných viacero možností. Pokryv bol navrhnutý v súlade s princípmi definovanými v rámci výskumného programu švédskej environmentálnej agentúry, zameraného na dlhodobé ekonomicky nenáročné sanačné riešenie pre ťažobný odpad. To si vyžiadalo kryt tvorený najmenej dvoma zložkami:

1. tesniaca vrstva s nízkou priepustnosťou,
2. ochranná vrstva nad tesniacou vrstvou.

V prípade lokality Saxberget, boli ťažobné odpady zakryté tesniacou vrstvou zhutneného tillu s obsahom ílu hrúbky 0,3 m a ochranou vrstvou nevytriedeného tillu hrúbky 1,5 m. Ochranná vrstva bola ozelenená trávou a brezou. Kľúčovou zložkou bola tesniaca vrstva. Na tento účel bolo naplánovaných niekoľko možných riešení. Jednou z nich bolo použitie zhutnených kalov z komunálnych čistiarní odpadových vôd, u ktorých boli zistené priaznivé hydraulické vlastnosti. Z praktických dôvodov, najmä z dôvodu časového faktora, bola táto alternatíva zamietnutá.

Ďalšou možnosťou bolo použitie elektrárenského popolčeka vo forme "cefyll" (popolček stabilizovaný cementom), ktorá bola použitá v podobnom projekte. Veľkým nedostatkom tejto alternatívy boli vysoké náklady, pretože zdroj popolčeka (uholné elektrárne a teplárne v oblasti Štokholmu) boli príliš vzdialené. Prieskum výskytu ľadovcového tillu v oblasti ukázal, že najväčšie množstvo tillu s obsahom ílu je v blízkosti bane. Keďže u tohto materiálu boli zistené vynikajúce hydraulické vlastnosti a jeho cena bola najnižšia zo všetkých alternatív, bol teno till vybraný ako tesniaci materiál.

Modelovanie transportu kyslíka a vody spojené s výpočtami rozpustnosti poskytli informácie o transporte kovov. V závislosti od týchto výpočtov, parametre tesniacej vrstvy boli určené na hrúbku 0,3 m s priepustnosťou $5 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$. Hrúbka ochrannej vrstvy bola predmetom diskusie. Banská spoločnosť tvrdila, že vrstva 1 m nevytriedeného tillu vytvára dostatočnú ochranu proti mrazu a prerastaniu koreňov. Švédska environmentálna agentúra (*Swedish EPA*) argumentovala v prospech hrubšej vrstvy a nakoniec sa rozhodlo, že bude použitá ochranná vrstva hrúbky 1,5 m.

Konečný tvar odkaliska bol navrhnutý tak, aby sa v maximálnej možnej miere prispôbilo okolitej krajine. Voda z povrchového odtoku je vedená do malého vodného toku, ktorý preteká pozdĺž západného odkaliska. Odtok zo západného odkaliska vyteká do východného odkaliska a tvorí veľké oblasti plytkých mokradí. Týmto spôsobom je v tesniacej vrstve udržiavané nasýtenie vodou a oblasť má príťažlivý a pestrý vzhľad. Prebytočná voda je vypúšťaná po svahu bývalej hrádze výpusťou, ktorá je dláždená kameňom. Výsledky monitorovania ukazujú pozitívny trend vo vývoji znečisťujúcich látok v oblasti. Je však príliš skoro na záverečné hodnotenie o účinnosti porastu. [100, ERIKSSON, 2002]. Pre ochranu krytu pred eróziou je povrchová voda sústredovaná a vypúšťaná riadeným spôsobom.

Po poruche na odkalisku Aznalcóllar, ktoré ešte stále obsahuje 96 % ťažobného odpadu, uloženého tu pred haváriou, bol na 150 ha plochy odkaliska vytvorený suchý pokryv. Aktívna časť tohto krytu sa skladala z tesniacej vrstvy 0,5 m zhutneného ílu ($k = 10^{-10} \text{ m.s}^{-1}$) a 0,5 m hrubej ochrannej vrstvy. Okrem krytu bola zriadená aj stabilizačná lavica pre zabránenie ďalších pohybov hrádze.

Pre zvýšenie bezpečnosti bola znížená koruna hrádze a u hrádzí boli nanovo vytvarované svahy na sklon 1 : 3 (V : H). Na pokryve boli vybudované odvodňovacie kanály na odvod povrchového odtoku, okolo odkaliska bola vybudovaná podzemná tesniaca stena a nakoniec bola vo vnútri územia izolovaného podzemnou tesniacou stenou vybudovaná sieť čerpacích vrtov pre zber a spätné čerpanie vody z odvodňovania. Náklady predstavovali okolo 37 miliónov USD na projekt (22 Eur.m⁻²). Ďalej bol zavedený rozsiahly monitorovací program pre zabezpečenie účinnosti prijatých opatrení.

Nasledujúci obrázok ukazuje použité riešenie pre baňu Apirsa.

Obrázok 52. Zberný a vypúšťací kanál na uzavretom odkalisku Apirsa



4.3.1.2.3 Ukladanie reaktívnych ťažobných odpadov pod vodnú hladinu

Podvodné ukladanie ťažobného odpadu predstavuje ukladanie kalu pod vodu. Cieľom ukladania kalu pod vodu je zníženie kontaktu medzi atmosférickým kyslíkom a hlušinou, a tým minimalizovanie oxidácie reaktívnych materiálov, najmä sulfidov. Cieľom je tvorba trvalého vodného pokryvu už počas prevádzky, ale aj po jej skončení.

Účinné ukladanie kalu pod vodu je založená na štyroch mechanizmoch, ktoré sumarizoval Robertson et al. (1977):

(1) Zníženie prístupu kyslíka, z dvoch dôvodov:

- (a) koncentrácia nasýteného kyslíka vo vode je 25 000-krát nižšia ako vo vzduchu,
- (b) kyslíkový difúzny koeficient je 10 000-krát nižší vo vode ako vo vzduchu. To znamená, že pre oxidačné reakcie je k dispozícii len veľmi malé množstvo kyslíka a transportné procesy, ktoré dodávajú kyslík sú veľmi pomalé.

(2) Redukcia sulfidov.

Pri nízkom obsahu kyslíka vo vode baktérie redukujúce sírany spotrebúvajú sírany a produkujú sulfán, ktorý ľahko reaguje s väčšinou rozpustených kovov a vytvára stabilné zrazeniny (sulfidy).

(3) Odsávanie kyslíka.

Spočíva vo vzniku oxidov železa a mangánu, ktoré sú veľmi účinné z hľadiska adsorpcie veľkého rozsahu rozpustených kovov.

(4) Sedimentačná bariéra.

Akonáhle sa ukončí prevádzka, na povrchu uloženého kalu sa prirodzene vytvára sedimentačná vrstva, ktorá veľmi účinne minimalizuje interakciu medzi hlušinou a prekrývajúcou vodou.

Ukladanie kalu pod vodu bolo detailne študované v rámci kanadského výskumného programu MEND. Získané výsledky z tohto projektu slúžili na vytvorenie Sprievodcu návrhu na konštrukčné zabezpečenie ukladania reaktívneho ťažobného odpadu pod vodu³² (MEND, 1998), ktorý detailne opisuje všetky významné aspekty návrhu pre ukladanie kalu pod vodu. Sériu publikácií zameraných na detailnú geochemiu odkalísk s vodným pokryvom bola vytvorená Univerzitou v Lulea (pre odkaliská s vodným pokryvom Stekenjokk a Krisineberg), kde publikovali Öhlander, Ljunberg a Holmström (napríklad Ljunberg 1999, Holmström, 2000).

Ukladanie kalu pod vodu alebo zaplavenie odkaliska môže byť v princípe vykonávané konštrukciou zariadenia (odkaliska), zaplavením povrchovej bane a využitím prírodného jazera, ale aj v morskom prostredí. Environmentálna a spoločenská zložitosť takéhoto riešenia sa zvyšuje v poradí, v ktorom sú alternatívy ukladania pod vodu uvedené. Bežne sa na ukladanie používajú jedna alebo dve metódy:

- plávajúce potrubie, ktoré vypúšťa hlušinu pod vodnú hladinu v odkalisku, potrubie je mobilné za účelom distribúcie kalu v odkalisku,
- ponorené potrubie, ktoré vypúšťa hlušinu pod hladinu vody.

Pri vypúšťaní kalu do mora, s ohradením alebo bez neho, sa znižujú požiadavky na stavby (t. j. nemusí byť skonštruovaná a udržiavaná priehrada), zvyšuje sa chemická stabilita a znižujú sa zabrané územia. Ukladanie v hlbokom mori alebo jazere vylučuje problémy s bezpečnosťou hrádze. Ukladanie ťažobného odpadu do mora je niekedy pokladané za riskantné, pretože nie je možné predpovedať, riadiť alebo upravovať rozptyľovanie znečisťujúcich látok v prostredí. Ďalším problémom je malá znalosť vodného prostredia a tým obťažnosť hodnotenia environmentálnych vplyvov.

³² Design Guide fro the Subaqueous Disposal of Reactive Tailings in Constructed Impoundments (MEND, 1998)

Ukladanie pod vodu zabezpečuje najefektívnejší prostriedok na zabránenie oxidácie sulfidov. Výsledkom je lepšia kvalita vody počas prevádzky bez, alebo so zníženou potrebou úpravy vody.

Ukladanie pod vodu minimalizuje požiadavky na materiál pri uzavretí a eliminuje potrebu začatia ťažby pre získanie materiálu na pokryv. Medzi ďalšie výhody ukladania kalu pod vodu patrí napríklad eliminácia emisií prachu, pretože nevznikajú pláže. Tým dochádza aj k zlepšeniu vizuálnych dojmov.

Ukladanie kalu pod vodu je o niečo nákladnejšie v porovnaní s bežným ukladáním „nad hladinu vody“, pretože si vyžaduje takmer každodenné nastavovanie potrubia za účelom optimalizácie plnenia odkaliska. Konečné náklady na uzavretie sú výrazne nižšie. Pre určenie použiteľnosti tejto technológie je potrebné vziať do úvahy niekoľko kritérií. Kritické sú hydrologické pomery, ktoré vyžadujú pozitívnu vodnú bilanciu a dostatočnú kapacitu nádrže pre ukladanie pod vodu. Pre veľké bane sa vyžaduje značne veľké a hlboké jazero alebo prístup k moru, inak musia byť konštruované veľké priehrady, čo nie je vždy možné.

V bani Lökken v Nórsku sa používa nepretržité ukladanie pod vodu. Tiež baňa Lisheen používa v súčasnosti túto technológiu. Vodný pokryv alebo iné technológie zatápania sú úspešne používané ako metódy pre uzavretie a sú popísané v literatúre (napríklad Eriksson et al., 2001; Pedersen et al. 1997; Amyot and Vézina, 1997). Detailné štúdie realizovateľnosti pre vodné pokryvy boli spracované v rámci výskumného projektu MiMi (<http://mimi.kiruna.se>).

Referencie [122, ERIKSSON, 2003]:

- Amyot G., Vézina S., 1997. Flooding as a reclamation solution to an acidic tailings pond: the Solbec case. Proceedings to the Forth International Conference on Acid Rock Drainage, Vancouver, vol 2, 681 - 696.
- Eriksson N., Lindvall M. & Sandberg M., 2001. A quantitative evaluation of the effectiveness of the water cover at the Stekenjokk tailings pond in Northern Sweden: Eight years of follow-up. Proceedings to Securing the Future, International Conference on Mining and the Environment, Skellefteå, June 25 – July 1, 2001.
- Holmström H., 2000. Geochemical processes in sulphidic mine tailings: field and laboratory studies performed in northern Sweden at the Laver, Stekenjokk and Kristineberg mine-sites. Doctoral Thesis, Lulea Technical University, 2000:03 .
- Ljungberg J., 1999. The Geochemical Dynamics of mine tailings at Laver, and Stekenjokk, Northern Sweden. Doctoral Thesis, Lulea Technical University, 1999:38.
- MENDE, 1998. Design Guide for Subaqueous Disposal of Reactive Tailings in Constructed Impoundments. MENDE report 2.11.9.
- Pedersen T. F., McNee J. J., Flater D., Mueller B., Saha A. & Peletier CA, 1997. Geochemistry of submerged tailings in Buttle Lake and the Equity Silver tailings pond, British Columbia and Anderson Lake, Manitoba: What have we learned? Proceedings to the Forth International Conference on Acid Rock Drainage, Vancouver, vol.3, 998 - 1006.
- Robertson J. D., Tremblay G. A. & Fraser W. W., 1997. Subaqueous tailings disposal: A sound solution for reactive tailing. Proceedings to the Forth International Conference on Acid Rock Drainage, Vancouver, vol 3, 1029-1041.

4.3.1.2.4 Pokryv spotrebujúci kyslík

Ako pokryv, ktorý spotrebovávajú kyslík, sa využíva vrstva s nízkou priepustnosťou a s vysokým obsahom vody, ktorá má funkciu difúznej kyslíkovej bariéry. Vrstva s nízkou priepustnosťou ako aj ochranná vrstva má vysoký obsah organických látok, ktoré pri svojom rozpade spotrebúvajú kyslík, v dôsledku čoho dochádza k zníženiu možnosti transportu kyslíka do spodných vrstiev odkaliska s obsahom sulfidov. Táto metóda je funkčná len v prípadoch, ak je zabezpečený vysoký prebytok vhodných organických látok.

Príkladom lokality, kde je použitý tento typ pokryvu, sú Galberget a Garpenberg (stredné Švédsko). Elander [95, 1998] opisuje uzavretie odkaliska v Galbergete pomocou pokryvu, ktorý spotrebovávajú kyslík nasledovne:³³

Galbergsmagasinet - odkalisko vo Falun (Švédsko) je vzorovým závozom, kde bol pokryv s vysokým obsahom organických látok vytvorený z kalov z papierenskej výroby a drevného odpadu. Na povrchu odkaliska je položená vrstva popolčeka zmiešaného s kalom z výroby papiera hrúbky 1 m. Tá je zhutnená v dvoch vrstvách, potom pokrytá vrstvou drevného odpadu a hrubého štrku hrúbky 0,5 m.

Predpokladá sa, že táto vrstva tvorí efektívnu bariéru proti prenikaniu kyslíka, čiastočne vplyvom spotreby kyslíka v tomto pokryve a čiastočne vplyvom fyzikálneho bariérového efektu v zhutnenej zmesi popolčeka a kalu z výroby papiera. Pre koeficient priepustnosti zmesi bola stanovená v laboratóriu hodnota menej ako $5 \cdot 10^{-9} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Bola zameraná vodná retenčná kapacita, ktorá sa považuje za dostatočnú na udržanie vysokého stupňa nasýtenia bariéry. Ďalším možným pozitívnym vplyvom je inhibícia acidofilných baktérií v dôsledku vysokého obsahu hydroxidu vápenatého v popolčeku, ktorý zvyšuje hodnotu pH presakujúcej vody a vytvára tak vhodné podmienky pre baktérie redukujúce sírany, ktoré produkujú sulfán, ktorý umožňuje vyzrážanie kovov.

Napriek tomu však existuje aj riziko, že kombinácia organických látok a hydroxidov železa vo vrchnej oxidovanej vrstve ložiska môže spôsobiť redukcii železa mikroorganizmami, čo bude v konečnom dôsledku spôsobovať uvoľnenie prítomných ťažkých kovov. Pokračujúci monitoring potvrdil, že proces oxidácie sulfidov má klesajúcu tendenciu a že hodnota pH na tejto lokalite je vyššia ako na referenčnej lokalite. Zatiaľ nebola zistená a preukázaná významnejšia redukcia síranov mikroorganizmami.

Druhým príkladom, kde bol použitý pokryv spotrebujúci kyslík bola rekultivácia bane East Sullivan Mine v Quebecu (Kanada). Na tejto lokalite sa uskutočnil celý rad pilotných aj laboratórnych testov s tromi rôznymi organickými materiálmi (rašelina, kal stabilizovaný vápnom a kompost vyrobený z komunálneho odpadu) za účelom sledovania ich efektívnosti ako pokryvu spotrebúvajúceho kyslík (Elliot et al., 1977).

4.3.1.2.5 Vytvorenie mokradí

Vytvorenie mokradí je metódou uzavretia na princípe vodného pokryvu, avšak s menšou hĺbkou vody. Pri použití tejto metódy sa na dne stabilizuje rastlinný porast, čo zabraňuje opätovnému zakaleniu. Menšie množstvo vody v nádrži odkaliska znižuje potenciálne riziko narušenia hrádze.

³³ prevzaté zo správy MiMi, 1998: *Prevention and control of pollution from tailings and waste-rock products* (dostupné na stránke <http://www.mimi.kiruna.se>)

Požiadavky na vybudovanie mokrade sú rovnaké ako pre vodný pokryv, ale je ešte potrebný prídavok organických látok, na podporu vytvorenia mokradovej vegetácie v odkalisku.

Je potrebné podotknúť, že základným princípom vytvorenia mokradí nie je úprava (čistenie) vody, ale vytvorenie samovoľne vznikajúceho a trvalého porastu, ktorý znižuje požiadavky na hĺbku vrstvy vody, a ktorý pôsobí ako bariéra spotrebujúca kyslík, akonáhle sú organické látky uložené na usadený kal nasýtený vodou.

Niektoré uhoľné odkaliská vo Veľkej Británii boli rekultivované ako mokrade, najmä Rufford Lagoon No.8. Výsledky rekultivácie boli uverejnené v "*The prospect for reservoirs in the 21st century*" v zborníku *British Dam Society (Proceedings of the tenth conference of the BDS held at the University of Wales, Bangor on 9-12 September, 1998)*: Ed. Paul Tedd: Thomas Telford, 1998 ISBN 0 727277 2704 4 a tiež *Institution of Mining and Metallurgy (Nottinghamshire and South Midlands Branches)* a publikované v "*International Mining and Minerals*", január 2001, No. 37. ISSN 1461-4715. Aktualizácia (jún 2001) bola uverejnená na *3rd British Geotechnical Association Geoenvironmental Conference* organizovanej na univerzite v Edinburgu (Škótsko) v septembri 2001 a publikovaná v "*Geoenvironmental Engineering - Geoenvironmental impact management*": Ed. R. N. Yong and H. R. Thomas: Thomas Telford, 2001 ISBN 0 7227 3033 9.

Príklady lokalít, kde sú mokrade naplánované, alebo sa uvažovalo o ich zriadení sú Lisheen a Kristineberg [100, ERIKSSON, 2002].

4.3.1.2.6 Zvýšená hladina podzemných vôd

Metódu je možné aplikovať na odkaliskách s hladinou podzemnej vody, ktorá je blízka povrchu sedimentovaného kalu.

Metóda je nákladnejšia než vodný pokryv, ale menej nákladná ako suchý pokryv (pretože pokryv má menšiu hrúbku).

Uvedená metóda je použitá na dvoch odkaliskách v Kristinebergu, v oboch prípadoch odkaliská obsahujú silne zvetraný materiál. Keďže je materiál úplne nasýtený vodou, ďalšej oxidácii je zabránené. Toto sa dosiahne bez problémov spojených so zaplavením (tj. problém stability hrádze). Základom pre takéto opatrenie je pozorné modelovanie hladiny podzemnej vody, ktoré berie do úvahy vplyv hospodárenia s povrchovou vodou a priehrady, ktoré zvyšujú hladinu podzemnej vody [100, Eriksson, 2002].

4.3.1.2.7 Odstránenie pyritu - depyritizácia

Táto metóda je dosť podobná selektívnemu spracovaniu materiálu. Je vykonávaná ako súčasť technológie úpravy v úpravni. Pyrit môže byť oddelený flotáciou s následnou samostatnou manipuláciou. Toto je možné realizovať v prípade, ak acidifikačný potenciál v ťažobnom odpade môže byť zmenený (t.j. z odpadu s acidifikačným potenciálom na odpad bez acidifikačného potenciálu) znížením obsahu pyritu. Ťažobný odpad so zníženým obsahom pyritu bude požadovať menej rozsiahle opatrenia pri uzavretí. Flotácia je hlavnou technológiou na separáciu sulfidov. Pyrit môže byť oddelený z hľušiny s obsahom kremeňa s veľmi dobrou výťažnosťou za použitia xantátov ako peniča.

Flotácia pyritu sa používa v niektorých úpravniach na získanie koncentráту pyritu, ktorý slúži ako zdroj na výrobu kyseliny sírovej. Technológia je veľmi dobre známa. Používa sa kyslý alebo alkalický proces. Produkty s obsahom pyritu sú vysoko reaktívne, a preto sú veľmi starostlivo projektované zariadenia na ich ukladanie.

Vhodnými alternatívami na ukladanie odpadov s obsahom pyritu môžu byť ukladanie pod vodu do opustených ťažobní, banských podzemných priestorov, či odkaliska, kde hladina podzemnej vody navždy zakryje tento materiál.

Zvažované vplyvy pri interakcii médií:

- malé množstvo dodatočných nárokov na energiu a požiadavky na reagentie pre flotáciu pyritu,
- osobitné požiadavky na energiu pre samostatnú manipuláciu s ťažobným odpadom s vysokým obsahom pyritu a zbaveného pyritu.

Flotácia a oddelené nakladanie s pyritom si tiež vyžiada nezanedbateľné finančné náklady.

Možnosť použitia tejto technológie je determinovaná obsahom pyritu, ktorý musí byť nevyhnutne odstránený. Ak je jeho obsah príliš vysoký, potom je cenový vplyv negatívny. Jediné kritérium, ktoré je určujúce pre výsledný obsah pyritu v odpadovom produkte je, aby bol dostatočne nízky pre bezpečné uloženie.

Príkladom úpravne je Boliden, kde bol pyrit produkovaný za účelom predaja až do roku 1991 a Pühäsalmi, kde je pyrit produkovaný aj v súčasnosti. Nie je známa iná úpravňa, kde by sa pyrit separoval ako súčasť technológie rekultivácie.

Na ložisku medi Aitik, je technológia odstraňovania pyritu považovaná za kľúčovú technológiu pre uzavretie odkaliska. Na základe hydrogeologického modelovania sa na tomto ložisku očakáva, že iba malá časť uzavretého odkaliska bude počas suchého obdobia odvodnená.

V posledných rokoch ťažby sa plánuje odstrániť pyrit z odkaliska tak, že sa vytvorí vrchná vrstva odkaliska s nízkym obsahom pyritu. Tento prístup zahŕňa separáciu a separované nakladanie s pyritovou frakciou, ktorá vykazuje 30 až 35 % obsahu síry a jej ukladanie do oddelených oblastí v rámci odkaliska. Ukladanie pyritu je vykonávané v odkalisku s priepustnými hrádzami, ktoré sú zvyšované spolu s okolitým technickým vybavením. Oblasť s vysokým obsahom pyritu bude zaujímať 0,5 – 1 % z celkovej plochy (6 – 12 ha). Táto časť odkaliska bude nasýtená vodou, ale pri uzavretí bude tiež prekrytá suchým pokryvom.

4.3.1.2.8 Selektívne nakladanie s odpadom

Aby bolo selektívne nakladanie s odpadom účinné, musí sa vykonávať už počas prevádzky. Pri selektívnom ukladaní reaktívneho alebo nereaktívneho ťažobného odpadu je uzavretie nereaktívnej časti značne limitované, pretože môže byť nájdená alternatíva pre jej použitie.

Príklad selektívneho nakladania s odpadom, ktorý je, alebo nie je zdrojom kyslých výluhov, je diskutovaný ďalej:

Geologická stavba ložiska sulfidov vykazuje často zonáciu, kde sa pyrit vyskytuje v zónach v blízkosti rudy. Pri povrchovom dobývaní je v niektorých prípadoch možné túto hlušinu oddeľovať selektívne na základe geochemických vlastností. Podrobné geologické mapovanie a následná analýza vrtných jadier umožní získať informácie potrebné na klasifikáciu reaktívnych a nereaktívnych hornín a na ich možnú separáciu.

Prevádzkové požiadavky aj požiadavky na uzavretie závisia od čistého acidifikačného potenciálu ťažobného odpadu. Ťažobný odpad, ktorý nevykazuje acidifikačný potenciál vyžaduje menší rozsah sledovania pri uzavretí ako ťažobný odpad s potenciálom tvorby kyslých výluhov. Ak by sa nepodarilo zabezpečiť selektívne nakladanie, potom by u ťažobného odpadu mala byť zabezpečená prevencia proti vzniku kyslých výluhov. V prípade, že sa podarí selektívne ukladať frakcie s acidifikačným potenciálom, potom je v dôsledku redukovaného množstva ťažobného odpadu nakladanie s ním oveľa jednoduchšie (v porovnaní s celkovým množstvom ťažobného odpadu).

Selektívne nakladanie s ťažobným odpadom nevyžaduje pokročilú technológiu, ale iba rýchly zber informácií a operatívne nakladanie s materiálom na základe týchto výsledkov. Ťažobný odpad s nízkym obsahom síry môže vyhovovať kritériám pre stavebné materiály a kamenivo, čo umožňuje nahradiť dodávky z lomov.

Selektívne nakladanie vyžaduje zvýšené náklady pri prevádzke. Pri uzavretí sú potom náklady následne znížené. Aplikovateľnosť závisí od geologických podmienok, dobývacej metódy a geochemických vlastností ťažobného odpadu. Niektoré bane používajú selektívne nakladanie s ťažobným odpadom. Jedným z príkladov je Aitik v Boliden, kde sa selektívne nakladanie využíva vo veľkom meradle.

Ďalším príkladom selektívneho nakladania s materiálom je baňa na zlatom ložisku Ridgeway, South Carolina (USA), kde bol nereaktívny materiál vyťažený počas prevádzky bane haldovaný. Neskôr bol upravený a po skončení činnosti bane bola využitá časť materiálu na konečný pokyv odkaliska [120, SAWYER, 2002].

4.3.1.3 Možnosti kontroly

Ak sa nedá predísť zvetrávacím procesom (ako by to mohlo byť v prípade ťažby počas životnosti bane), potom musí byť migrácia kyslých výluhov riadená. Metódy, ktoré sú zamerané na minimalizáciu transportu produktov zvetrávania, zahŕňajú napríklad odklonenie neovplyvnenej povrchovej vody, zber ovplyvnenej povrchovej vody a kontrolu prúdenia podzemnej vody. Minimalizácia infiltrácie do úložiska sa často dosiahne jednoduchým pokryvom. Inými metódami kontroly sú miešanie a prídavok minerálov s pufracnou kapacitou (pozri nasledujúcu tabuľku).

Tabuľka 63. Možnosti kontroly kyslých výluhov a princípy, z ktorých vychádzajú

Metóda riadenia	Použitý princíp
Miešanie	Prídanie ťažobného odpadu s vysokou neutralizačnou kapacitou k materiálu s potenciálom na tvorbu kyslých výluhov, čo umožňuje úpravu pH do neutrálnej oblasti.
Prídavok minerálov s pufracnou kapacitou (vápnenie)	Prídavok materiálu s pufracnou kapacitou k materiálu s potenciálom na tvorbu kyslých výluhov, čo umožní úpravu hodnoty pH do neutrálnej oblasti.
Zhutnenie a cementovanie	Kombináciou zhutnenia a cementovania podložia je minimalizovaná produkcia kyslých výluhov a je zabránené nekontrolovateľným priesakom do podložia.

4.3.1.3.1 Pridanie materiálu s pufracnou schopnosťou

Pridavok materiálu s pufracnou schopnosťou (napríklad vápenec) sa bežne používa pred aplikáciou suchého pokryvu. To pomáha imobilizovať produkty zvetrávania, ktoré sú už prítomné počas uzatvárania úložiska.

Túto technológiu je možné teoreticky použiť ako metódu na uzavretie v prípade, že prídavok materiálu s dostatočnou pufracnou schopnosťou môže zabrániť alebo oddialiť pokles hodnoty pH a produkciu kyslých výluhov. Avšak na dosiahnutie dlhodobého pufracieho efektu v úložisku, ktoré má potenciál tvorby kyslých výluhov, sa vyžaduje veľké množstvo materiálu so schopnosťou pufrácie, čo by znamenalo veľké finančné náklady [100, ERIKSSON, 2002].

Z toho vyplýva, že "miešanie" je možné iba na lokalitách, kde existuje materiál s dostatočnou pufracnou schopnosťou ako súčasť ťažobného odpadu. Inak sú náklady na dopravu príliš vysoké.

4.3.1.4 Podmienky úpravy

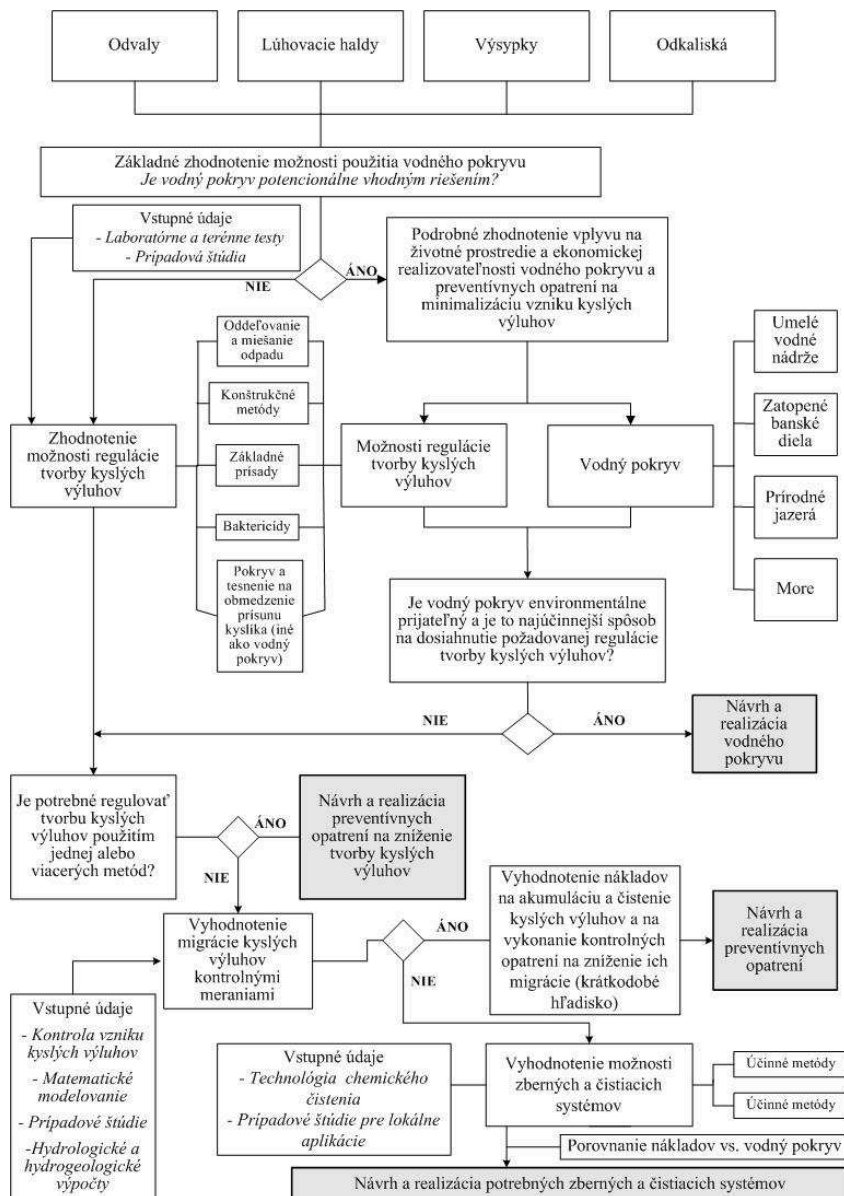
Počas prevádzky bane, alebo ak neexistuje reálna možnosť minimalizácie oxidácie pyritu, sa stáva nutnosťou zber a čistenie drenážnych vôd pred ich vypúšťaním. Čistenie býva skôr uskutočňované prostredníctvom pasívnych metód (napríklad mokrade alebo anoxická drenáž s obsahom vápenca) alebo aktívnymi metódami v čistiarni vôd (priame vápnenie alebo proces HDS a pod). Pri uzavretí môže byť potom nevyhnutné čistiť priesakové vody aj ďalej potom, čo sa úložisko prekryje, pokiaľ vplyvy z priesakových vôd nedosiahnu akceptovateľnú úroveň vo vzťahu k životnému prostrediu.

4.3.1.5 Rozhodovací proces o uzavretí úložisk s produkciou kyslých výluhov

V súčasnej dobe boli vytvorené rôzne návody a postupy na plánovanie uzavretia bane (napríklad MIRO, 1999 "A technical framework for mine closure planning" Mineral Industry Research Organisation, Technical Review Series No. 20). Obrázok 53 prezentuje jeden príklad rozhodovacieho stromu z literatúry pre návrh uzavretia odkaliska a odvalu s potenciálom tvorby kyslých výluhov.

V závislosti od mineralogického zloženia, fyzikálnych, chemických a biologických charakteristík môže oxidácia sulfidov prebiehať aj vo veľmi vzdialenom časovom horizonte. Toto je potrebné vziať do úvahy pri návrhu uzavretia úložiska s potenciálom tvorby kyslých výluhov.

Obrázok 53. Rozhodovací diagram pre uzavretie odkalísk a odvalov s potenciálom tvorby kyslíkových výluhov [20, ERIKSSON, 2002]



4.3.1.6 Manažment kyslých výluhov pri ťažbe mastenca

Problém vzniku kyslých výluhov zvyčajne nie je významný pre nerudné nerastné suroviny s výnimkou fínskych ložísk mastenca. V tomto špecifickom prípade je frakcia, ktorá môže vytvárať kyslé výluhy viazaná na bitúmenové bridlice v hlušine. Bežná hlušina s obsahom karbonátov nie je zdrojom kyslých výluhov.

Na prevenciu zníženia potenciálu pre kyslé výluhy (ARD) sa v tomto prípade použili nasledovné postupy:

Selektívne nakladanie s ťažobným odpadom s potenciálom tvorby kyslých výluhov a bez takéhoto potenciálu

Hlušina je tvorená prevažne karbonátmi s nízkokvalitným mastencom a magnezitom alebo bitúmenovou bridlicou. Bitúmenová bridlica („black schist“) obsahuje minerály, ktoré sú schopné produkovať kyslé výluhy (sulfidy). Pri konštrukcii úložiska sú horniny schopné produkcie kyslých výluhov obklopené karbonátovými horninami, ktoré sú schopné neutralizovať kyslé výluhy vzniknuté z bitúmenovej bridlice. Úložiská musia byť veľmi obozretne plánované jednak s dlhodobým aspektom nakladania s odpadom s možnosťou tvorby kyslých výluhov a ďalej so zreteľom na čo najnižšie ekonomické náklady.

Zníženie infiltrácie

Počas konštrukcie úložiska bol zmenšený sklon svahu hrádze a tento bol pokrytý miestnym morénovým materiálom. Tieto úpravy znižujú eróziu a podporujú rast vegetácie. Použitie morénového materiálu na pokryv s dobre naplánovanými zrážkovými odtokovými pomermi a vegetáciou zabraňuje prestupu až 75 % dažďovej vody alebo vody z topiaceho sa snehu cez úložisko. Priesaky obsahujúce ťažké kovy, ktoré prechádzajú cez úložisko, sa zberajú a v prípade, že majú kyslý charakter sú upravované vápnom.

Zníženie možnosti produkcie kyslých výluhov v odkalisku

Počas prevádzky odkaliska je jeho podstatná časť zaplavená vodou tak, že nie sú vytvorené podmienky na oxidáciu minerálov produkujúcich kyslé výluhy, a preto môže vznikáť len minimálne množstvo kyslých výluhov. Hlušinu tvorí prevažne magnezit (Mg karbonát), ktorý má pufracnú schopnosť a vytvára v rámci odkaliska prostredie, ktoré nedáva možnosť vzniku kyslých výluhov. Avšak v niektorých závodoch sa pod vrstvami magnezitu nachádzajú vrstvy starého ťažobného odpadu s obsahom Cu-sulfidov. Stabilizácia vrstiev obsahujúcich sulfidy po uzavretí prevádzky sa vykonáva pokrytím odkaliska suchým pokryvom z miestneho morénového materiálu. Aby hladina vody bola udržaná dostatočne vysoko pre zabránenie oxidácie staršieho ťažobného odpadu s obsahom sulfidov, je dažďová voda a voda z topiaceho sa snehu sústreďovaná v starom odkalisku. Výluhy vody z odkaliska sa odvádzajú mimo oblasť odkaliska a upravujú sa vápnením alebo mokradňovou čističkou.

Použitie mokradí na úpravu priesakovej vody z odkaliska alebo odvalov

Pri využití mokradí je priesaková voda odvádzaná do zamokrenej plochy (mokrade) vytvorenej na mieste starého odkaliska alebo do oblasti močiaru. Použitím konštrukčného materiálu s neutralizačnou kapacitou (karbonátové horniny) a prírodnej špecifickej vegetácie dochádza k vyzrážaniu kovov z priesakovej vody a vyčistená voda je odvádzaná do lokálnych recipientov (rieky / jazerá).

4.3.2 Techniky na zníženie spotreby činidiel

Je snahou redukovať množstvo pridávaných činidiel. To prináša zisk z ekonomického a prospech z environmentálneho hľadiska. Vo väčšine prípadov je vo vsádzke vyťaženej rudy sledované chemické zloženie, čo umožňuje automaticky regulovať optimálnu dávku pridávaných činidiel.

Zvyčajne, ak je to technicky a ekonomicky možné, sa odporúča použitie biodegradovateľných chemických látok. Činidlá nemôžu byť väčšinou recyklované, pretože sú silne viazané na povrchu častíc [131, IMA, 2003].

4.3.2.1 Počítačové riadenie procesu

Kľúčovým faktorom pre optimalizáciu výťažnosti v technológii úpravy je počítačom riadený proces (rovnako ako spotreba činidiel). Redukcia spotreby reagensov (činidiel) dosiahla po zavedení počítačovo riadeného procesu až 30 %. Pri použití tejto metódy, sú všetky dôležité informácie o priebehu procesu zaznamenávané a sú k dispozícii v počítačovom systéme na obrazovkách v riadiacej stanici alebo na inom strategickom mieste. Môže byť využívaný buď plne automatizovaný počítačový systém, kde je dávkovanie činidiel riadené automaticky, alebo čiastočne riadený proces, kde obsluha vykoná zmeny v dávkovaní na základe informácií zobrazených na monitore.

Výhody:

- vysoká úroveň riadenia procesu, ktorý umožňuje optimálne použitie reagensov,
- proces je možné jednoducho upraviť.

Nevýhody:

- vysoké náklady na inštaláciu,
- vysoké požiadavky na úroveň zvládnutia výpočtovej techniky prevádzkovateľom [131, IMA, 2003].

Úspešnosť flotácie závisí od správneho použitia vybraného súboru chemikálií. Akékoľvek zníženie spotreby vybraného činidla môže priaznivo ovplyvniť finančný výsledok produkcie. Udržať dávkovanie reagensov na minime je tiež často potrebné z hľadiska hospodárskeho i environmentálneho. Pre tieto účely musí byť pravidelne monitorovaná kovnosť rudy, čo umožňuje optimalizovať dávku činidla. Novými technológiami v tejto oblasti je zavádzanie kamier, ktoré monitorujú *on-line* penu vo flotačnej cele. To vedie spolu s expertným systémom k optimalizácii podmienok procesu, a preto aj k vyššej výťažnosti a výhodnejšiemu použitiu reagensov [69, NGUYEN, 2002].

4.3.2.2 Prevádzkové stratégie minimalizácie prídavku kyanidov

Pre minimalizáciu dávkovania kyanidu sú prijaté nasledujúce prevádzkové stratégie:

- možnosť zníženia spotreby kyanidov prídavkom iných komponentov ako sú napríklad Cu-minerály, pyrotín a pod.,
- pokúsiť sa o zachytenie kyanidov v okruhu, predtým ako sú kaly vypúšťané do odkaliska. To môže byť dosiahnuté prepláchnutím kalu tam, kde je to účinné,

- zavedenie prísnej kontroly prídavku vody do okruhu, zníženie potreby vypúšťania vody v súlade s potrebami vodného hospodárstva. V arídnych klimatických oblastiach je možné prevádzkovať zariadenie bez vypúšťania vody,
- zníženie prídavku kyanidu na minimum pomocou sledovania koncentrácie kyanidov v technologickom procese a v odkalisku; na niektorých lokalitách je inštalovaný *on-line* analyzátor (napríklad automatizovaná kontrola kyanidov, pozri nižšie). Tento analyzátor môže byť doplnený o prístroje na automatické dávkovanie,
- zvýšenie aerácie v suspenzii alebo prídanie iného oxidačného činidla za účelom dosiahnutia maximálneho stupňa rozpustenia,
- aplikácia pre-aerácie (použitie peroxidu vodíka, pozri nižšie) na suspenziu rudy skôr, ako kyanidy začnú oxidovať iné prítomné fázy, ktoré budú kyanid spotrebúvať; následné zahustenie a odstránenie týchto fáz z procesu [24, BRITISH COLUMBIA CN GUIDE, 1992],
- ak je to možné, použitie gravitačnej separácie a následného lúhovania koncentráty. Gravitačná separácia nemôže byť použitá na zrnitosnú triedu menšiu ako 30 μm .

4.3.2.2.1 Automatická kontrola koncentrácie kyanidov

Až do súčasnosti, po dobu niekoľkých dekád, bolo bežnou praxou manuálne dávkovanie kyanidov, ktoré bolo regulované ventilmi, čo spôsobovalo časté predávkovanie a to viedlo k stratám kyanidov. Charakteristické straty kyanidov sa pohybovali okolo 10 %, ale mohli dosiahnuť až 30 %. Manuálna metóda mala ďalšie nevýhody, keďže vzorka bola odobieraná po niekoľkých hodinách, čo znamená, že pomerne dlhú dobu nemohol byť proces adekvátne nastavený. Odobratá vzorka bola ručne filtrovaná a potom sa titrovala dusičnanom strieborným až do dosiahnutia bodu ekvivalencie, ktorý bol opticky indikovaný. Touto subjektívnou metódou mohli byť ovplyvnené výsledky stanovenia.

So zavedením automatickej kyanidovej detoxikačnej technológie je možný odber vzoriek približne každých 5 až 15 minút. Taktiež tu existuje možnosť automaticky a rýchlo upraviť koncentráciu kyanidov podľa výsledkov stanovenia. V tomto prípade je možné ušetriť 10 – 20 % kyanidov v porovnaní s manuálnou obsluhou pri dosiahnutí rovnakej výťažnosti zlata v koncentráte.

Malé banské spoločnosti, ktoré ťažia zlato, stále používajú manuálne dávkovanie s tým, že pre ekonomickú prevádzku je potrebné udržať spotrebu kyanidu okolo 500 t NaCN za rok. Avšak vo väčšine prípadov je pre prevádzkovateľa ekonomické použitie tejto technológie aj nad touto dávkou.

Použitie tejto technológie prináša zisk:

- úsporou kyanidov,
- znížením nákladov na rozklad kyanidov.

Rio Narcea (prevádzka El Valle) používa automatickú kontrolu koncentrácie kyanidov. Investičné náklady sa pre takýto automatizovaný systém pohybujú okolo 100 000 Eur v závislosti od veľkosti prevádzky.

4.3.2.2.2 Predúprava peroxidom

Metóda nie je univerzálne používaná. U väčšiny rúd (často, ale nie vždy u sulfidických rúd) má rmut veľmi silné redukčné vlastnosti, takže štandardná aerácia alebo okysličovanie nedodáva dostatočné množstvo kyslíka, alebo nie sú zabezpečené oxidačné podmienky pre oxidáciu zlata, čo je riešené kyanidizáciou.

V prípade, že na lúhovanie zlata nemôžu byť požití kyanidy, alebo proces prebieha extrémne pomaly, používa sa peroxid vodíka. Ak je pri aerácii použitý peroxid vodíka (H_2O_2) namiesto vzduchu alebo kyslíka, zvyšuje sa výťažnosť zlata. Pozitívnym vedľajším vplyvom je zníženie spotreby kyanidov, keďže ich spotreba sulfidmi klesá.

Táto technológia je všeobecne použiteľná na rudy s obsahom sulfidov. Predtým však musí byť vykonané detailné mineralogické štúdium na zistenie vhodnosti rudy pre aplikáciu tejto technológie. Spotreba peroxidu vodíka sa často pohybuje okolo 1 kg H_2O_2 na tonu upravovanej rudy. Cena peroxidu vodíka sa pohybuje okolo 600 Eur.t⁻¹ (70 % H_2O_2).

Investičné náklady na zariadenie sú okolo 100 000 Eur. Táto suma sa ale mení v závislosti od vstupu, spotreby peroxidu a od mineralogického zloženia rudy.

4.3.2.3 Predriedenie

Predriedenie vstupu do úpravne sa vykonáva manuálne (vizuálna kontrola) alebo opticky. Takto je možné vytriediť niektoré frakcie, ktorá nie sú vhodné pre ďalšiu úpravu. V priemysle spracovania nerastných surovín je uvedená prax veľmi rozšírená. Postup nemá navyše žiadny vplyv na životné prostredie a nemusí byť ani finančne náročný. Oddelená frakcia sa často používa na účely stavby odkaliska alebo ako stavebný materiál. Výber medzi manuálnou alebo optickou metódou závisí na charaktere rudy.

4.3.3 Zabránenie vzniku vodnej erózie

Počas prevádzkovej fázy sa vodnej erózií na odkalisku alebo na odvale dá predísť použitím nasledujúcej techniky:

- prekrytie povrchu svahov úložísk ochrannou vrstvou ako je štrk, pôda a následným zatrávnením, alebo geotextíliou a následným zatrávnením (prípadne iné formy umelého prekryvu),
- impregnácia povrchovej vrstvy odkaliska chemickými látkami, ktoré sú vodoodpudivé alebo sú schopné viazať vodu (zložky s obsahom kremeňa, cement, bitúmen alebo bentonit),
- využitie chemických vlastností materiálu odkaliska, hlavne tých, ktoré obsahujú sulfidy, pretože môžu byť využité pre spájanie častíc.

4.3.4 Opatrenia proti prašnosti

Nasledujúca tabuľka uvádza zoznam príčin, kvôli ktorým môžu byť tuhé častice odnášané z úložísk a následné preventívne opatrenia.

Tabuľka 64. Disperzia prachových častíc veternou eróziou z odkaliska alebo odvalov a jej preventívne opatrenia

Tuhé častice sú dispergované:	Prevenčia:
Veternou eróziou na povrchu úložiska: <ul style="list-style-type: none"> ▪ hrebeňa hrádze / odvalu, ▪ svahov hrádze / odvalu, ▪ plochy pláže. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ hrebeň hrádze a svahy môžu byť upravené rovnako ako proti pôsobeniu vodnej erózie, ▪ na povrchu musia byť vytvorené vetrolamy, musí byť zabezpečené rozstrekovanie vody, môže byť aplikovaný materiál, ktorý je schopný spájať častice, napríklad postrek bitúmenovej emulzie [8, ICOLD, 1996], mulčovanie povrchu [11, EPA, 1995], vápenná suspenzia, ▪ v extrémnych prípadoch môže byť odkalisko zakryté hladinou vody, ▪ vegetačný kryt, ▪ časté zmeny miest vypúšťania, čo umožní zabezpečenie povrchu s konštantnou vlhkosťou [11, EPA, 1995].

4.3.4.1 Pláže

Pre minimalizáciu prášenia z pláží, je ich povrch mokrý. Ak hrozia prašné podmienky, potom **sa rozprašuje voda** až do vzniku vrstvy červeného kalu. Tento spôsob je finančne efektívnejší ako rozprestretie vrstvy rastlinnej hmoty (seno) na povrchu červených kalov.

V lokalite Augustinish sú inštalované kropiace zariadenia na odkalisku, ktoré sú zvyčované súčasne s hladinou odkaliska. Takýto systém môže byť aplikovaný len na odkalisku, ktoré je prístupné pre dopravu, to znamená odkalisko so zhutnených ťažobným odpadom.

Kropenie pláže v kombinácii s kontinuálnym riadením výtoku z odkaliska na pláž je uspokojivé riešenie. Kropenie je často aplikované pri procese zahusťovania odkaliska.

Výhody:

- môže byť využitá voda z odkaliska,
- prevádzka nie je finančne náročná.

Nevýhody:

- problémy v oblastiach s chladným podnebí,
- namáhavá práca.

Ďalšou metódou, ako predchádzať prašnosti je prekrytie pláže bezprašným materiálom, ako je napríklad ornica, materiálom s obsahom lignínu, slamou alebo bitúmenom. Táto metóda je prakticky využiteľná iba v prípade, keď sú pláže vyzdvihované v určitom časovom intervale a nie kontinuálne. Pláže musia byť dostatočne stabilné pre prístup mechanizmov, ktoré vykonávajú rozmiestnenie materiálu. Inou alternatívou je použitie finančne náročnejšieho postupu – rozmiestnenia materiálu helikoptérou. Použitie vegetačného porastu ako napríklad kôry zo stromov alebo sena, môže byť veľmi účinné, ale môže zastaviť dozrievanie odkaliska. Aplikácia tejto technológie na veľmi mäkkých alebo zrejúcich odkaliskách je finančne náročná, a to jednak jej príprava ale aj prevádzka.

Výhody:

- ak je materiál rozmiestnený na mieste, potom je problém s prašnosťou dlhodobou vyriešený.

Nevýhody:

- pláže nemôžu byť zvyšované kontinuálne,
- bezprašný materiál musí byť odstránený pred navýšením hrádze,
- pláže musia byť dostatočne stabilné pre prístup mechanizmov, ktoré rozmiestňujú materiál [118, ZINKGRUVAN, 2003].

V odkalisku z medenorodného ložiska **Legnica-Glogow** je hladina vody vo vnútri odkaliska držaná vo vzdialenosti najmenej 200 m od koruny hrádze hrany. Plocha pláže je významným zdrojom prašných emisií, najmä vo veterných dňoch. Na zníženie prašnosti sa používa vodná "clona", ktorá je inštalovaná v korune hrádze. Následne je z helikoptéry rozprašovaná **asfaltová emulzia**, ktorá slúži na stabilizovanie oblastí, ktoré sú dočasne suché. Bežne sa testuje použitie vodnej clony, ktorá je inštalovaná vo vnútri odkaliska na pláži vo vzdialenosti 150 m. Táto je uvádzaná do prevádzky v období sucha (po odstránení asfaltového porastu) a je používaná na konštrukciu hrádze.

V **Pyhäsalmi** je rozstrekovaná **vápenná suspenzia**, ktorá sa používa na prevenciu veternej erózie jemných častíc z odkaliska. Rozstrekovanie sa vykonáva zariadením, ktoré bolo pôvodne vyrobené pre poľnohospodárske účely. Je tvorené z tanku, ktorý je pripojený k traktoru, pumpy a hadice. Zariadenie má schopnosť disperzie vápenej suspenzie pre vybranú oblasť vo viac alebo menej rovnomernej vrstve. V suchu vytvorí vápno veľmi tvrdú povrchovú vrstvu, ktorá vydrží počas suchého letného obdobia. Na základe vizuálnej kontroly je zrejmé, že táto technológia výrazne zníži vplyv prášenia. Avšak, nie sú k dispozícii reálne údaje, ktoré by preukázali dosiahnutý zisk.

Je potrebné zdôrazniť, že v Pyhäsalmi je používaný rozstrek vápenej suspenzie iba na účely mechanickej a fyzikálnej prevencie prašnosti a nie z chemického hľadiska (napríklad na neutralizáciu kyslých výluhov). S lepším vybavením môže byť dosiahnutý homogénnejší a účinnejší výsledok. Náklady na túto techniku sa pohybujú okolo 1 500 Eur.ha⁻¹. Je to relatívne vysoká suma, ak uvažujeme o rozlohe 5 – 6 ha a o tom, že kropenie sa musí vykonávať každoročne (v letnom období).

Ďalšou organizačnou možnosťou je zníženie alebo prevencia prašnosti využitím častého striedania výpustí okolo obvodu za účelom dosiahnutia trvalo vlhkého povrchu [11, EPA, 1995], alebo zakrytie odkaliska vrstvou vody.

4.3.4.2 Svahy

Jednou z ciest, ako zabezpečiť prevenciu vzniku prašných emisií pochádzajúcich zo svahu hrádze, je prekrytie svahu hrubo podrvanou hlušinou.

Výhody:

- metóda nie je finančne náročná v prípade, že pri prevádzke vzniká prebytok hlušiny,
- pri pridaní väčšieho množstva hlušiny sa zvyšuje stabilita hrádze.

Nevýhody:

- dodatočné náklady na drvenie a transport na miesto [118, ZINKGRUVAN, 2003].

4.3.4.3 Doprava

Ťažobné odpady sú zvyčajne prepravované potrubím (iba kaly z úpravy), dopravníkmi alebo nákladnými autami. Prachové emisie sa nevyskytujú jedine u hydraulického dopravy kalu.

4.3.4.3.1 Pásový dopravník

Nasledujúca tabuľka uvádza niekoľko prístupov redukcie prašných emisií z úpravy potaše (uhlíčitán draselný), kde je hlušina transportovaná na dopravných pásoch a uskladňovaná na haldách.

Tabuľka 65. Prístupy na zníženie prašnosti z dopravy

Prístup		Metóda zníženia nepriaznivých vplyvov
Primárny prístup		<ul style="list-style-type: none"> ▪ výber zariadenia na úpravu, kde vzniká čo najmenší podiel jemnozrnných častíc, ▪ kropenie odpadov z úpravy.
Sekundárny prístup	Organizačné	<ul style="list-style-type: none"> ▪ kontinuálna úprava, ▪ zníženie transportnej vzdialenosti, ▪ údržba možných zdrojov hlučnosti, ▪ logistika pri ukladaní.
	Technické	<ul style="list-style-type: none"> ▪ použitie ochrany proti vetru (napríklad zakapotovanie dopravníka), ▪ zníženie výšky vypúšťania na minimum, ▪ priečne / reverzné dopravné pásy, ▪ zvlhčovanie sedimentovaného kalu na odkalisku.
Terciárny prístup		<ul style="list-style-type: none"> ▪ neukladá sa v prípade veľkej rýchlosti vetra.

V prípade prevádzky ťažby potašu v Nemecku sú suché častice z elektrostatickej separácie vo vnútri zvlhčované. Hlušina s vlhkosťou 5 – 6 % je prepravovaná dopravnými pásmi a následne ukladaná. To vedie k zníženiu prašných emisií v dôsledku rekryštalizácie povrchovej vrstvy. Iba pri ukladaní odpadu z úpravy na povrch odvalov sa zvyšuje znečistenie atmosféry slaným prachom, obzvlášť keď pri sypaní z dopravného pásu na odvaly prevláda silne veterné počasie.

Aby sa tomuto stavu mohlo predchádzať, je využívané automatické ukládanie, kedy je prevádzka zastavená, ak rýchlosť vetra prekročí vopred určený limit.

Počas posledných rokov bola nameraná maximálna prašnosť monitorovaná niekoľkými imisijnými stanicami (systém monitorovania prašnosti a riadenie systému) okolo odvalov menšia ako $60 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{deň}^{-1}$.

Dopravné stanice sú zvyčajne uzavreté v dobe, keď je vzduch čistený filtermi [131, IMA, 2003].

4.3.4.3.2 Nákladná doprava

Často sa používajú rôzne metódy na potlačenie prašnosti, ktoré zahŕňajú:

- kropenie lopatového / kolesového rýpadla pri nakladaní,
- kropenie nákladu,
- kropenie dopravných komunikácií,
- priame kropenie nákladných vozidiel vodou alebo kropiace zariadenia pozdĺž komunikácií [131, IMA, 2003],
- stanovenie limitu dopravnej rýchlosti na 30 km.h⁻¹ [142, Borges, 2003].

V prípade, že je dopravovaný koncentrát, potom nákladné vozidlá prechádzajú cez umývaciu rampu, kde sú umývané pneumatiky a v niektorých extrémnych prípadoch sú pred tým, ako opustia lokalitu umývané celé vozidlá.

V lokalite Rio Narcea bolo pozdĺž obvodu úložiska El Valle nainštalovaných množstvo vzorkovačov prachu na monitorong, kde sú údaje spracovávané a analyzované každý mesiac. Tento monitorovací systém pracuje paralelne s už existujúcim systémom na monitorovanie prachu, ktorý je vykonávaný podľa požiadaviek programu bezpečnosti práce (*Occupational Health & Safety*).

4.3.5 Techniky na zníženie emisií hluku

Medzi najbežnejšie zdroje emisií hluku patrí doprava, ukladanie a rozprestretie ťažobného odpadu, t. j. prípady, kedy sa používajú nákladné automobily a dopravné pásy.

V oblasti Zinkgruvan bolo približne 0,5 miliónov t odpadu presunutého do blízkosti starého povrchového lomu. Z týchto bola vytvorená protihluková bariéra okolo východnej časti priemyselnej oblasti.

V uhoľných baniach Porúria a Sárska sú rampy a lomové etáže presúvané čo najďalej do oblasti vonkajšej výsypky. Tu sú chránené hrádzovým telesom, aby boli minimalizované prašné a hlukové emisie z dopravy, nakladania a distribúcie [79, DSK, 2002].

V niektorých prípadoch je najprv vytvorený vonkajší svah, aby sa zabránilo prenikaniu hluku a prachu do okolia, a aby sa zabránilo pohľadu na pohyby techniky. Pri použití tejto techniky je najskôr potrebné upraviť vonkajšiu stranu odvalu, aby bolo možné rýchle ozelenenie, ktoré môže neskôr slúžiť ako protihluková bariéra. Podľa tvrdení miestnych obyvateľov je najviac obťažujúcim hlukom spätočná signalizácia u sklápačiek [131, IMA, 2003].

V bani na potaš v Nemecku sa úprava a nakladanie s hlušinou vykonáva nepretržite. Transport na hlušínové haldy je vykonávaný dopravnými pásmi. Táto metóda je menej hlučná ako transport nákladnými vozidlami. Použitie plynulého pracovného systému nie je vždy možné alebo praktické. Pri nakladaní s hlušinou, obzvlášť v prípade veľkých podnikov, kedy sa lokalizácia jednotlivých výkopov veľmi výrazne mení, je doprava nákladnými vozidlami jediným praktickým riešením.

V tomto prípade je potrebné vhodné riadenie nákladnej dopravy tak, aby všetky vozidlá boli udržiavané v čo najlepšom stave. Dopravné pásy bývajú obvykle zakapotované [19, K + S, 2002].

4.3.6 Postupná rekultivácia / ozelenenie

Postupná rekultivácia počas prevádzky má nasledujúce výhody:

- náklady sú rozdelené na dlhší časový úsek a môžu byť pokryté zo zisku podniku,
- práce na uzavretí úložiska môžu byť integrované do dennej prevádzky bane,
- výsledkom bude skrátenie času uzavretia,
- úspešne použitá technika môže byť zahrnutá do konečného plánu uzavretia,
- sú minimalizované nepriaznivé environmentálne vplyvy.

Postupná obnova nemôže byť vykonaná, ak celá oblasť slúži ako jedna prevádzková jednotka. Napríklad to môže nastať v prípade, ak sa na lokalite vyžaduje vykonanie zrenia a spevnenie sedimentovaného kalu, najmä ak je použitá metóda navyšovania hrádze proti vode. Postupným ozelenovaním odvalov sú redukované procesy erózie. Napríklad na fínskych ložiskách masťenca je hľušina z ťažby a odkaliska postupne prekrytá lokálnymi morénovými horninami a miesto je následne ozelenené [131, IMA, 2003].

V prípade, že je hľušina ukladaná na haldu, musí byť táto budovaná horizontálnymi vrstvami. To umožňuje prevádzkovateľovi vykonať úpravu konečného sklonu bezprostredne a hneď za účelom prevencie prašnosti. Rekultivácia je realizovaná spôsobom zodpovedajúcim budúcemu využitiu územia, existujúcej prirodzenej vegetácii v okolí a podľa potrieb miestnych obyvateľov. Cieľom je rýchla rekultivácia s prvotným osevom (tráva, kríky, stromy), ktorý bude vytvárať ochranu proti prašnosti. Taktiež bude vytvárať vhodné biotopy pre rôznorodú faunu a flóru pri primeraných nákladoch prevádzkovateľa [131, IMA, 2003].

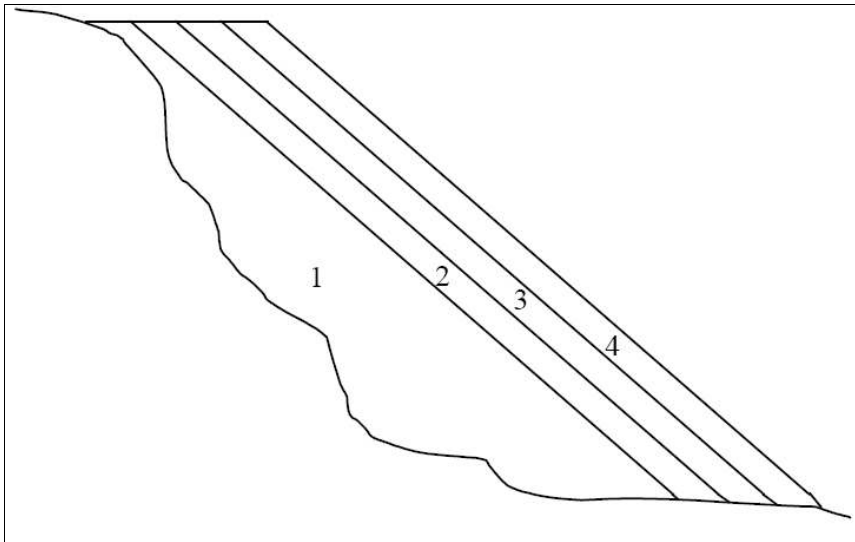
Priebežné ozelenovanie vykonávané počas prevádzky môže byť podporované rôznymi opatreniami:

- voľne rozprestretá hľušina z úpravy hrúbky 2 m vo vonkajšej oblasti za účelom vytvorenia dobrých podmienok pre tvorbu koreňového substrátu,
- zmiešanie s materiálom ako je popolček z elektrárne, vápno alebo dolomit. V tomto prípade sa zvyšuje pufrčná kapacita, schopnosť akumulácie vody a nutričná kapacita,
- použitie 5 – 10 cm vrstvy ornice. Na oživenie podmienok rastu rýchlejšej a stálej vegetácie je uprednostňované použitie hrubej (okolo 1,8 m, ak to vyžadujú vlastnosti ťažobného odpadu) alebo tenkej (5 – 10 cm) vrstvy. Vo väčšine prípadov je pôda dostupná v dostatočnom množstve. Pôda pomáha formácii rastlín v koreňovej zóne a kry sú sadené priamo do kalu. Výhodou je, že mladé rastliny sa môžu adaptovať na podmienky odvalového materiálu, čo vedie k prirodzenej tvorbe koreňov, ktorá môže zabezpečiť dostatočnú vlhkosť pre rastliny v suchom období,
- použitie minerálnych hnojív ako kompenzácia nedostatku živín. Organické hnojivá obsahujú živiny viazané v organických látkach, ktoré môžu byť uvoľnené činnosťou mikróbov. Dodatočne tiež zlepšujú štruktúru pôdy, aktivizujú pôdne mikroorganizmy a zvyšujú vodnú retenčnú kapacitu,
- aplikácia povrchového mulčovania zvyšuje ochranu proti nepriaznivým klimatickým podmienkam, umožňuje obohatenie humusom a zvyšuje retenčnú kapacitu vody, hlavne pre ranné rastové štádiá vegetácie. Mulčovacím materiálom môže byť slama, seno, ale aj drevná štiepka,
- v extrémne suchom období je možné iba nočné zavlažovanie [79, DSK, 2002],

- za účelom podpory ozeleňovania je pridávaný čiastočne upravený materiál, ako sú kaly z čističiek komunálnych odpadových vôd (ČOV), kôra, organické odpady a/alebo popoly s dostatočnou pufracnou kapacitou obohatené o minerály. Tieto materiály boli úspešne testované na niekoľkých lokalitách, napríklad v Garpenbergu a vo Falune. Zásadou je, že odpad, kaly z ČOV a biomasa, sa používajú vždy po vhodnej úprave, ktorá zabezpečí minimalizovanie patogénov. Na použitie týchto odpadov musí byť zabezpečené splnenie komunálnych alebo národných nariadení. Ak sa používa kal z ČOV, je venovaná pozornosť záťaži kalu s obsahom ťažkých kovov.

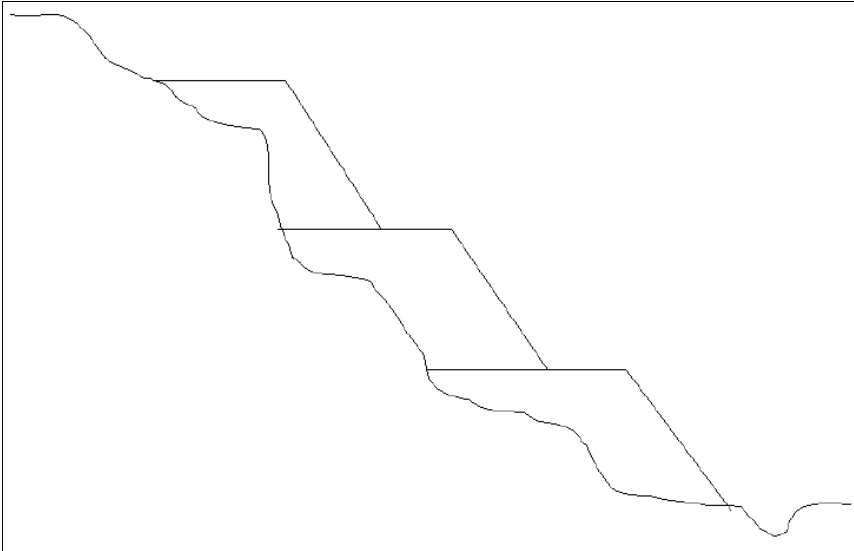
V niektorých horských oblastiach sú haldy konštruované ukladaním zo svahu (pozri obrázok 54), kde je využívaný prirodzený uhol ukladania. V takom prípade nemôže začať rekultivácia pred ukončením prevádzky odvalu.

Obrázok 54. Príklad odvalu na svahu [131, IMA, 2003]



Obrázok 54 ukazuje plynulé ukládanie (vrstva 1, prekrytie vrstvou 2, vrstva 2 je prekrytá vrstvou 3, atď.), kedy svahy nemôžu byť rekultivované počas prevádzky. Pretvarovanie svahov odvalov bude nákladné a za účelom zabezpečenia stability, ozelenenia atď. sa základňa odvalov výrazne zväčší. Inou možnosťou je vytvorenie odvalu v dostatočne širokých laviciach, aby bolo možné vykonávať tvarovanie svahu každej lavice osobitne. Týmto spôsobom je materiál uložený čo najbližšie ku konečnému uloženiu (pozri obrázok 55).

Ako prevencia poškodenia odkalísk a odvalov musia byť rekultivácie a ozelenenia vykonávané v súlade so stabilitou odvalov, preto sú navrhované a kontrolované expertmi. Vegetácia môže byť príčinou problémov stability (napríklad korene môžu porušiť konštrukciu hrádze). V každej dobe je potrebné uvažovať aj o monitoringu (napríklad geodetické zameriavanie pri ozeleňovaní).

Obrázok 55. Príklad alternatívneho návrhu odvalu na svahu

4.3.7 Vodná bilancia

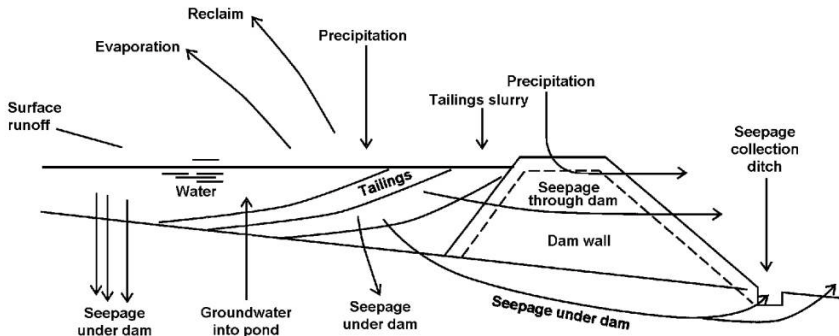
Vypracovanie detailnej vodnej (hydrologickej) bilancie je dôležité pre návrh každého odkaliska, banskej oblasti a pre scenár po ukončení banskej činnosti.

Vodnú bilanciu bude určovať napríklad:

- odtoková kapacita odkaliska,
- požadovaná výška prevýšenia hrádze (ak voda z odkaliska nemôže byť priamo vypúšťaná do recipientu),
- požadovaná kapacita úpravne vody,
- dostatok vody vhodnej kvality pre banskú prevádzku,
- spôsob nakladania s prebytkom vody,
- množstvo unikajúce z manipulačného systému (presiakky z odvalov a odkalísk do povrchových a podzemných vôd).

Pri uzavretí musí byť vyhodnotená vodná bilancia na realizáciu plánu uzavretia a pre hodnotenie hmotnostného toku prvkov z odkaliska. Niektoré zložky vodnej bilancie odkaliska sú uvedené na obrázku 56. Ďalej sa stanovuje kapacita nasýtenia konštrukčného materiálu hrádze.

Nasledujúci obrázok znázorňuje priečny rez hrádze odkaliska a znázorňuje vodný cyklus v tomto type odkaliska.

Obrázok 56. Vodný cyklus odkaliska (pozmenené podľa [11, EPA, 1995])**Vysvetlivky:**

Surface runoff – povrchový odtok, *Water* – voda, *Evaporation* – výpar, *Reclaim* – rekultivácia, *Precipitation* – zrážky, *Tailings slurry* – ťažobné odpady (kaly), *Seepage collection ditch* – priekopa na zber priesakov, *Seepage through dam* – priesak cez hrádzu, *Dam wall* – stena hrádze, *Seepage under dam* – priesak pod hrádzou, *Groundwater into pond* – podzemná voda prichádzajúca do odkaliska.

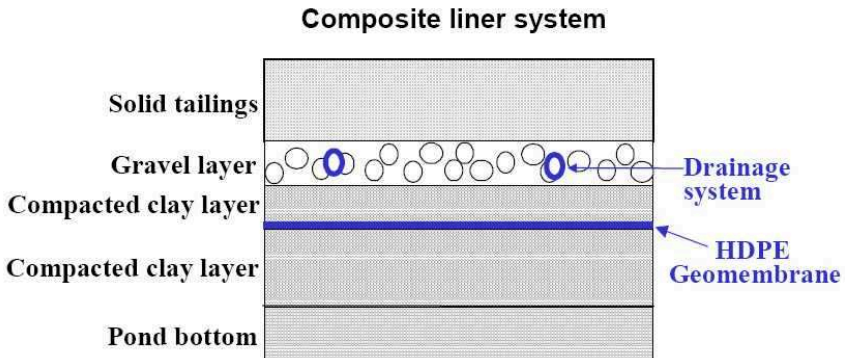
Vo švédskych železovorudných ložiskách bol vykonaný výpočet vodnej bilancie pre odkaliská. Tento zahŕňa:

- zrážky,
- povrchový odtok,
- odtok vody z úpravne,
- recyklovanú vodu z úpravne,
- výpar,
- vypúšťanie do riečného systému,
- priesaky cez hrádzu a pod hrádzou.

Z vodnej bilancie môže byť odhadom vypočítané prúdenie z odkaliska / z priehrady do podzemnej vody. No je tu určitý stupeň neistoty, ktorý je spojený s niekoľkými parametrami, ktoré nie sú merateľné, a preto musia byť odhadnuté.

4.3.8 Odvodňovací systém odkalísk

Na lokalite Ovacik, bol nepriepustný základ odkaliska a hrádze vytvorený pomocou kombinovaného tesniaceho systému – t. j. vrstva 50 cm zhutnených ílov, ktorá je prekrytá geomembránou (fóliou) s hrúbkou 1,5 mm HDPE (*High Density Polyethylene*), ďalej 20 cm vrstvou zhutnených ílov a 20 cm drenážnou vrstvou štrku. Do drenážnej vrstvy sú položené drenážne rúrky, ktoré odvádzajú vodu do usadzovacej nádrže. Obrázok 57 ukazuje zloženie kombinovaného tesniaceho systému (kompozitu).

Obrázok 57. Tesnenie na lokalite Ovacik [56,AU GROUP, 2002]

Vysvetlivky:

Composite liner system – kompozitný tesniaci systém, *Solid tailings* – tuhé odpady z úpravy, *Gravel layer* – vrstva štrku, *Compacted clay layer* – zhutnená ílová vrstva, *Pond bottom* – dno odkaliska, *Drainage system* – odvodňovací systém, *HDPE Geomembrane* – HDPE geomembrána (fólia).

Tento typ systému je používaný pre malé nepriepustné odkaliská, kde sa prevádzková voda recykluje. Výhodou systému je, že voda ktorá vstupuje do odvodňovacieho systému je prefiltrovaná. Tým vzniká väčšia plocha na čistenie vody. Systém môže teda umožniť zmenšenie rozmeru odkaliska.

Tento systém môže byť preferovaný pred zriadením ďalšieho čistiaceho rezervoáru alebo väčšou plochou odkaliska, ak prevádzková voda obsahuje znečisťujúce látky (napríklad kyanidy). Avšak náklady na takéto odvodnenie sú pomerne vysoké. V prípade prevádzky Ovacik, boli náklady na inštaláciu HDPE membrány 7,5 Eur.m⁻² (rok 2001) pre plochu 16 ha. Ďalšou nevýhodou je, že nie je možné opraviť drenážny systém ak sa zanesie a ďalej ten fakt, že menšia plocha znamená vyššie hrádze.

4.3.9 Nakladanie s odsadenou vodou

Ak nie je odsadená voda priamo vypúšťaná do prírodných vodných tokov, bude potrebné zabezpečiť ukladanie takým spôsobom, aby odsadená voda mohla byť vrátená do prevádzky alebo vyparovaná (v suchých a horúcich oblastiach). Dekantovaná (prelivová) voda môže byť zhromažďovaná v zásobnej nádrži na čistenie alebo recykláciu pod odkaliskom a v niektorých prípadoch si pred vypúšťaním do prírodných vodných tokov vyžaduje úpravu.

4.3.10 Nakladanie s priesakmi

Predpokladom pre návrh systému nakladania s priesakmi je dôkladná znalosť hydrogeologických pomerov lokality. Bežne sa vykonáva monitorovanie inštalovanými piezometrami, ktoré určujú smer prúdenia, hydraulický gradient a charakteristiku zvodnenej vrstvy. Na základe znalostí týchto dát sú vykonané rozhodnutia o primeraných opatreniach.

Priesaky cez hrádzu sa zachytávajú v priekopách, kde je monitorovaný ich prietok a kvalita vody. Rovnaké priekopy tiež zachytávajú prenikanie vody do podlažia.

Ak sú **priesaky do podlažia** dobrej kvality, môžu sa nechať presakovať do podlažia. V opačnom prípade je potrebné sledovať kvalitu podzemnej vody, ďalej je potrebné jej čerpanie a jej úprava (čistenie). Základným prístupom, ako sa zbaviť priesakov do podlažia a do podzemnej vody, je identifikácia vhodnej lokality pre odkalisko, to znamená miesto, kde podzemná voda vchádza do odkaliska a nie z odkaliska odtéka. V tomto prípade sú splnené hydraulické podmienky pre zabránenie infiltrácie do podzemných vôd.

Iné prístupy, ktoré sú používané na riešenie presakovania do podlažia spočívajú v pokuse úplne utesniť podlažie s použitím ílových materiálov, syntetických membrán alebo kombináciou obidvoch. V niektorých prevádzkach sú prítomné prirodzené vrstvy ílu dostatočné na to, aby účinne bránili priesakom do podlažia. Tesnenia sa stávajú čoraz viac používané. Kritici upozorňujú na tzv. "vaňový efekt" ako problém, ktorý musí byť uvažovaný v dlhodobých súvislostiach. Tento efekt sa prejavuje tým, že tesnenia udržiavajú kvapalinu definovaného objemu po určitú dobu, ale v určitom okamihu táto nakoniec môže pretiecť.

Zachytenie priesakov do podzemných vôd čerpaním je ďalšia možnosť riadenia za predpokladu, že sa berie do úvahy existencia možného záväzku pokračovať v čerpaní aj po uzavretí odkaliska. Potreba čerpania po uzavretí tak musí byť prediskutovaná v pláne rekultivácie a uzavretia.

4.3.10.1 Prevencia a zníženie priesakov

Najefektívnejšou metódou na zabránenie prieniku priesakov do podlažia je správny výber lokality, t. j. takej, kde je v podlaží prírodná nepriepustná hydraulická bariéra, alebo kde sú hydrogeologické podmienky, ktoré spôsobujú prúdenie podzemnej vody do odkaliska. Odval alebo odkalisko môžu byť napríklad zriadené v miestach prírodných mokradí, kde je podlažie prirodzene nepriepustné.

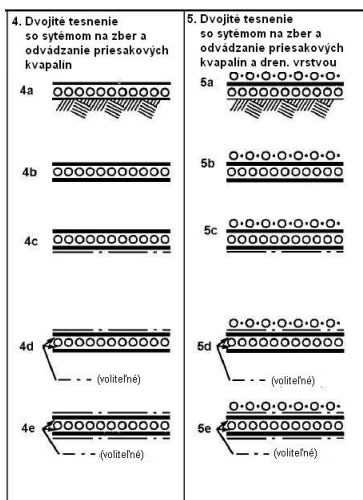
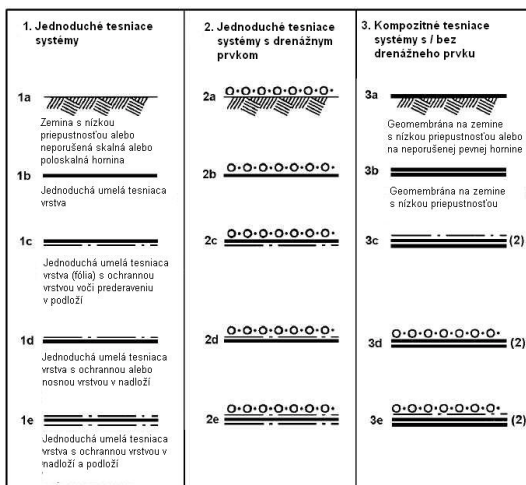
Ak je potrebné zabrániť prieniku priesaku do podlažia a neexistuje prírodná bariéra, dno úložiska môže byť zabezpečené nepriepustnou ílovou vrstvou alebo iným tesniacim materiálom tak, že koeficient filtrácie je nižší ako 10^{-8} m.s⁻¹. Na tento účel musí byť pred položením tesnenia odstránený humusový materiál. V niektorých prípadoch sú hodnoty koeficientu filtrácie nižšie ako 10^{-8} m.s⁻¹ [131, IMA, 2003].






Tesniaci systém je konštruovaný tak, aby zamedzil netesnosti dna odkaliska. Na každom tesniacom systéme sa môžu ukázať netesnosti, čo závisí od:

- výšky hydraulickej hladiny nad tesnením,
- hrúbky a účinnosti tesniaceho materiálu,
- dĺžky obdobia hydraulickeho zaťaženia tesnenia.

Je dôležité uvedomiť si hydrogeologické charakteristiky lokality a geochemické charakteristiky ťažobného odpadu ukladaného na úložisko [11, EPA, 1995]. Použitie tesnenia je predmetom pravidelných diskusií. Najväčšou výhodou je možné vysoké zníženie únikov priesakových vôd do podzemných vôd. Kritici však tvrdia, že nie je možné predpovedať, ako dlho bude tesnenie poriadne fungovať. Jednou alternatívou je riešiť úniky priesakov od začiatku prevádzky. Obrázok 58 ukazuje typy možných tesniacich systémov.

Obrázok 58. Možné typy tesniacich systémov [11, EPA, 1995]



Výzvetlivky:  Zemina alebo skalná a poloskalná hornina v prirodzenom uložení s nízkou priepustnosťou
 Tesnenie s nízkou priepustnosťou
 Ochranná alebo nosná vrstva
 Drenážna (odvodňovacia) vrstva
 Systém na zber a odvádzanie priesakových kvapalín

Poznámky:

- (1) Kombinované tesniacie systémy sú obvykle tvorené geomembránou nad vrstvou zeminy s nízkou priepustnosťou
 (2) Kombinované tesniacie systémy zahŕňajú tiež geomembránu na zemine alebo pevnej hornine s nízkou priepustnosťou v prirodzenom uložení

Ako však bolo spomenuté v predchádzajúcom oddieli, prednostne je potrebné zamerať sa na opatrenia na obmedzenie priesakov do úložiska, ako vytvoriť dnovú tesniacu vrstvu („*liner*“), čo vyvolá hydraulické gradienty podporujúce transport znečisťujúcich látok (tzv. "vaňový efekt") [13, VICK,].

Jednou z oblastí aplikácie tesnenia sú odkaliská kde:

- prevádzková voda inak presakuje do podložia (napríklad odkaliská na plochom území bez existencie hydraulickej bariéry), a
- existuje požiadavka udržať prevádzkovú vodu v odkalisku počas prevádzky z dôvodu:
 - recyklácie prevádzkovej vody,
 - kontaminácie vody (napríklad kyanidmi),
 - obmedzenia prašnosti udržiavaním pláže nasýtenej vodou, a
- nie je potrebné zabezpečiť, aby sedimentovaný kal zostal nasýtený vodou aj po uzavretí.

Dočasné odkaliská (existujúce len počas prevádzky), obsahujúce prevádzkové kvapaliny z kyanidového lúhovania a výluhu z úložísk sú tiež utesňované proti presiaknutiu roztokov obsahujúcich kyanidy do podložia, v mnohých prípadoch s použitím dvojitého tesnenia.

Opraviť tesnenie v naplnenej nádrži je prakticky nemožné. Odstránenie materiálu nie je praktické. Vítanie v postihnutej oblasti (za predpokladu, že je možné ju lokalizovať) a injektáž bentonitom sú veľmi náročné a nákladné. Presnosť určenia priesakov je tiež veľký problém.

Z hľadiska skutočnosti, že takáto oprava nie je realizovateľná, sú ďalšími možnosťami prehrádzajúce priekopy alebo hydraulické bariéry po obvode odkaliska. Tieto sú však veľmi nákladné a vzhľadom na veľkosť väčšiny odkalísk ide o stavebné úpravy veľkého rozsahu. Sú tiež obmedzené hĺbkou. Ak presiaknutie zasahuje do podloží hornín, tieto bariéry budú mať malú účinnosť. Iným možným riešením je čerpanie a úprava výluhov, čo je ale veľmi nákladné a pravdepodobne realizovateľné len počas prevádzky bane, pretože len vtedy je zrejme úprava v mieste k dispozícii. Neide o dlhodobé riešenie, pretože nie je trvalo udržateľné.

Ďalším kľúčovým aspektom je, že priesaky sú ovplyvnené výškou piezometrickej hladiny. Ak je táto odstránená, potom priesaky nie sú žiadne alebo zanedbateľné. Odvodňovanie a prekrytie ťažobných odpadov v odkalisku tak zníži alebo zabráni vytvoreniu vodnej hladiny a tým aj presakovaniu. To je pravdepodobne najvhodnejšie riešenie problému vzniku priesakov na uzavretom odkalisku.

Tesnenie nemôže nikdy zaručiť úplné zabránenie vzniku priesakov. Niektoré otvory alebo chyby konštrukcie sú nevyhnutné. Tesnenie zníži priesaky na takú mieru, že okolité prostredie sa s nimi môže vyrovnáť zriedením, rozptylom alebo rozkladom.

Pri návrhu utesneného odkaliska je potrebné vziať do úvahy možnosť vzniku priesakov a presvedčiť sa, že nízka miera presakovania (v rámci štandardných priemyselných faktorov pre stavebné nedostatky v tesnení) nespôsobí značné poškodenie životného prostredia. Inak je potrebná nejaká forma sekundárneho uzavretia (alebo vrstva pre zachytenie výluhu – napríklad íly, rašelina, bentonit, atď.). V mnohých prípadoch je ťažobný odpad na odkalisku tak jemnozrnný, že po spevnení má podobnú priepustnosť ako minerálne tesnenie. To znamená, že tým je vykonané sekundárne uzavretie. To je lepšie v prípadoch, keď je ťažobný odpad na odkalisku odvodnený. Spevňovanie však môže trvať mnoho rokov od uloženia, kým odpad nie je v dostatočnej hĺbke a/alebo odvodnený.

V tomto prípade syntetická fólia poskytuje základné uzavretie, pokiaľ nie je spevnená flotačná hlušina. Neskôr bude hlavnú bariéru tvoriť samotný ťažobný odpad. Tým nie je dlhodobá životnosť syntetického tesnenia dôležitá.

4.3.10.2 Regulácia priesakov

Môžu byť zohľadnené dva typy riadiacich opatrení, najmä:

- priesakové (podzemné tesniace) bariéry a
- vratné systémy (hydraulické clony).

Bariéry slúžia na zabránenie prieniku priesakov do podlažia a zahŕňajú izolačné priekopy, cementovo-ílové steny a cementačné bariéry. V každom konkrétnom prípade sa musia posudzovať možné nevýhody týchto opatrení v súvislosti so stabilitou hrádze odkaliska.

V niektorých prípadoch, môže byť vhodnejšia inštalácia hydraulického clony namiesto podzemnej tesniacej steny. Hydraulické clony zachytávajú (skôr ako zastavujú) tok priesakov, a tak umožňujú aby priesaková voda bola vrátená do procesu úpravy, alebo likvidovaná spôsobom, ktorý nepoškodzuje prostredie. Hydraulická clona môže byť tvorená čerpacími drénmi a vrtmi (studňami). Výhody a obmedzenia opatrení na reguláciu priesakov sú uvedené v tabuľke 66.

Tabuľka 66. Prehľad opatrení na reguláciu priesakov

Meranie kontroly priesakov	Druh	Výhody	Obmedzenia
Priesakové bariéry (podzemné tesniace steny)	Izolačná priekopa	Nie sú nákladné, inštalácia môže byť dobre kontrolovaná.	Nie je praktické pre zvodnené podlažie, efektívne len pre plytké priepustné vrstvy.
	Cementovo-ílové steny	Môžu byť konštruované bariéry s nízkou priepustnosťou.	Vysoké náklady, nie príliš vhodné pre svahovitý terén alebo balvanovitý podklad. Je potrebná zaviazať do hlbšie položenéj nepriepustnej vrstvy.
	Cementačné bariéry	Bariéry môžu dosahovať veľkých hĺbok, nie sú ovplyvnené topografiou lokality.	Vysoké náklady, obmedzená účinnosť v dôsledku priepustnosti cementačnej zóny. Cementácia je vhodná iba pre hrubozrnné zeminy so širokými prasklinami.
Prečerpávací systém (hydraulické clony)	Čerpacie drény	Nie sú nákladné, sú použiteľné pre akékoľvek odkalisko.	Efektívne pre plytké priepustné vrstvy, ale užitočné i v iných prípadoch.
	Čerpacie vrty (studne)	Je možná väčšia hĺbka, užitočná metóda ako nápravné opatrenie.	Nákladné, efektívnosť závisí od charakteristiky miestnej zvodne.

Je potrebné poznamenať, že regulácia priesakov na lokalite v skutočnosti často zahŕňa kombináciu uvedených metód. Okrem bariér, ktoré sú budované iba na zamedzenie prestupu priesakov, je možná aj úprava znečistenej vody reakčnými bariérami.

4.3.10.3 Odvaly z úpravy draselných solí

Pre haldy z úpravy draselných solí je nutné priepustnosť pôd určovať prípad od prípadu (podľa charakteru podložía). Väčšinou sú pôdne zložky dostatočne nepriepustné, takže zabráňujú kontaminácii podzemných vôd. Ak je priepustnosť vysoká, musí byť podložie pod haldou utesnené, napríklad až 4 % prídavkom ílu k prírodnej zložke pôdy. Íly sú pomleté s pôdou, zmes je rozprestretá a zhutnená tak, aby sa zabezpečila jej nepriepustnosť. Po tejto úprave je skontrolovaný koeficient filtrácie a ak je nevyhovujúci, proces sa musí zopakovať.

Päta odvalov mimo nepriepustnej zóny je utesnená a priesaky sú zachytené.

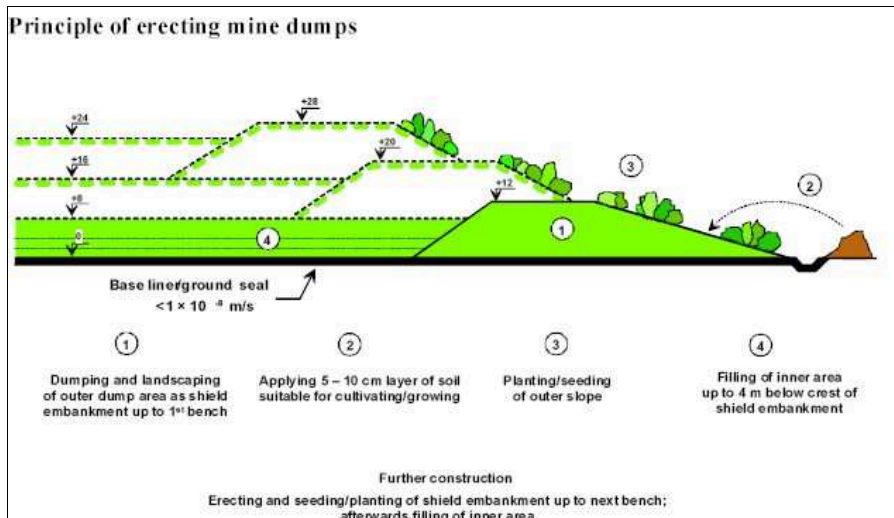
Dlhodobé skúsenosti so skladovaním odpadu z úpravy a ťažby draselných solí ukazujú, že je potrebné aplikovať vhodnú metódu nakladania s ťažobným odpadom. Napríklad pri použití ílu ako tesniaceho materiálu, môže byť podložie úložiska ovplyvnené stabilitnými problémami. Štátne orgány požadovali pri rozšírení úložiska na lokalite Fulda v Nemecku, aby podložie bolo spevnené vrstvou ílu hrúbky 0,6 m. Keď došlo k rozšíreniu úložiska mimo toto utesnené podložie, došlo k rýchlemu pohybu v časti odvalu, ktorý bol v kontakte s ílovým tesnením v takom rozsahu, že bola ohrozená bezpečnosť pracovníkov a činnosť bola zastavená. Z vyšetrovania vyplynulo, že pre utesňovanie podložía pod úložiskom odpadov z úpravy draselných solí nesmie byť použitý žiadny materiál s nízkou strihovou pevnosťou [19, K + S, 2002].

4.3.10.4 Haldy kalu z úpravne uhlia

V Porúri, Sársku a Ibbenbüren sú kaly z úpravy uhlia ukladané na haldy vo vrstvách. Hrúbka vrstvy sa pohybuje v rozmedzí 0,5 – 4,0 m. Zhutnenie je dosiahnuté jazdou nákladných automobilov a vibračných valcov, aby bolo čo najviac znížené prenikanie kyslíka alebo zrážok do telesa odvalu, a tým minimalizovaný vznik kyslých výluhov oxidáciou pyritu.

Princíp kombinovanej hlušinovej haldy ukazuje obrázok 59, ktorý zobrazuje štyri kroky ukladania vrstiev. Prvým krokom je vybudovanie vonkajšieho valu, ktorý je okamžite ozelenený a ktorý slúži ako štít pre následné ukládanie kalu vo vnútornej zóne.

Z meraní za pomoci lyzimetrov vyplýva, že voda presakujúca z odpadových hald z prania uhlia môže obsahovať rozpustené látky. Výsledky týchto testov poukázali na dve skutočnosti. Jednak na to, že sú vymývané chloridmi, a že obsah síranov, vápnika a horčíka sa pri oxidácii pyritu môže zvyšovať. V prípade, že vzniká kyslý výluh, dochádza k poklesu hodnoty pH, vyčerpáva sa pufračná kapacita kalu alebo zvodnenej vrstvy, čo spôsobuje, že dochádza k mobilizácii stopových prvkov.

Obrázok 59. Nákres konštrukcie odvalov v oblastiach Porúrie, Sársko a Ibbenbüren [79, DSK, 2002]**Vysvetlivky:**

Principle of erecting mine dumps – princíp navyšovania odvalov ťažobných odpadov, *Base liner / ground seal* – dnové tesnenia fóliou a ílovou vrstvou, *Further construction* – ďalšia výstavba, *Erecting and seeding / planting of shield embankment up to next bench (afterwards filling of inner area)* – vybudovanie a zazelenenie vonkajšej hrádze do výšky ďalšej vrstvy (následné vyplnenie vnútornej oblasti).

1. Uloženie odpadu a úprava terénu vo vonkajšej oblasti odvalu ako vonkajšia hrádza do výšky prvej vrstvy, 2. Uloženie 5 – 10 cm vrstvy pôdy vhodnej na rekultiváciu / zazelenenie, 3. Vysadenie rastlín na vonkajšom svahu, 4. Ukladanie vo vnútornej oblasti do výšky 4 m pod korunu vonkajšej hrádze.

Pri konštrukcii a prevádzke odvalu je základným environmentálnym cieľom ochrana podzemných vôd. Boli určené štyri hlavné opatrenia, ktoré sa používajú na ochranu podzemných vôd pred priesakmi (obrázok 60).

Vhodné riešenie je volené v závislosti od špecifických podmienok lokality, tzn. je potrebné vybrať jednotlivé opatrenia alebo kombináciu rôznych opatrení.

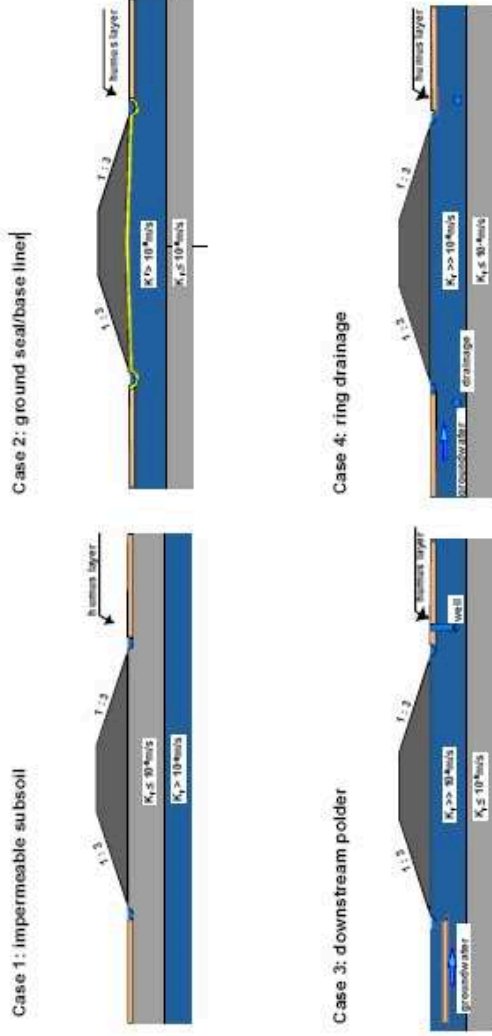
V poslednej dobe sa zistilo, že staršie haldy kalu sa samovoľne zhutnili v takom rozsahu, že vnútorná časť telesa haldy je absolútne suchá [79, DSK, 2002].

Na lokalitách Porúrie, Sársko a Ibbenbüren je hlušina zmesou kremeňa a ílu. Časom má táto zmes tendenciu ďalšieho zhutnenia. Obsah kremeňa je dostatočne veľký, takže zamokrenie ílov nepôsobuje problémy so stabilitou svahu.

Povrchový odtok a priesaky hlušínami v odvale sa zachytia a odvádzajú sa do povrchových vôd.

Obrázok 60. Návrh odpadových hald flotačného odpadu - možnosti pre zabránenie negatívneho účinku na podzemnú vodu [79, DSK, 2002]

Measures for avoiding negative effects on ground water and drainage system



Ysvetlivky:

Measures for avoiding negative effects on ground water and drainage system – opatrenia na zabránenie negatívnych účinkov na podzemnú vodu

a odvodňovací systém, Case 1: Impermeable subsoil – príklad 1: neprepustné podložie, Case 2: Ground seal / base liner – príklad 2: dnové tesnenie, Case 3: Downstream polder – príklad 3: polder umiestnený po prúde, Case 4: Ring drainage – príklad 4: obvodová priekopka; Humus layer – humusová vrstva.

4.3.11 Techniky na zníženie emisií do vody

4.3.11.1 Recyklácia technologickej vody

Jedným z prístupov ako redukovať vypúšťanie, je recyklácia technologickej vody. Tento prístup bol úspešne použitý v niekoľkých úpravniach. Prebytky, ktoré nemôžu byť recyklované, vznikajú napríklad kvôli:

- topeniu sa snehu a
- nasýteniu Mg - soľami (príklad z ťažby draselných solí) [19, K + S, 2002]. Tieto sa môžu v niektorých baniach s ťažbou Mg - soľou zatláčať do hlbokých vrtov, alebo vypúšťať do povrchových vôd.

Recyklácia technologickej vody nie je možná, ak akumulácia čínidiel / zložiek narúša proces úpravy (napríklad síran vápenatý, ktorého výskyt vo vodách môže spôsobovať zanášanie potrubia).

4.3.11.2 Pranie úpravárenského kalu

Činidlá pri flotácii kremičitanov sú veľmi silne viazané na častice kremičitanov. Flotačné odpady sú použité na čistenie technologickej vody s cieľom viazať možné voľné činidlá. Flotačná hlušina obsahujúca častice kremičitanov viaže voľné reziduálne reagenty prítomné v odpadovej vode. Následný odvodňovací proces produkuje vodu bez čínidiel, ktorá potom môže byť vypúšťaná do recipientu alebo recyklovaná do procesu [131, IMA, 2003].

4.3.11.3 Úprava rozpustených kovov

Adsorpčná schopnosť jemnozrnného ťažobného odpadu má vplyv na čistenie vôd obsahujúcich rozpustené kovy (napríklad drenážne vody z odvalov alebo banské vody). Ak je banská voda privádzaná do prúdu úpravárenského kalu, rozpustené kovy majú tendenciu zachytiť sa na povrchu minerálnych zŕn. Kovy adsorbované na povrchu minerálnych zŕn vydržia tak dlho, kým je pre nich priaznivá hodnota pH (napríklad > 7 pre zinok, > 5 pre meď). Pre zabezpečenie dobrého kontaktu medzi rozpustenými kovmi a povrchom častíc kalu je banská voda pridávaná do prúdu kalu pred ich čerpaním na odkalisko.

Ide o jednoduchý systém využívajúci adsorpčný efekt vyvolaný "prírodným materiálom". Uvedená technológia je jednoduchá a je využívaná na väčšine odkalísk [118, ZINKGRUVAN, 2003].

Miešanie prúdu kalu (zahŕňajúce technologickej vodu a rozomletý ťažobný odpad) a ďalšie vody obsahujúce rozpustené kovy (napríklad drenážne vody z odvalov) je použiteľné počas doby prevádzky bane ak:

- má prúd kalu alkalické pH a obsahuje čerstvo podvrvené minerály (to je splnené v prípade kalu),
- pufračná (neutralizačná) kapacita prúdu kalu je výrazne vyššia ako acidifikačná kapacita pridávanej vody,
- je voda s obsahom kovov pridávaná do prúdu kalu čerpadlami tak, aby bol zabezpečený dostatočný kontaktný čas a miešanie s prúdom kalu.

Technológia je vhodná pre flokuláciu. Výhodou tejto metódy sú:

- veľmi účinná technológia čistenia vôd,
- nevznikajú náklady spojené s výstavbou, prevádzkou a riadením čističky vôd počas prevádzky na lokalite,
- nevzniká potreba nakladania s čistiarenskými kalmi (ktoré sú výsledkom konvenčných metód úprav vôd),
- metóda je schopná eliminovať zmeny v toku a je účinná pri akomkoľvek teplotnom rozsahu. Dôležité je, že technologická voda má bežne vyššiu teplotu.

Variant uvedenej technológie je použitý pre Cu ložisko Legnica-Glogow, kde sú kyseliny zo zlievárni miešané s plavenou hlušinou za účelom neutralizácie a imobilizácie kovov (napríklad arzenu).

4.3.11.4 Nerozpustené častice a rozpustené látky

V odpadových vodách sú tuhé častice prítomné vo forme suspendovaných látok, alebo sú v rozpustenej forme. Úspešná technológia čistenia vôd musí kombinovať zníženie obsahu suspendovaných látok s odstraňovaním nebezpečných rozpustených znečisťujúcich látok.

Čistenie vôd sa môže vykonávať buď na otvorenej vodnej ploche alebo v úpravni, ktorá je za týmto účelom postavená. Technológia zahŕňa zrážanie rozpustených prvkov, najmä kovov, oddeľovanie zrazeniny a častíc. Na zrážanie sa používa vápnenie, prípadne vápnenie v kombinácii s ostatnými činidlami. Na oddelenie zrazenín a tuhých častíc sa používa gravitačná separácia. Gravitačná separácia sa vykonáva v nádržkách alebo v zahusťovačoch. Získaný kal si vyžaduje primerané nakladanie. V ideálnom prípade môže byť použitý ako základka v bani.

V prípade, že je potrebná úprava vody, vznikajú finančné náklady. Každá banská činnosť vyžaduje návrh vhodného systému úpravy vôd. Požiadavky na systém sú závislé od špecifických podmienok pre kvalitu vôd a od objemu vody, ktorý bude vyčistený. Výber technológie určujú takisto aj lokálne podmienky. Technológia čistenia vôd, ktorá umožňuje zrážanie rozptýlených látok, používaná v oblasti Cu ložiska Legnica-Glogow je založená na koagulácii (s približne $300 \text{ mg.l}^{-1} \text{ FeCl}_3$), ktorá je podporovaná pridaním polyelektrolytu Praestolu ($c = 1 \text{ mg.dm}^{-3}$) a následnej sedimentácii v lamelovej usadzovacej nádrži [113, S.A., 2002].

4.3.11.4.1 Usadzovanie nádrže

Ak sa ukladá flotačná hlušina alebo iná hlušina obsahujúca jemnozrnné častice na haldy, vznikajú emisie tuhých častíc a eluátu. Prevencia emisií tuhých častíc do vody v dôsledku zrážkovej činnosti môže byť úspešná po inštalácii usadzovacích nádrží pozdĺž ciest pred vypúšťaním vôd z úložísk do povrchových vôd. Konštrukcia závisí od maximálneho úhrnu zrážok, oblasti a sklonu, prietoku, veľkosti častíc a podobne. Pre dokumentáciu je potrebný (podľa lokálnych pomerov) monitoring obsahu tuhých častíc. Frekvencia a typ merania sú určené podľa požiadaviek vyplývajúcich z geotechnických / environmentálnych štúdií a v závislosti od životnosti odkaliska / odvalu [131, IMA, 2003].

Vnútrotná časť priestoru odvalov **odpadov z ťažby draselných solí** je pre vodu nepriepustná. Voda a soľ vytvára nasýtené roztoky (soľanky), ktoré stekajú po vonkajšom svahu odvalu.

Mimo nepriepustnej zóny je odval bezpečne utesnený a vody sú zachytávané. Tento spôsob zachytávania je vhodný, ak kvalita odtoku je taká, že okamžitý odtok do podložia nie je z environmentálneho hľadiska možný.

Na **halde z ťažby uhlia** v Schöttelheide je drenáž vedená okolo odvalov, odkiaľ sa odvádza povrchový odtok do usadzovacej nádrže pred jeho vypúšťaním do recipientu. Toto je potrebné z hľadiska vysokého obsahu suspendovaných látok.

Počas prevádzkovej fázy odvalov je bežne potrebné zachytávať odtok povrchových vôd na vrchole odvalov. Požiadavky pre ďalší manažment zachytenej vody závisia od kvality vody v odtoku. Ak má voda dobrú kvalitu a obsahuje malé množstvo rozptýlených látok, môže byť priamo vypúšťaná do recipientu. Ak je kvalita vody dostatočná, ale obsah suspendovaných látok je vyšší, potom je voda vedená cez usadzovaciu nádrž, aby sa znížilo zaťaženie recipientu rozptýlenými látkami. V niektorých prípadoch je potrebná ďalšia úprava. Zachytený odtok povrchovej vody sa často používa ako technologická voda.

4.3.11.5 Úprava kyslých vôd

Technológie úpravy kyslých vôd, ktoré eliminujú alebo znižujú aciditu a zrážanie ťažkých kovov sú rozdelené na dva typy: (1) aktívne a (2) pasívne metódy.

- (1) Aktívne metódy úpravy zahŕňajú neutralizáciu kyslých vôd alkalickými činidlami. Používanie chemikálií, ako aj výstavba a prevádzka zariadení na úpravu vody sú finančne nákladné.
- (2) Pasívne metódy zahŕňajú výstavbu systému úpravy vody, ktoré využívajú prírodné biologické alebo chemické reakcie pri úprave kyslých drenážnych vôd, ktoré potrebujú len minimálny manažment. Pasívne opatrenia zahŕňajú anoxickú drenáž, kanály z vápenca, alkalický charakter podzemnej vody a prechod drenážnych vôd cez umelo navrhnuté mokrade alebo iné usadzovacie štruktúry.

Existuje aj možnosť kombinácie aktívnej a pasívnej technológie úprav (napríklad vápenie a umelé mokrade).

Aktívne metódy úpravy

- Vápenec (uhličitan vápenatý)

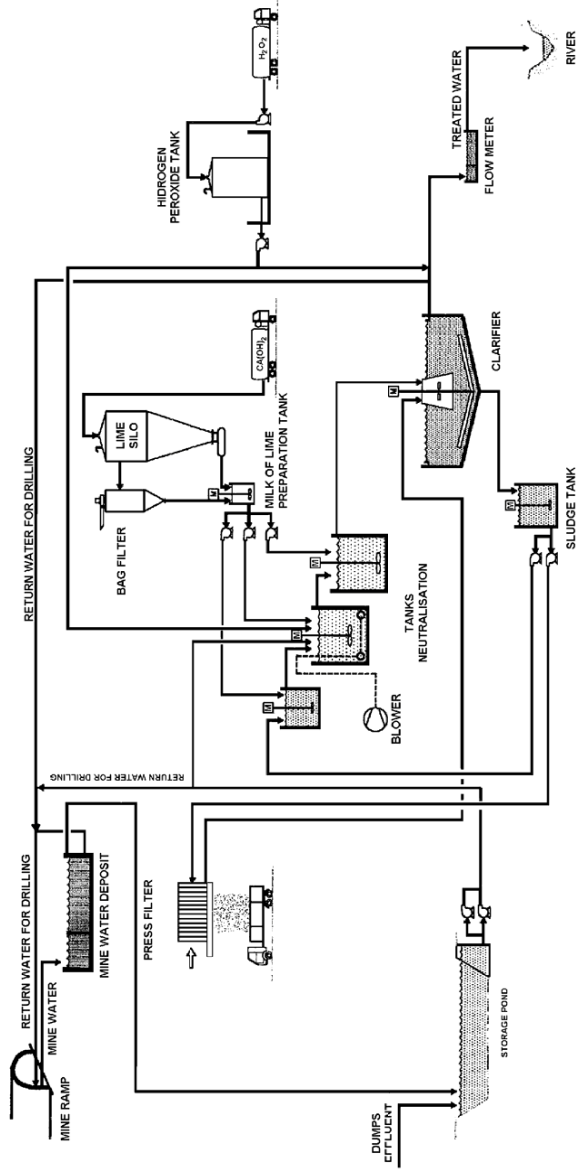
Výhodou použitia vápenca sú nízke náklady a jednoduché použitie. Pri použití tejto metódy vzniká hustý kal s možnosťou jednoduchého nakladania s ním. Nevýhodou je pomalý reakčný čas, zníženie efektívnosti systému v dôsledku tvorby Fe - zrazenín na povrchu vápencových častíc, ťažkosti pri úprave kyslých výluhov s vysokým pomerom Fe^{2+} / Fe^{3+} a neúčinné odstraňovanie mangánu. Typická schéma pre úpravu kyslých vôd je na obrázku 61.

V uvedenom diagrame je potrebné všimnúť si skutočnosť, že banská a technologická voda je upravovaná kombinovaným spôsobom. Vo všetkých prípadoch to však neplatí.

- Hasené vápno (hydroxid vápenatý)

Hydroxid vápenatý je bežne neutralizačné činidlo používané v uhoľnom priemysle, pretože jeho používanie je jednoduché a bezpečné, účinné a nie príliš finančne náročné. Hlavnou nevýhodou sú produkované veľké objemy kalov (v porovnaní s vápencom) a vysoké kapitálové náklady v súvislosti s veľkosťou úpravne [85, EPA, 2002]. Hydroxid vápenatý sa ako neutralizačné činidlo v nemeckom uhoľnom priemysle nepoužíva, pretože tu nevznikajú priesaky s kyslým charakterom vôd.

Obrázok 61. Schéma úpravne vody pre kyslú technologickú vodu (t. j. vodu s nízkou hodnotou pH) (Almagrera)



Výsvetlivky:

Mine ramp – banská rampa, *Return water for drilling* – recyklovaná voda použitá pri vrtných prácach, *Mine water deposit* – usadzovacie nádrže na banskú vodu, *Mine water* – banská voda, *Dumps effluent* – vyluh z odvalu, *Storage pond* – zásobná nádrž, *Blower* – kalolis, *Flow meter* – prietokomer, *Treated water* – upravená voda, *neutralisation* – neutralizačné nádrže, *Sludge tank* – nádrž na kaly, *Clarifier* – dočisťovanie vody, *Press filter* – prietokomer, *Flow meter* – prietokomer, *Treated water* – upravená voda, *River* – vodný tok (rieka), *Hydrogen peroxide tank* – nádrž na peroxid vodíka, *Lime silo* – zásobník vápna, *Bag filter* – látkový filter, *Milk of lime preparation tank* – nádoba na prípravu vápenného mlieka, *Press filter* – kalolis.

○ Sóda (uhličitan sodný)

Brikety zo sódy sú zvlášť účinné pri úprave malých emisií kyslých výluhov v citlivých oblastiach. Hlavnou nevýhodou sú vysoké náklady (v porovnaní s vápencom) a zlé usadzovacie vlastnosti kalov.

○ Kaustická sóda (hydroxid sodný)

Hydroxid sodný je účinný najmä pri úprave malého množstva v citlivých lokalitách a pri úprave kyslých výluhov s vysokým obsahom Mn. Hlavnou nevýhodou sú vysoké náklady, nebezpečenstvo pri nakladaní s chemickými látkami, zlé vlastnosti kalov a problémy s mrazom pri chladnom počasí.

○ Amoniak

Bezvodý amoniak je účinný pri úprave ARD s vysokým obsahom Fe^{3+} / Mn. Finančné náklady na amoniak sú nižšie, ako v prípade použitia hydroxidu sodného. Jeho použitie má však rovnaké výhody. Použitie amoniaku nie je jednoduché a je nebezpečné – môže ovplyvniť biologické podmienky recipientu nachádzajúceho sa v blízkosti banskej prevádzky.

Možnými vedľajšími účinkami sú prejavy toxicity na ryby alebo na iné vodné formy života a prejavy eutrofizácie a nitrifikácie. Rybie spoločenstvá vykazujú veľmi nízku toleranciu k neionizovanej forme výskytu čpavku, ktorá je ovplyvnená hodnotou pH, teplotou, rozpusteným kyslíkom a ďalšími faktormi. Použitie amoniaku nie je dovolené vo všetkých oblastiach. V prípade, kde je to povolené, vyžaduje sa dodatočný monitoring.

Pasívne technológie úpravy

○ Umelo vytvorené mokrade

Umelé vytvorené mokrade využívajú mikroorganizmy vyskytujúce sa v pôde a vo vode, ktoré tvoria spoločenstvá s rastlinami mokradí, ktoré dokážu odstrániť z drenážnych vôd kovy v rozpustenej forme. Mokrade sú pasívnym systémom bez chemickej úpravy, ktoré nevyžadujú plynulé riadenie alebo len minimálne. Je to relatívne nová metóda úpravy s mnohými špecifickými mechanizmami, preto požiadavky na ich riadenie nie sú doposiaľ plne zvládnuté. Optimálna veľkosť a kritériá pre konfiguráciu sa stále študujú.

Staré, stabilné prirodzene vyvinuté mokrade by mali zostať nedotknuté, napríklad vykopaním odvodňovacích priekop by mohlo dôjsť k naštartovaniu procesov acidifikácie.

Pritekajúce vody s vysokou koncentráciou ťažkých kovov a s nízkym pH pretekajú cez aeróbnu a anaeróbnú zónu mokrad'ového systému. Kovy sa likvidujú prostredníctvom iónovej výmeny, adsorpcie, absorpcie a zrážaním s geochemickou a mikrobiálnou oxidáciou a redukciou. Iónová výmena prebieha v prípade, že kovy sú v kontakte s humínovými alebo inými organickými látkami v mokradi. Na tieto účely je konštrukcia mokradí riešená tak, že neobsahujú pôdu, alebo iba jej veľmi malé množstvo a sú nahradené slamou, hnojom alebo kompostom. Oxidačné alebo redukčné reakcie sú katalyzované baktériami, ktoré sa vyskytujú v aeróbnej alebo anaeróbnej zóne, prípadne majú významnú úlohu pri zrážaní kovov vo forme chloridov a sulfidov. Vyzrážané a adsorbované kovy sedimentujú v odkaľovacom priestore alebo sú filtrované pri presakovaní vody prostredím alebo rastlinami.

Pritekajúca voda so zvyškami výbušnín alebo inými znečisťujúcimi látkami prúdi cez štrkový povrch mokradí. Mokrad', využívajúca rastliny v raste tvorí prepojený anaeróbne-aeróbný systém.

Anaeróbná časť využíva na rozklad znečisťujúcich látok rastliny v kombinácii s prirodzene sa vyskytujúcimi mikroorganizmami. Aeróbná, často označovaná ako recipročná časť, ďalej zlepšuje kvalitu vody prostredníctvom jej kontinuálnej expozície rastlinám a pohybom vody medzi jednotlivými oddeleniami oboch častí.

Mokrade sú dlhodobou technológiou úpravy, ktorá môže byť kontinuálne prevádzkovaná niekoľko rokov.

Mokrade sú používané na úpravu kyslých drenážnych vôd vznikajúcich pri banickej činnosti spojených s ťažbou uhlia alebo rudy. Kyslé vody môžu obsahovať vysoké koncentrácie kovov. Proces môže byť prispôbený aj pre úpravu neutrálnych alebo alkalických výluhov. Technológia sanácie pomocou mokradí musí byť prispôbená rozdielom v geologických podmienkach, terénu, zastúpeniu stopových prvkov a miestnym klimatickým podmienkam. Najväčšie využitie mokradí sa javí pri úprave malých prietokov, rádo vo okolo desiatok litrov za minútu [85, EPA, 2002]. Uplatniteľnosť a účinnosť procesu môžu obmedziť tieto faktory:

- nie je dobre známa dlhodobá účinnosť navrhnutých mokradí. Starnutie mokradí môže byť problémom, ktorý môže prispievať k zníženiu rýchlosti odstraňovania znečisťujúcich látok,
- náklady na výstavbu umelých mokradí sa v jednotlivých projektoch výrazne menia a pre mnoho lokalít nemusia byť finančne výhodné,
- teplota a variabilný prítok ovplyvňujú funkciu mokradí a môžu byť príčinou nerovnomernej rýchlosti odstraňovania kontaminantov,
- chladnejšie podmienky spomaľujú rýchlosť, ktorou je mokrad' schopná odstraňovať znečisťujúce látky,
- veľký prísun vody môže spôsobiť presýtenie funkčného mechanizmu mokradí, zatiaľ čo suché škvryny môžu poškodiť rastliny a prudko obmedziť funkciu mokradí [124, US FRTR, 2003].

Počiatkový návrh a konštrukčné náklady môžu byť značné, pohybujú sa v desiatkach až tisícoch eur.

○ **Otvorené vápencové kanály / anoxická vápencová drenáž**

Jedná sa o konštrukčne najjednoduchšiu metódu pasívnej úpravy, ktorá je tvorená otvorenými kanálmi, ktoré sú vyplnené vápencom (anoxická drenáž - kanály sú zakryté). Rozpúšťanie vápenca zvyšuje alkalinitu a pH. Povlaky zrazenín železa a hliníka na vápenci ovplyvňujú účinnosť tejto metódy.

○ **Odvádzacie vrty (studne)**

Kyslá voda je odvádzaná do vrtov (studní) vyplnených vápencovou drvinou. Zabránenie tvorby povlakov Fe zrazenín je dosiahnuté turbulenciou prúdenia vo vrte. Vápenec je potrebné periodicky nahrádzať [85, EPA, 2002].

Aplikácia pasívnych systémov úpravy nie je často preferovaná v dôsledku problémov s kapacitou, obzvlášť vo vzťahu k prietoku, schopnosti úpravy vody s vysokou kyslosťou, sezónnej premenlivosti, rozdielov v prietoku a podobne. Môžu však poskytovať dlhodobé, veľmi dobré riešenie po uzavretí úložiska, keď sa používajú ako vylepšujúci krok v kombinácii s ďalšími (preventívnymi) opatreniami.

4.311.6 Úprava alkalických vôd

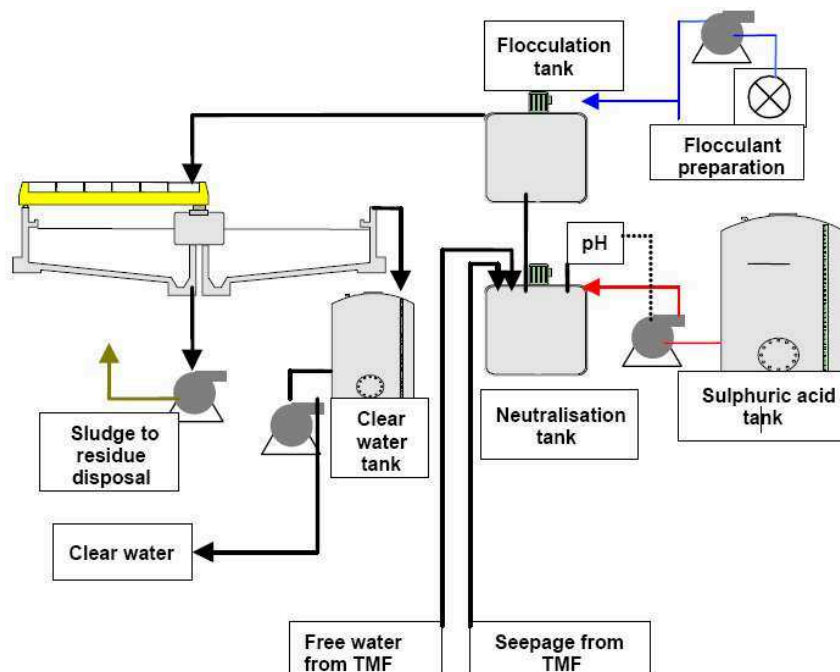
V hliníkárni na Sardínii sa uvoľňuje alkalická voda z rmtu pri praní a filtrácii, ktorá je upravená na hodnotu pH 10 nasledujúcimi metódami:

- odsírením spalín bohatých na SO_2 ,
- prídavkom morskej vody (MgCl_2 reaguje s uhličitanom sodným),
- kyselinou sírovou, ak je potrebná.

V hliníkárni v Galícii, je voda z jazera červeného rmtu (odsadená voda a priesaky) zachytávaná a čerpaná do úpravne (pozri obrázok 62). Prvým krokom je neutralizácia prídavkom kyseliny sírovej. Optimálne pH je 6,85, pri ktorom sa hliník vo vode stáva nerozpustný a pomáha procesu sedimentácie. Po neutralizácii voda vyteká do koagulačných nádrží. Čistá voda je čerpaná späť do rafinérie.

V iných prípadoch sa pre zníženie pH používa oxid uhličitý.

Obrázok 62. Úprava alkalickéj vody v hliníkárni



Vysvetlivky:

Free water from TMF – odsadená voda z odkaliska, *Seepage from TMF* – priesaková voda z odkaliska, *Neutralisation tank* – neutralizačná nádrž, *Sulphuric acid tank* – nádrž na kyselinu sírovú, *Floculant preparation* – príprava flokulantu, *Clear water tank* – nádrž na čistú vodu, *Sludge to residue disposal* – kal na likvidáciu.

4.3.11.7 Úprava vody s obsahom arzénu

Stopové prvky sú z vypúšťaných bankých vôd účinne odstraňované pridaním železitých solí. Odstraňovanie arzénu sa vykonáva vyzrážaním vo forme arzeničnanu vápenatého alebo železitého. Arzenitany sa môžu tiež vyzrážať, ale tie sú zvyčajne viac rozpustné a menej stabilné ako arzeničnany. Odtok s obsahom arzenitanov je pred zrážaním zvyčajne zoxidovaný, tak aby bola zabezpečená prevaha arzeničnanov. Technologická voda z procesu úpravy rúd s obsahom As môže obsahovať rôzne množstvá As^{3+} a As^{5+} , oxyanióny, arzenitany a arzeničnany. Prítomnosť iónov kovov ako Cu, Pb, Ni a Zn obmedzuje rozpustnosť As, pretože vznikajú útvary čiastočne rozpustných arzenitanov kovov.

Stabilita a rozpustnosť týchto arzeničnanov závisí od pomeru železa a arzénu. Čím vyššia je hodnota pomeru, tým je zrazenina nerozpustnejšia a stabilnejšia. Takže, keď je arzeničnan železitý relatívne rozpustný, základné arzeničnany s molárnym pomerom Fe : As > 8 patria k menej rozpustným v rozsahu pH približne od 2 do 8. Pri zrážaní s Fe^{3+} môže byť dosiahnutá koncentrácia rozpusteného As i menšia ako $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$.

Zrážanie nerozpustného arzeničnanu železitého je veľmi často sprevádzané koprepitáciou aj ďalších kovov, ako je napríklad selén. Tieto reakcie zahŕňajú interakciu medzi rôznymi formami kovov a zrazeninou hydroxidu železitého. Z toho vyplýva, že železité soli veľmi účinne odstraňujú stopové prvky. Prídavkom hydroxidu železitého môže byť okrem arzénu znížený obsah pod $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ i u ďalších prvkov, ako sú antimón a molybdén. Proces pri bežných podmienkach zahŕňa prídanie rozpustnej železitej soli do technologickej vody, ktorý je sprevádzaný prídavkom dostatočného množstva hydroxidu, ktorý spôsobí vznik nerozpustného hydroxidu železitého. V mnohých prípadoch obsahuje technologická voda dostatočné množstvo železa, preto sa vyžaduje len prídavok hydroxidu, ktorý spôsobí vyzrážanie hydroxidu železitého [78, RON TENN, 2001].

Vo finských surovinách na báze mastenec – magnezit sa vyskytujú minerály arzénu. Počas úpravy suroviny mastenec – magnezit (drvenie a flotácia) je As rozpúšťaný v technologickej vode. Arzén je vyzrážaný ako Fe – As zlúčenina pridaním síranu železitého ($Fe_2(SO_4)_3$). Ak je hodnota pH 6 alebo menej, potom môže byť As vyzrážaný kompletne. Ak je pH v technologickej vode vyššie (v jednom prípade 7 – 8), musí sa pridať viac síranu železitého, aby bola koncentrácia As znížená na akceptovateľnú úroveň (menej ako $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$). Vyzrážať nikel a arzén v rovnakom čase je ťažké, v tomto prípade sa vyžadujú dva stupne úpravy [131, IMA, 2003].

4.3.11.8 Odstraňovanie kyanidov

Prirodzená degradácia je v celosvetovom meradle najrozšírenejšou metódou odstraňovania kyanidov z roztokov vznikajúcich pri lúhovaní zlata. Ale často je dopĺňovaná ďalšími procesmi úpravy. V suchom a snežnom klimatickom pásme, ako je napr. v JAR, je prirodzená degradácia jedinou metódou úpravy.

V nasledujúcej tabuľke je uvedený zoznam aplikácií práve používaných alternatívnych metód.

Tabuľka 67. Aplikované procesy odstránenia kyanidov

Technológia úpravy	Etapa	Aplikácia	Poznámky
Prírodná degradácia <ul style="list-style-type: none"> ▪ Neutralizácia pomocou absorpcie CO₂ ▪ Sublimácia HCN ▪ Disociácia komplexu kyanidu kovu ▪ Zrážanie kyanidu kovu 	C	TP, SW	Aplikácia je obmedzená špecifickými faktormi lokality (klimatické podmienky) a zákonnými opatreniami.
Oxidačné procesy <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alkalická chlorácia ▪ Technológia SO₂/vzduch ▪ Peroxid vodíka 	C C C	TP, SW TP, SW SW	Náhrada SO ₂ / vzduch a H ₂ O ₂ v dôsledku ceny, neschopnosť odstrániť železo. Univerzálne použitie, úprava kalov vyžaduje väčšiu spotrebu činidiel. Nie je použiteľná pre kaly v dôsledku vysokej spotreby reagensov.
Adsorpcia <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adsorpcia na aktivovanom uhlíku 	D	SW	Obmedzené nízkou koncentráciou CN ⁻ a špecifickými podmienkami lokality.
Biologická úprava <ul style="list-style-type: none"> ▪ Biodegradácia 	C	SW	Obmedzené nízkou koncentráciou CN ⁻ a špecifickými podmienkami lokality. Môže vyžadovať dodatočné teplo.
Recyklácia kyanidov <ul style="list-style-type: none"> ▪ AVR 	C	TP	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nie príliš praktické pre kaly. ▪ Vysoké investičné náklady. ▪ Vyžaduje dostatočnú recykláciu kyanidu na zníženie prevádzkových nákladov. Voľný kyanid sa recykluje ľahko, obtiažnosť recyklácie vzrastá pre kyanidy Zn, Cu a Ni v uvedenom poradí. Zrážanie CuCN znižuje výťažnosť kyanidu pre recykláciu. ▪ Obvykle sa stáva príliš nákladným pri pokusoch znižovať koncentrácie pod 30 mg.l⁻¹ kyanidu. Preto je stále nutné odstrániť / rozložiť kyanid po AVR [109, DEVUYST, 2002].

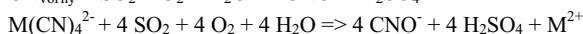
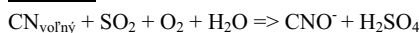
Vysvetlivky:

TP = vypúšťanie do odkaliska, SW = vypúšťanie do povrchových vôd, C = komerčná, D = vo vývoji, AVR = okysľovanie / sublimácia / reneutralizácia (*Acidification / Volatilisation / Re-neutralisation*).

Sú vyvíjané niektoré ďalšie možnosti recyklácie kyanidov, ktoré si ale vyžadujú ešte pilotné testy a zavedenie do praxe. Proces „Sart“ používa sulfid sodný v roztoku pre oddelenie kyanidu od Zn a Cu, čo vedie k získaniu kyanidu, ktorý môže byť priamo recyklovaný. Proces „Hannah“ je založený na rovnakom princípe, ale na odstránenie kyanidu používa iónovú výmenu v roztoku alebo celulózovú kašu, oddestilovanie kyanidu z iónomeniča a ďalej zrážanie Zn a Cu sulfidom sodným. Vzniká prúd silnejšieho kyanidu pre recykláciu, ktorý dáva možnosť vyššieho stupňa účinnosti recyklácie [109, DEVUYST, 2002].

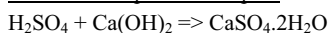
Proces SO₂ / vzduch, ktorý je používaný na všetkých európskych lokalitách pre úpravu suspenzie pred vypúšťaním do odkaliska, je zvyčajne opísaný pomocou nasledujúcich rovníc:

Oxidácia:

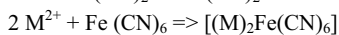
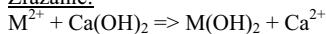


kde $\text{M}^{2+} = \text{Zn}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Cd}^{2+}$ atď.

Neutralizácia použitím vápna:



Zrážanie:



Kde M = Zn, Cu, Ni, Cd, Fe, atď.

Prítomnosť medených iónov podporuje priebeh týchto reakcií. Viazu sa na kyanid a tvoria stabilný komplex medi s oxidačným číslom 1, ktorý môže byť rozložený s použitím procesu INCO oxidáciou ako medi tak kyanidu. Čím vyššia je koncentrácia medi, tým sú tieto komplexy stabilnejšie. Na druhej strane vysoký obsah medi v rude vyžaduje viac kyanidu pre lúhovanie. Čo znamená, že pri zachovaní efektívnosti rozkladu kyanidu, zvyšková koncentrácia kyanidu bude vysoká.

Vplyv SO₂ nie je úplne vysvetlený, ale predpokladá sa, že vznikajú určité prechodné zlúčeniny, ktoré urýchľujú reakciu. Na lokalite **Bergama - Ovacik** sa používa síran železitý, dokonca na stabilizáciu akýchkoľvek ťažkých kovov.

Rozptyl kyselika je závislý od viskozity. Ak je viskozita vysoká, úroveň rozpusteného kyselika je nižšia a kinetika reakcie sa spomalí.

Rozklad kyanidov umožňuje znížiť koncentráciu $W_{\text{AD}}\text{CN}$ (W_{AD} – *Weak Acid Dissociable* – rozpustiteľný v slabých kyselinách) v suspenzii zo 140 mg.l⁻¹ pod 2 mg.l⁻¹, ak obsah medi v rude nie je príliš vysoký. Ak vstup do procesu kyanidového lúhovania obsahuje viac ako 0,1 % Cu, nie je možné dosiahnuť také nízke koncentrácie $W_{\text{AD}}\text{CN}$ v úpravárenských odpadoch. Pri vyšších koncentráciách medi môže byť potrebné použiť niekoľko stupňov rozkladu CN.

Tabuľka 68 uvádza koncentrácie CN na niektorých lokalitách [50, AU GROUP, 2002].

Tabuľka 68. Koncentrácia kyanidov v európskych lokalitách používajúcich kyanidizáciu

Lokalita	Boliden	Ovacik	Rio Narcea
Výluh:			
voľné CN (mg.l ⁻¹)	120	200	400 – 450 (NaCN)
pH	–	10,5	10,5
Početnosť meraní	denne	2 hodiny	kontinuálne, <i>on-line</i>
Minimum	70	180	–
Maximum	50	120	–
Odtok z Detox			
voľné CN	–	–	0
WADCN	–	0,33	10 - 30
celkové CN	–	0,4	–
pH	0,87	7 - 8	8,5
Početnosť meraní	1/deň SIS metóda 3/deň pikrická metóda	2 hodiny	3 hodiny
Minimum	0,31 (celkové)	0,06 (WAD)	1 (WAD)
Maximum	1,94 (celkové)	0,88 (WAD)	40 (WAD)
V odkalisku			
voľné CN	–	–	0
WADCN	–	0,23	20 – 30
celkové CN	0,3	0,39	–
pH	–	7 - 8	8,5
Početnosť meraní	sporadicky	denne	denne
Minimum	0,05 (celkové)	0,04 (WAD)	10 (WAD)
Maximum	0,74 (celkové)	0,71 (WAD)	30 (WAD)
Odtok z odkaliska		nie je odtok	nie je odtok, drenáž je vrátená do odkaliska
voľné CN			–
WADCN	0,06	–	0
celkové CN	–	–	0,5 – 1,0
pH	–	–	8 – 8,5
	–	–	
Početnosť meraní	denne	–	denne
Minimum	0	–	0,2 (WAD)
Maximum	0,33	–	2 (WAD)

Poznámka:

WAD – rozpustiteľné v slabej kyseline.

V úpravni Boliden je vykonávaný monitoring rozkladu CN^- a kvality vypúšťaných vôd z odkaliska a predčist'ovacej nádrže od roku 2001. Výsledky ukazujú, že 99,5 % CN^- je úplne sú rozložené. K ďalšej prirodzenej degradácii dochádza v odkalisku. Podobné výsledky boli získané z lokalít Ovacik a Rio Narcea.

Zatiaľ čo súčasné riešenie kyanidového problému sa sústreďuje na rozloženie kyanidu v jednorazovom systéme, je možné kyanid opäť získať a **recyklovať** a tým minimalizovať celkové množstvo používaného kyanidu a znížiť prevádzkové náklady. Opätovné získanie a recyklácia kyanidu znižuje koncentráciu CN^- v odkaliskách a znižuje náklady na rozloženie CN^- [106, LOGSDON, 1999].

Získavanie CN^- a ich recyklácia sa používa od roku 1930. Na mnohých lokalitách bola úspešne použitá metóda pomenovaná "AVR" (okysľovanie / sublimácia / reneutralizácia = *Acidification / Volatilisation / Re-neutralisation*). Je zrejme, že táto metóda spotrebúva veľké množstvo kyselín a alkálií, ale spotrebuje menej energie ako proces hydrolyza / destilácia. Tiež rýchlosť sublimácie je vyššia [104, YONG, 1995].

4.3.11.9 Pripustné reaktívne bariéry

Pripustná reaktívna bariéra je pripustná zóna, ktorá obsahuje reaktívny prvok na čistenie pretekajúcej vody, tvoriaci zariadenie, ktorého účelom je zachytenie a odstránenie kontaminačného mraku. Odstraňuje znečisťujúce látky zo systému prúdenia podzemnej vody pasívnym spôsobom, fyzikálnymi, chemickými alebo biologickými procesmi.

Kontinuálne pripustná reaktívna bariéra (*PRB - Permeable Reactive Barrier*) bola v prevádzkovom meradle inštalovaná v auguste 1995 v smere prúdenia z odkaliska kalu bývalého lovu v lokalite Nickel Rim Mine v Sudbury, Ontario, Kanada. Nickel Rim bola činná baňa od r. 1953 do r. 1958. Hlavnými získanými kovmi bola meď a nikel. Odkalisko podliehalo oxidácii po dobu približne 40 rokov. Kontaminačný mrak v podzemnej vode, ktorý sa šíri z odkaliska, zasahuje do blízkeho jazera. Hlavnými znečisťujúcimi látkami na lokalite sú nikel, železo a sulfáty. Počiatkové koncentrácie boli 2 400 – 3 800 $mg.l^{-1}$ sulfátu, 740 – 1 000 $mg.l^{-1}$ Fe a až 10 $mg.l^{-1}$ Ni.

Kontaminovaná zvodň je 3 - 10 m hrubá a je tvorená glaciofluviálnymi pieskami. Zvodň je obmedzená úzkou dolinou uzavretou na oboch stranách a zo spodku podložnými horninami. Rýchlosť prúdenia podzemnej vody vnútri zvodnenej vrstvy je odhadnutá na 15 m.rok⁻¹.

PRB bola inštalovaná naprieč údolím s použitím technológie výplne vo výkope („*cut-and-fill*“). Bariéra prepažuje dolinu a je 15 m dlhá, 4 m hlboká a 3,5 m široká. Pozostáva z reaktívnej zmesi obsahujúcej komunálny kompost, listový kompost a štiepky. Štrk s veľkosťou zrna hrachu bol pridaný do zmesi, aby bola zvýšená hydraulická pripustnosť. Pufrovacie zóny z hrubozrnného piesku boli vybudované na oboch stranách reaktívneho materiálu proti prúdu i po prúde. Na vrchol PRB bola umiestnená krycia vrstva hliny hrúbky 30 cm, aby bol minimalizovaný prístup povrchovej vody a kyslíka do PRB. Asanácia na lokalite Nickel Rim Mine bola vykonaná redukciou sulfátu a zrážaním sulfidov kovov, ako výsledok prítomnosti organického materiálu.

Monitorovacie vrty boli zriadené pozdĺž transektu paralelného s prúdením podzemnej vody. Odber vzoriek bol vykonaný mesiac po inštalácii bariéry a následne 9 mesiacov po inštalácii. Priebeh cez PRB spôsobil zníženie koncentrácie síranu na 110 až 1 900 $mg.l^{-1}$. Koncentrácie železa klesli pod 1 až 91 $mg.l^{-1}$. Koncentrácia rozpusteného niklu sa znížila pod 0,1 $mg.l^{-1}$ vnútri bariéry a pod ňou. Ďalej sa zvýšila hodnota pH z 5,8 na 7,0 naprieč bariérou. Celkovo PRB premenila zvodň z kyseliny produkujúcej na kyselinu spotrebujúcu.

Je naplánovaný monitoring, ktorý bude pokračovať minimálne tri roky s odberom vzoriek dvakrát ročne. Náklady sa pohybujú okolo 30 000 USD. Zahŕňajú návrh, výstavbu, materiál a reaktívnu zmes [123, PRB ACTION TEAM, 2003].

Vo Fínsku je v súčasnej dobe priepustná reaktívna bariéra realizovaná tak, že okolo lomu sú otvorené kanály vyplnené vápnom a rašelinou. Výsledky ukazujú, že na začiatku dosahuje redukcia obsahu kovov až 90 %. Po čase sa systém upcháva a reaktívny materiál musí byť vymenený. Rýchlosť upchatia závisí od okolností ako sú: obsah kovov a tuhých častíc, množstvo vody. Plánované náklady na tento typ konštrukcie sú odhadnuté na približne 100 Eur.m⁻³. Náklady na obnovu materiálu sú odhadnuté na približne rovnakú hodnotu.

Technológia sa dá tiež použiť na rekultivované odkalisko, kde aj niekoľko rokov po uzavretí sa produkuje malé množstvo kyslých výluhov. Alternatívnou pasívnou úpravou je použitie mokradí. Reaktívne bariéry môžu byť použité pre kyslé aj alkalické vody, ak znečisťujúce látky môžu byť odstránené bakteriálnou redukciou. Pre úspešnosť tejto metódy musí byť dobre identifikovaný režim prúdenia urobený tak, aby bolo zabezpečené, že voda skutočne prejde cez bariéru.

Pre činnosť baktérií sa vyžaduje prostredie s hodnotou pH okolo 5 – 7. Táto hodnota je zvyčajne nižšia, preto musí byť pH zvýšené vykonaním sulfidického zrážania (napríklad pridaním vápna). Ale pri príliš vysokom pH sa zrážajú kovy, ktoré spôsobujú rýchle upchatie. Preto musia byť reaktívne bariéry veľmi dobre prispôbené, aby úprava odtoku bola dostatočne účinná. Reaktívna bariéra má obmedzenú kapacitu a musí byť periodicky renovovaná.

4.3.12 Monitorovanie podzemnej vody

Podzemná voda je obvykle monitorovaná okolo všetkých odkalísk a odvalov. Pravidelne je monitorovaná hladina podzemnej vody a kvalita vôd [131, IMA, 2003].

V oblasti Cu ložiska Legnica-Glogow, na veľkom úložisku, zahŕňa monitorovacia sieť podzemných a povrchových vôd 800 monitorovacích bodov [113, HGHM POLSKA MIEDZ, 2002].

Obvykle, skôr ako veľkosť odkaliska, sa určujú požiadavky na monitorovanie na základe hydrogeologických podmienok. Odkaliská situované na rovine budú potrebovať väčší počet monitorovacích bodov, ako odkaliská na miestach, kde sú režim a prúdenie podzemných vôd lepšie definované.

4.3.13 Následná starostlivosť

4.3.13.1 Odkalisko hliníkových červených kalov

Vo fáze následnej starostlivosti musí byť vypúšťaná voda najprv upravovaná, kým sa nedosiahnú povolené limity pre vypúšťanie do povrchových vôd. Aj prístupové cesty, drenážny systém a zelený porast (zahŕňajúci aj nové ozelenenie) musí byť udržiavaný. V programe pri uzavretí úložiska je zavedené ďalšie monitorovanie kvality podzemných vôd, ktoré musí pokračovať [22, AUGHINISH, 2001].

5. NAJLEPŠIE DOSTUPNÉ TECHNICKY PRE NAKLADANIE S ODPADOM Z ŤAŽOBNEJ ČINNOSTI

5.1 Úvod

Pre pochopenie obsahu tejto kapitoly je potrebné sa vrátiť späť do úvodu k piatemu odseku „Ako pochopiť a ako používať tento dokument“. Techniky a miera účinnosti, uvedené v tejto kapitole boli stanovené iteratívnym procesom (t. j. postupným približovaním), ktorý zahrňoval nasledujúce kroky:

- identifikácia kľúčových problémov, týkajúcich sa životného prostredia a možných rizík/bezpečnosti danej problematiky,
- overovanie najvhodnejších techník používaných pri riešení kľúčových problémov,
- identifikácia najlepšej úrovne ochrany prostredia na základe dát dostupných v Európskej únii a celosvetovo dostupných dát,
- skúmanie podmienok, za ktorých boli tieto úrovne dosiahnuté, napríklad náklady, hlavné riadiace procesy, hlavné hnacie sily procesu zahrnuté do implementácie týchto techník,
- výber najlepších dostupných techník, priradenie emisií a úrovne spotreby pre toto odvetvie všeobecne.

Odborné posúdenie Európskou kanceláriou IPKZ (*European IPPC Bureau*) a príslušnou Technickou pracovnou skupinou (*Technical Working Group - TWG*) zohráva kľúčovú úlohu v každom z uvedených krokov a v spôsobe, akým sú informácie predkladané.

Na základe vyhodnotenia sú v tejto kapitole prezentované techniky, ktoré zodpovedajú tomuto odvetviu ako celku a vo veľa prípadoch odrážajú súčasnú účinnosť na niektorých lokalitách. Tam, kde sú uvádzané miery efektívnosti, je potrebné chápať ich ako účinnosť ochrany prostredia a mieru bezpečnosti, ktoré môžu byť predpokladané ako výsledok aplikácie opísaných techník v tomto odvetví. Pri tom sa uvažuje, že bilancia nákladov a výnosov je obsiahnutá v definícii jednotlivých najlepších dostupných techník (*Best Available Techniques - BAT*). Avšak hodnoty emisií a úrovne spotreby nemožno chápať ako limitné hodnoty. V niektorých prípadoch je možné zmenou technológie dosiahnuť lepšie hodnoty pre emisie alebo úroveň spotreby. Vzhľadom na náklady alebo na iné vplyvy nie sú považované za primerané, aby mohli byť uvedené ako *BAT* pre toto odvetvie ako celok. Ale takéto úrovne môžu byť považované za oprávnené v špecifických prípadoch.

Emisie a úroveň spotreby spojené s používaním *BAT* musia byť uvádzané spoločne so špecifickými referenčnými podmienkami (napríklad obdobie pre výpočet priemerných hodnôt).

Tam, kde je to možné, sú údaje o nákladoch uvedené spolu s opisom techník. Uvedené údaje poskytujú hrubú predstavu o výške zahrnutých nákladov. Skutočné náklady na používanie techník veľmi závisia od konkrétnej situácie, napríklad daní, poplatkov a charakteristiky príslušnej lokality. Špecifické faktory nie je možné v tomto dokumente úplne vyhodnotiť. V prípade, že údaje o nákladoch nie sú uvedené, je možné uskutočniť ekonomické zhodnotenie techník na základe porovnania existujúcich lokalít.

Je zámerom, aby všeobecné najlepšie dostupné techniky slúžili ako referenčný stav, voči ktorému sa bude posudzovať súčasná existujúca prevádzka, alebo budú slúžiť pre účely posúdenia žiadosti o stavbu novej prevádzky. Týmto spôsobom budú najlepšie dostupné techniky využívané pri určovaní primeraných podmienok pre novú prevádzku, alebo budú slúžiť na stanovenie všeobecných záväzných nariadení.

Predpokladá sa, že nové prevádzky budú navrhnuté tak, aby boli prevádzkované na rovnakých, alebo ešte lepších úrovniach účinnosti ako tých, ktoré sú uvedené v najlepších dostupných technikách. Taktiež predpokladáme, že existujúce prevádzky sa budú snažiť o dosiahnutie rovnakej alebo vyššej úrovne podľa výsledkov najlepších dostupných techník podľa ich technologických a ekonomických možností.

V každom prípade existuje potreba špecifických riešení pre danú lokalitu a pre jednotlivé fázy projektovania, výstavby, prevádzky, uzavretia a následnej starostlivosti. Je tiež potrebná nepretržitá kontrola a monitorovanie nakladania s ťažobným odpadom vzhľadom na rôzne typy mineralizácie, dobývania a techník úpravy nerastných surovín a vzhľadom na rôzne geologické, geotechnické, hydrogeologické a morfológické podmienky, ktoré sú špecifické pre každú lokalitu.

Hoci tento dokument nie je právne záväzný, je zámerom, aby poskytoval informácie pre priemysel, členské štáty a verejnosť o dosiahnuteľných prevádzkových podmienkach, emisiách a úrovniach spotreby, keď sa budú používať uvedené techniky.

V oblasti nakladania s ťažobným odpadom bolo pri rozhodovaní o najlepších dostupných technikách rozhodnuté na základe:

- účinnosti ochrany prostredia,
- rizika,
- realizovateľnosti.

Predovšetkým riziká sú faktorom veľmi špecifickým pre každú lokalitu.

5.2 Všeobecné zásady

Najlepšie dostupné techniky vychádzajú z:

- aplikácie všeobecných princípov uvedených v časti 4.1,
- aplikácie riadenia počas celého životného cyklu úložiska uvedeného v časti 4.2.

Riadenie počas celého životného cyklu úložiska zahŕňa všetky fázy činnosti na ložisku od otvárky po uzavretie, ktorými sú:

- etapa projektovania (časť 4.2.1),
 - základné informácie o stave životného prostredia v oblasti (časť 4.2.1.1),
 - charakteristika ťažobného odpadu (časť 4.2.1.2),
 - štúdie a plány na zariadenia pre nakladanie s hlušinou - odkalisko (časť 4.2.1.3), ktoré zahŕňajú nasledujúce aspekty:
 - dokumentáciu výberu oblasti,
 - posúdenie vplyvov na životné prostredie,
 - analýzu rizika,
 - havarijný plán,
 - plán nakladania,
 - vodnú bilanciú a plán riadenia vodného hospodárstva,
 - plán na ukončenie prevádzky a uzavretie,
 - zariadenia na nakladanie s hlušinou a projekt súvisiacich stavieb (časť 4.2.1.4),
 - kontrolu a monitorovanie (časť 4.2.1.5),

- etapa výstavby (časť 4.2.2),
- etapa prevádzkovania (časť 4.2.3) s časťami:
 - prevádzkové manuály (časť 4.2.3.1),
 - audity (časť 4.2.3.2),
- etapa uzavretia a následnej starostlivosti (časť 4.2.4), ktorá zahŕňa:
 - dodržiavanie dlhodobých cieľov po uzavretí (časť 4.2.4.1),
 - vymedzenie špecifických problémov pri uzavretí (časť 4.2.4.2) pre:
 - odvaly,
 - odkalisko, vrátane:
 - odkaliska s trvalým zavodnením,
 - odvodneného odkaliska,
 - zariadenia vodného hospodárstva.

Medzi najlepšie dostupné techniky ďalej patrí:

- zníženie spotreby činidiel používaných pri úprave (časť 4.3.2),
- prevencia proti vodnej erózií (časť 4.3.3),
- prevencia proti vzniku prašnosti (časť 4.3.4),
- výpočet vodnej bilancie (časť 4.3.5) a použitie výsledkov výpočtu na vytvorenie plánu vodného hospodárstva (časť 4.2.1.3),
- využívanie odsadenej vody (časť 4.3.9),
- monitorovanie podzemnej vody pri všetkých úložiskách ťažobných odpadov (časť 4.3.12).

Nakladanie s kyslými výluhmi

Charakteristika ťažobného odpadu (časť 4.2.1.2 v kombinácii s prílohou 4) zahŕňa stanovenie potenciálu tvorby kyslých výluhov v odpadoch. Pokiaľ existuje potenciál pre vznik kyslých výluhov, je najlepšou dostupnou technikou najskôr prevencia vzniku kyslých výluhov (časť 4.3.1.2).

Ak nie je možné ich tvorbe zabrániť, potom je potrebné produkciu kyslých výluhov kontrolovať (časť 4.3.1.3), alebo je potrebná úprava (časť 4.3.1.4). Často sa používa kombinácia uvedených opatrení (časť 4.3.1.6).

Všetky možnosti prevencie, riadenia a úpravy môžu byť aplikované na existujúce, aj na nové prevádzky. Najlepšie výsledky boli získané tam, kde boli plány na uzavretie lokality vytvorené v etape projektovania (konceptia činnosti od začiatku do konca).

Výber možností závisí predovšetkým od podmienok v danej lokalite. Takými faktormi sú napríklad:

- vodná bilancia,
- dostupnosť materiálu vhodného na prekrytie,
- hladina podzemnej vody.

Uvedené faktory ovplyvňujú výber techniky použiteľnej na danej lokalite. Časť 4.3.1.5 poskytuje nástroj rozhodovania pri výbere najvhodnejšieho postupu uzavretia.

Nakladanie s priesakmi (časť 4.3.10)

Úložisko ťažobného odpadu bude prednostne umiestnené v oblasti, kde sa nemusí zabezpečiť nepriepustnosť podložia pomocou umelého tesnenia (nepriepustná vrstva). Ak to nie je možné a kvalitatívne parametre priesakov sú nevyhovujúce, alebo je objem priesakov veľký, je potrebné priesakom predchádzať, znížiť ich (časť 4.3.10.1) alebo ich regulovať (časť 4.3.10.2) (uvedené podľa preferencií). Často sú využívané kombinácie týchto opatrení.

Emisie do vody

Najlepšou dostupnou technikou je:

- opakované použitie technologickej vody (časť 4.3.11.1),
- miešanie technologickej vody s inými vodami, ktoré obsahujú rozpustené kovy (4.3.11.3),
- budovanie usadzovacích nádrží za účelom zachytávania jemných častíc (časť 4.3.11.4.1),
- odstránenie nerozpustených látok a rozpustených kovov pred vypustením vody do vodných tokov (časť 4.3.11.4),
- neutralizácia vypúšťaných alkalických vôd kyselinou sírovou alebo oxidom uhličitým (časť 4.3.11.6),
- odstránenie arzénu z banských vôd pridávaním železitých solí (časť 4.3.11.7).

Príslušné kapitoly v časti 3 o úrovni emisií a spotreby poskytujú príklady dosiahnutých úrovní. Medzi aplikovanou technikou a dostupnými údajmi o emisiách nemožno vysledovať žiadnu koreláciu. Preto nemožno v tomto dokumente urobiť žiadne závery s odporúčaním najlepšej dostupnej techniky a s ňou spojenou úrovňou emisií.

Nasledujúce postupy patria medzi najlepšie dostupné techniky pri úprave kyslých výluhov (časť 4.3.11.5):

- aktívna úprava:
 - pridávanie vápenca (uhličitanu vápenatého), hydroxidu vápenatého alebo nehaseného vápna,
 - pridávanie uhličitanu sodného (kaustickej sódy) do kyslých výluhov s vysokým obsahom mangánu,
- pasívna úprava:
 - vybudovanie mokradí,
 - otvorené vápencové priekopy / anoxické vápencové drenáže,
 - odvádzacie vrty.

Pasívne systémy úpravy sú dlhodobým riešením po ukončení prevádzky v lokalite, kde sa používajú ako dodatočný stupeň v kombinácií s inými (preventívnymi) opatreniami.

Emisie hluku (časť 4.3.5)

Najlepšou dostupnou technikou je:

- použitie kontinuálne prevádzkovaných systémov (napríklad dopravné pásy, potrubia),
- zapuzdrenie pohonov pásov v oblastiach, kde sú emisie hluku miestnym problémom,
- prednostné vytvorenie vonkajšieho svahu odvalu a potom premiestnenie pracovných aktivít do vnútorného priestoru cloneného odvalom, pokiaľ je to možné.

Projektovanie odkaliska

K opatreniam uvedeným v kapitolách 4.1 a 4.2 počas etapy **projektovania** (časť 4.2.1) **odkalísk** je najlepšou dostupnou technikou:

- stanovenie storočnej vody ako základného údajja pre projektovanie havarijného výpustu hrádze s malým rizikom,
- stanovenie 5 000-ročnej a 10 000-ročnej vody ako základného údajja pre projektovanie havarijného výpustu hrádze s vysokým rizikom.

Budovanie odkaliska

K opatreniam uvedeným v kapitolách 4.1 a 4.2 je počas etapy **budovania** (časť 4.2.2) **odkalísk** najlepšou dostupnou technikou:

- odstránenie akejkoľvek vegetácie a ornice z podložia hrádzí (časť 4.4.3),
- voľba takého materiálu pre konštrukciu hrádze, ktorý je vhodný a je stabilný v prevádzkových a klimatických podmienkach (časť 4.4.4).

Zvyšovanie hrádze odkaliska

K opatreniam uvedeným v kapitolách 4.1 a 4.2 počas etapy **budovania a prevádzkovania** (časti 4.2.2 a 4.2.3) **odkalísk** je najlepšou dostupnou technikou:

- vyhodnocovanie rizika veľmi vysokého pórového tlaku a monitorovanie pórového tlaku pred a po každom zvýšení. Vyhodnotenie by malo byť urobené nezávislým expertom,
- použitie hrádzí konvenčného typu (časť 4.4.6.1) za nasledujúcich podmienok, keď:
 - nie je vhodné použitie kalu pri budovaní hrádze,
 - je potrebné vytvoriť nádrž na zadržiavanie vody,
 - sa odkalisko nachádza na vzdialenom a ťažko prístupnom mieste,
 - je potrebná dlhšia doba na zadržiavanie vody z dôvodu odbúravania toxických látok (napríklad kyanidov),
 - je prirodzený prítok do nádrže veľký alebo veľmi koliše a je potrebné využiť vyrovnávaciu nádrž pre reguláciu prietoku vody,
- použitie metódy zvyšovania hrádzí proti vode (časť 4.4.6.2) za podmienok, keď:
 - je seizmické riziko veľmi nízke,
 - sa pre budovanie hrádze používa ťažobný odpad: najmenej 40 – 60 % odpadu tvorí materiál o veľkosti zrn medzi 0,075 a 4 mm (neplatí pre zahustený kal),
- použitie metódy zvyšovania hrádzí po vode (časť 4.4.6.3) za podmienok, keď:
 - je k dispozícii dostatočné množstvo materiálu pre budovanie hrádze (napríklad ťažobný odpad),
- použitie metódy zvyšovania hrádze zo stredu (časť 4.4.6.4) za podmienok, keď:
 - je seizmické riziko nízke.

Prevádzkovanie odkaliska

K opatreniam uvedeným v častiach 4.1 a 4.2 je počas etapy prevádzkovania (časť 4.2.3) odkalísk najlepšou dostupnou technikou:

- monitorovanie stability tak, ako je to uvedené,
- návrh opatrení na odklonenie prítokov do odkaliska v prípade problémov,
- vytvorenie alternatívneho vypúšťania do inej nádrže,
- vytvorenie druhého dekantačného zariadenia (napríklad havarijný prepád, časť 4.4.9) a/alebo používanie pohotovostných sacích čerpadiel pre havarijnú situáciu, keď hladina vody v odkalisku dosiahne dopredu určenú maximálnu výšku prevýšenia (časť 4.4.8),
- merania pohybu podložia hĺbkovými inklinormi pre získanie údajov o pôrovo tlaku,
- poskytnutie zodpovedajúceho odvodnenia (drenáže) (časť 4.4.10),
- archivácia projektovej a stavebnej dokumentácie pri aktualizácii alebo zmenách dokumentácie,
- vedenie prevádzkovej dokumentácie tak, ako je opísané v kapitole 4.2.3.1 a zabezpečenie nezávislého auditu podľa kapitoly 4.2.3.2,
- vzdelávanie a poskytovanie vhodného zaškolenie zamestnancov.

Odvádzanie prebytočnej vody z odkaliska (časť 4.4.7.1)

Najlepšou dostupnou technikou je:

- vybudovanie odvodňovacej trasy pre prebytočnú vodu v pôvodnom rastlom teréne, ktorá ide mimo odkaliska v doline,
- použitie dekantačnej veže:
 - v zímnych podmienkach s pozitívnou vodnou bilanciou,
 - pre odkaliská budované na rovine („*paddock-style*“),
- použitie dekantačných nádrží:
 - v letných podmienkach s negatívnou vodnou bilanciou,
 - pre odkaliská budované na rovine („*paddock-style*“),
 - v stave, keď je udržiavané vysoké prevádzkové prevýšenie hrádze.

Odvodnenie ťažobných odpadov (časť 4.4.16)

Voľba metódy (suspenzia, zahustená alebo vysušená hlušina) závisí predovšetkým od vyhodnotenia troch faktorov, a to:

- nákladov,
- účinnosti ochrany životného prostredia,
- rizika havárie.

Pre nakladanie s hlušinou je najlepšou dostupnou technikou:

- nakladanie so suchým odpadom z úpravy (časť 4.4.16.1),
- nakladanie so zahusteným kalom (časť 4.4.16.2),
- nakladanie s kalom (časť 4.4.16.3).

Existuje veľa ďalších faktorov, ktoré ovplyvňujú výber vhodnej techniky pre danú lokalitu.

Niektoré z týchto faktorov sú:

- mineralogické zloženie nerastnej suroviny,
- hodnota nerastnej suroviny,
- zrnitosť zloženie,
- dostupnosť technologickej vody,
- klimatické podmienky,
- dostupný priestor na nakladanie s ťažobným odpadom.

Prevádzkovanie odkalísk a odvalov

K opatreniam uvedeným v kapitolách 4.1 a 4.2 počas etapy **prevádzkovania** (časť 4.2.3) **každého úložiska ťažobného odpadu** je najlepšou dostupnou technikou:

- odklonenie prirodzeného vonkajšieho odtoku (časť 4.4.1),
- ukládanie ťažobného odpadu priamo v ťažobných jamách (časť 4.4.1), v uvedenom prípade nie je problémom stabilita svahu odvalov / hrádze odkaliska,
- aplikovať bezpečnostný faktor najmenej 1,3 na všetky odvaly a hrádze počas prevádzky (časť 4.4.13.1),
- vykonávať progresívnu rekultiváciu / zazeleneenie (časť 4.3.6).

Monitorovanie stability

Najlepšou dostupnou technikou je:

- monitorovanie v odkalisku (časť 4.4.14.2):
 - monitorovanie vodnej hladiny,
 - monitorovanie kvality a množstva vody presakujúcej hrádzou (časť 4.4.12),
 - monitorovanie hladiny podzemnej vody,
 - monitorovanie pórového tlaku,
 - monitorovanie pohybu hrebeňa hrádze a usadeného kalu,
 - monitorovanie seizmickej činnosti, aby bola zaistená stabilita hrádze a podlažia (časť 4.4.14.4),
 - monitorovanie dynamického pórového tlaku a stekutenia,
 - monitorovanie mechaniky zemín,
 - monitorovanie procesov sedimentácie kalu,
- monitorovanie v odvale (časť 4.4.14.2):
 - monitorovanie geometrie svahov / etáží,
 - odvodnenie hornej a spodnej časti odvalu,
 - pórový tlak,
- ďalej vykonávanie:
 - v prípade odkalísk:
 - denných prehliadok (časť 4.4.14.3),
 - každoročného monitorovania (časť 4.4.14.3),
 - nezávislých kontrol (časť 4.2.3.2 a časť 4.4.14.3),
 - vyhodnocovania bezpečnosti existujúcich hrádz (Safety Evaluation of Existing Dam - SEED) (časť 4.4.14.3),

- v prípade odvalov:
 - denných prehliadok (časť 4.4.14.3),
 - geotechnického monitorovania (časť 4.4.14.3),
 - nezávislých geotechnických kontrol (časť 4.4.14.3).

Zmiernenie dôsledkov havárií

Najlepšou dostupnou technikou je:

- havarijné plánovanie (časť 4.6.1),
- vyhodnocovanie a vyšetrovanie mimoriadnych udalostí (časť 4.6.2),
- monitorovanie potrubných vedení (časť 4.6.3).

Znižovanie dopadov

Najlepšou dostupnou technikou je:

- pokiaľ je to možné, zabrániť a/alebo znížiť produkciu ťažobného odpadu (časť 4.1),
- použitie ťažobného odpadu na základku (časť 4.5.1) za podmienok, keď:
 - je zakladanie vyžadované ako súčasť metódy dobývania (časť 4.5.1.1),
 - sú ďalšie náklady na zakladanie kompenzované prinajmenšom vyššou výťažnosťou úžitkovej zložky,
 - sa ťažba vykonáva povrchovo a ak je možné ľahko odvodniť hlušinu (napríklad odparovaním a odtokaním, filtráciou), môžu mať odkaliská obmedzenú veľkosť (kapitoly 4.5.1.2, 4.5.1.3, 4.5.1.4, 4.4.1),
 - sú pre zakladanie dostupné staré vyťažené ťažobné jamy v malej vzdialenosti (časť 4.5.1.5),
 - sú pre zakladanie využité veľké vydobyté priestory v hlbinných baniach (časť 4.5.1.6). Vyťažené priestory, do ktorých je zakladaná zemina vo forme suspenzie, musia byť odvodňované (časť 4.5.1.9). Aby bola zvýšená stabilita, pridávajú sa niekedy spojivá (časť 4.5.1.8),
- zakladanie ťažobným odpadom vo forme pasty (časť 4.5.1.10), keď sú splnené podmienky pre použitie zakladania, a ak:
 - je nutné použiť pevnú základku,
 - je hlušina veľmi jemnozrnná, takže pre hydraulické zakladanie by bolo málo materiálu. V tomto prípade by znamenalo veľké množstvo jemného podielu veľmi zdlhavé odvodnenie,
 - je vhodné zadržať vodu mimo bane, alebo keď je nákladné čerpať prebytočnú vodu (napríklad na veľkú vzdialenosť),
- zakladanie hlušiny za podmienok (časť 4.5.2), keď:
 - môže byť zakladaná pod zemou,
 - sa v blízkosti nachádza jedna alebo viac vyťažených ťažobných jám (niekedy sa nazýva ako "dobývanie prekládkou"),
 - je ťažba v povrchovej bani vykonávaná takým spôsobom, že je možné ju zakladať bez narušenia ťažby,
- preskúmanie možného použitia ťažobného odpadu (časť 4.5.3).

Uzavretie a následná starostlivosť po uzavretí

K opatreniam uvedeným v kapitolách 4.1 a 4.2 v etape **uzavretia a po uzavretí** (časť 4.2.4) **každého úložiska ťažobného odpadu** je ďalej najlepšou dostupnou technikou:

- požiadavky na uzavretie a následnú starostlivosť po uzavretí sú definované ešte počas prevádzky zariadenia (napr. plán nakladania), vrátane odhadov nákladov a potom sa občasne aktualizujú (časť 4.2.4). Počas prevádzky by mali byť stanovené požiadavky na rekultiváciu, ktoré môžu byť potom v etape uzavretia odkaliska detailne rozpracované.
- použitie bezpečnostného faktora najmenej 1,3 pre odkalisko a odvaly po uzavretí (časť 4.2.4 a 4.4.13.1), pretože existujú rozdielne názory na trvalé zavodnenie (časť 7).

Najlepšou dostupnou technikou pre etapu uzavretia a starostlivosti po uzavretí je vybudovanie dlhodobo stabilnej hrádze, pokiaľ je pre uzavretie zvolené trvalé zavodnenie (časť 4.2.4.2).

5.3 Lúhovanie zlata kyanidom

Ku všeobecným opatreniam uvedeným v kapitole 5.2 pre všetky prevádzky používajúce kyanidové lúhovanie zlata patria medzi najlepšie dostupné techniky:

- zníženie používania kyanidu aplikáciou:
 - prevádzkových technológií s minimálnym prídavkom kyanidu (časť 4.3.2.2),
 - automatickej kontroly kyanidu (časť 4.3.2.2.1),
 - predúpravy peroxidom tam, kde je to možné (časť 4.3.2.2.2),
- pred vypúšťaním do odkaliska odstrániť zostávajúci voľný kyanid (časť 4.3.11.8). Tabuľka 67 ukazuje príklady úrovne kyanidov nameraných v niektorých lokalitách v Európe,
- aplikovať nasledujúce bezpečnostné opatrenia (časť 4.4.15):
 - dimenzovať okruh pre odstraňovanie kyanidu (detoxifikačnú jednotku) na dvojnásobnú kapacitu, ako je skutočná požiadavka,
 - inštalovať záložný systém pre prídavanie vápna,
 - inštalovať záložné generátory energie.

5.6 Uhlie

K všeobecným opatreniam uvedeným v kapitole 5.2 je najlepšou dostupnou technikou pre všetky úpravy uhlia nasledujúci postup:

- zabrániť priesakom (časť 4.3.10.4),
- odvodniť jemnozrnný podiel kalu pod 0,5 mm z flotácie (časť 4.4.16.3).

5.7 Environmentálny manažment

Veľa postupov pri environmentálnom manažmente je určených ako najlepšia dostupná technika. Rozsah (napr. úroveň detailov) a charakter systému environmentálneho manažerstva (EMS) (napríklad štandardizovaný alebo neštandardizovaný postup) sa bude vo všeobecnosti vzťahovať na charakter, rozsah a zložitosť zariadenia na nakladanie s ťažobným odpadom a bude uvádzať rozsah vplyvu na životné prostredie, ktoré môže zariadenie spôsobiť.

Najlepšou dostupnou technikou je zavedenie a riadenie prostredníctvom systému environmentálneho manažerstva (EMS), ktorý podľa jednotlivých podmienok zahŕňa (pozri časť 4):

- definovanie environmentálnej politiky vrcholovým manažmentom pre zariadenia (schválenie vrcholovým manažmentom je považované za základnú podmienku pre úspešnú aplikáciu systému environmentálneho manažmentu),
- plánovanie a stanovenie potrebných postupov,
- implementáciu postupov s osobitným zreteľom na:
 - štruktúru a zodpovednosť,
 - zaškolenie, povedomie a kompetenciu,
 - komunikáciu,
 - spoluzodpovednosť zamestnanca,
 - dokumentáciu,
 - efektívne riadenie procesov,
 - program udržiavanie postupov,
 - pripravenosť na havarijné situácie a schopnosť na ne reagovať,
 - zabezpečenie zhody s legislatívou týkajúcou sa životného prostredia,
- kontrolu implementácie postupov a kontrolu nápravných opatrení s osobitným zreteľom na:
 - monitorovanie a meranie (pozri aj referenčný dokument o monitorovaní emisií – *Reference Document on Monitoring od Emissions*),
 - nápravné a preventívne postupy,
 - uchovávanie záznamov,
 - nezávislý (kde je to možné) vnútorný audit, aby sa zistilo, či sa systém environmentálneho manažmentu vytvára alebo nie podľa plánu a či je správne implementovaný a udržiavaný,
- kontrolu vrcholovým manažmentom.

Nasledujúce tri opatrenia, ktoré môžu doplniť to, čo je uvedené vyššie, sú považované za podporné opatrenia. Ich absencia nie je vo všeobecnosti v rozpore s najlepšimi dostupnými technikami.

Týmito troma ďalšími opatreniami sú:

- ☑ zavedenie systému riadenia a systému vykonávania kontrol, ktorý bude preverený a schválený akreditovaným orgánom pre certifikáciu alebo externým overovateľom systému environmentálneho manažérstva,
- ☑ príprava a publikovanie (a prípadné overenie externým orgánom) pravidelných správ o vplyve na životné prostredie, ktoré popisujú všetky významné aspekty zariadenia a umožňujú každoročné porovnanie s cieľmi ochrany životného prostredia a tiež porovnanie s ostatnými zariadeniami (*benchmarking*),
- ☑ implementácia a plnenie medzinárodne uznávaných systémov, napríklad EMAS a EN ISO 14001:1996. Tento dobrovoľný krok by mohol zvýšiť dôveryhodnosť systému environmentálneho manažérstva. Predovšetkým EMAS, ktorý zahŕňa všetky uvedené prvky, zvyšuje dôveryhodnosť systému. Aj neštandardizované systémy môžu byť principiálne rovnako efektívne, keď budú správne vytvorené a implementované.

Špecificky pre oblasť nakladania s ťažobným odpadom je najlepšou dostupnou technikou aplikovať integrovaný systém riadenia rizík / bezpečnosti a environmentálneho manažérstva. Preto musí byť environmentálny manažment vyvinutý a vykonávaný spolu s vyhodnocovaním / riadením rizík opísaných v kapitole 4.2.1 a s riadením prevádzky, kontrolami a údržbou opísanými v kapitole 4.2.3.1.

7. REFERENCIE

6 ICOLD (1996). "Tailings dam and environment", ICOLD, Paris, issn 0534-8293.
7 ICOLD (1996). "Monitoring of tailings dams", ICOLD, Paris, issn 0534-8293.
8 ICOLD (1996). "A guide to tailings dams and impoundments, design, construction, use and rehabilitation", ICOLD, Paris, 92-807-1590-7.
9 ICOLD (2001). "Tailings dams, risk of dangerous occurrences", ICOLD, Paris, issn 0534-8293.
11 EPA, A. (1995). "Tailings containment", Best practice environmental management in mining.
12 K. Adam, E. M. (2001). "Closure plan of a pyrite concentrate stockpile at Stratoni mines , Greece", TVX Hella/Echmes.
13 Vick, S. G. (2001). "Stability aspects of long-term closure for sulfide tailings".
14 Höglund, L. O. (2001). "EU - Towards a new mines directive - Main priorities" <i>Ireland</i> .
18 Mining Association of Canada, C. (1998). "A guide to the management of tailings facilities".
19 K+S (2002). "Potash Industry contribution to MTWR-BREF", K+S.
20 Eriksson, N. (2002). "Acid Rock Drainage (ARD)".
21 Ritcey, G. M. (1989). "Tailings management, problems and solutions in the mining industry", Process Metallurgy 6, Elsevier, 0-444-87374-0.
22 Aughinish (2001). "Residue storage area extensions scheme, environmental impact statement, chapter 4", Aughinish alumina refinery, IPC permit application.
23 Tara, M. L. (1999). "IPC application, attachment No. 22, reclamation and closure plan - preliminary cost estimate (Golder Associates)", Irish EPA.
24 British Columbia CN guide, H. (1992). "Technical guide for the environmental management of cyanide in mining".
25 Lisheen, M. L. L. (1995). "Environmental impact statement", Irish EPA.
26 Mudder, B. (2000). "A global perspective of cyanide", http://www.mineralresourcesforum.org/initiatives/cyanide/docs/mudder.pdf .
27 Derham, J. (2002). "Analysis of red mud", personal communication.
29 Barytes, A., P. Huxtable (2002). "Barytes BAT note".
30 Weber, Z. (2001). "World mining data", 3-901074-14-7.
31 Ritcey (1989). "Tailings management ,same as tm 21".
32 Derham, H. (2002). "Detailed red mud analysis", Irish EPA, personal communication.
33 Eurallumina, I., Alfredo Teodosi (2002). "BREF questionnaire reply, Bauxite", 5.4.2002.
34 EAA, E. N. (2002). "European Alumina plants production in 2001", EAA, personal communication.
35 EIPPCB (2001). "Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries".
36 USGS (2002). "Metal Statistics and Information", US Geological Survey, http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/ .
37 Mineralgallery (2002). "Minerals information", http://mineral.galleries.com .

38 Weber, L. (2002). "Information on manganese", personal communication.
39 IMA (2002). "3.x Feldspar (if recovered by flotation)_1", IMA, 29.3.2002.
40 IMA (2002). "Kaolin chapter draft 1", 19.03.2002.
41 Stokes, M. (2002). "Presentation on Lisheen TMF", Anglo, Lisheen, personal communication.
42 IMA (2002). "Limestone contribution", IMA, 15.4.2002.
43 Sogerem, E. (2002). "Fluorspar contribution", Euromines, 17.4.2002.
44 Italy (2002). "Questionnaire response from Nuova Mineraria Silius Italy, Fluorspar and Lead Sulphide", ENEA - C.R. CASACCIA, 5.4.2002.
45 Euromines (2002). "Framework for mining waste management", Euromines, 22.4.2002.
48 Bennett, E., Jans (IMA-EUROPE) (2002). "Good environmental practice in the European extractive industry: A reference guide".
49 Iron group, E. (2002). "Contribution iron ore, Swedish mining industry (LKAB)", Euromines.
50 Au group, E. (2002). "Contribution gold, Swedish mining industry (Boliden)", Euromines.
51 Iron group, E. (2002). "LKAB water data", Euromines, personal communication.
52 Tungsten group, E. (2002). "Industry contribution tungsten", Euromines, 2.5.2002.
53 Vick, S. G. (1990). "Planning, design, and analysis of tailings dam", BiTech, 0-921095- 12-0.
54 IGME (2002). "Base metals contribution (Asturiana de Zinc)", Instituto Geologico y Minero de Espana, 10.4.2002.
55 Iron group, E. (2002). "Contribution iron ore, Austrian mining industry (Erzberg)", 3.7.2002.
56 Au group, E. (2002). "Contribution gold, Turkish mining industry (Ovacik)", Euromines, 26.3.2002.
57 IGME (2002). "Contribution gold, Spanish mining industry 1 (Filon Sur)", Instituto Geológico y Minero de Espana (IGME), 10.2.2002.
58 IGME (2002). "Contribution gold, Spanish mining industry 2 (Rio Narcea)", Instituto Geológico y Minero de Espana (IGME), 10.2.2002.
59 Himmi, M. (2002). "Contribution gold, Finnish mining industry (Orivesi)", Outokumpu Oy, 11.2.2002.
61 IGME (2002). "Base metals industry contribution (Almagrera)", Instituto Geológico y Minero de Espana (IGME), 10.2.2002.
62 Himmi, M. (2002). "Base metals industry contribution (Outokumpu, Pyhäsalmi and Hitura site)", Outokumpu Oy, 11.2.2002.
63 Base metals group, E. (2002). "Base metals industry contribution (Aitik)", Boliden/Euromines, 17.4.2002.
64 Base metals group, E. (2002). "Base metals industry contribution (Garpenberg)", Boliden/Euromines, Spring 2002.
65 Base metals group, E. (2002). "Base metals industry contribution (Boliden)", Boliden/Euromines, spring 2002.
66 Base metals group, E. (2002). "Base metals industry contribution (Zinkgruvan)", Rio Tinto/Euromines, 10.4.2002.
67 IGME (2002). "Base metals industry contribution (Cobre Las Cruces)", Instituto Geológico y Minero de Espana (IGME), 10.2.2002.

68 Eriksson, A. (2000). "The tailings pond failure at the Aznalcollar mine, Spain" Sixth International Symposium in Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production, 30 May – June 2, <i>Calgary, Alberta, Canada</i> .
69 Nguyen, K. H., P. (2002). "JK Frothcam, flotation plant control with JK Frothcam", TK Tech, pdf file from http://www.jktech.com.au/products/hardware/slideshows/FrothCam.pdf .
70 EAA, E. A. A. (2002). "Annual report 2001", EAA.
71 Himmi, M. O. (2002). "BREF contribution, chrome section", Outokumpu Oy, 11.2.2002.
73 Ivernia West, I. (2002). "Operations, Lisheen", http://www.ivernia.com/operate/lisheen.htm .
74 Outokumpu (2002). "Tara mine", Outokumpu Oy, http://www.outokumpu.com/mining/wwwmining.nsf/StartFrame?Openform .
75 Minorco Lisheen/Ivernia West, S., Robertson and Kirsten (1995). "Planning study tailings management facility, technical report", Irish EPA.
76 Irish EPA, L. (2001). "Waste comparison report 2000-2001 and other reports", Irish EPA.
77 Robinsky, E. I. (2000). "Sustainable development in disposal of tailings" Tailings and mine waste '00, <i>Fort Collins, Colorado</i> .
78 Ron Tenny, E., Inc., and Jack Adams, Applied Biosciences Corp. (2001). "Ferric salts reduce arsenic in mine effluent by combining chemical and biological treatment", Environmental Science & Engineering, January 2001.
79 DSK (2002). "BREF contribution", DSK, 15.4.2002.
80 DSK, S. (2002). "Flotation tailings from hard coal production", DSK, personal communication.
81 MSHA (2002). "What is in coal tailings?", MSHA, http://www.msha.gov/impoundments/chemicals-imp.HTM .
82 Iron group, L. (2002). "LKAB tailings analysis", LKAB/Euromines, personal communication.
83 Kribek, H. (2002). "Czech Republic BREF contribution coal", University Ostrava and Czech Geological survey, 12.4.2002.
84 IGME (2002). "Gestión de residuos de la minería del carbón", Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 18.7.2002.
85 EPA, U. (2002). "Mid-atlantic acidification treatment techniques", US EPA, http://www.epa.gov/region03/acidification/treatment.htm .
89 Teodosi, A. (2002). "BREF allumina addendum", 05.07.2002.
90 Peppas, G., Christou (2002). "BREF questionnaire reply, bauxite", Euromines, ? of April 2002.
91 Foldessy (2002). "BREF questionnaire reply, Hungary", University of Miskolc Hungary, 3.5.2002.
92 EBA, E. B. A. (2002). "BREF contribution", Industrial Minerals Association (IMA), 22.4.2002.
93 Atlas Copco, C. a. m. (2002). "Underground mining", Atlas Copco, http://sg01.atlascopco.com/SGSite/Default.asp?cookie%5Ftest=1 .
94 Life, M. (2002). "Miner's toolbox, mine backfill engineering", http://www.mininglife.com/Miner/backfill.htm .
95 Elander, L., Hakansson (1998). "MiMi - Prevention and control of pollution from mining waste products", Mistra programme MiMi.
97 Environment Australia, E. (2002). "Best practice principles for minesite water management plan", EA, http://www.ea.gov.au/industry/sustainable/mining/booklets/water/water4.html .
98 Eriksson, N. (2002). "Cost estimate", Euromines.

99 Devuyt, E. A. (2002). "Cost for INCO process", INCO, personal communication.
100 Eriksson, N. (2002). "Closure of mining waste facilities", Euromines.
101 Tara mines, G. (1999). "TMF reclamation plan, IPC license application", Irish EPA.
104 Young, e. a. (1995). "Cyanide remediation: current and past technologies" 10th annual conference on hazardous waste research, <i>Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA</i> .
106 Logsdon, H., Mudder (1999). "The management of cyanide in gold extraction", ICME, 1-895720-27-3.
107 EuLA, E. L. A. (2002). "Fallbeispiel Flandersbach quarry", EuLA, European Lime Association.
108 EuLA (2002). "Planung, Betrieb und Überwachung eines Absetzbeckens im Kalkwerk Münchehof der Felswerke, Goslar", EuLA, European Lime Association, 12.09.2002.
109 Devuyt (2002). "CN destruct/recycle 1", INCO, personal communication.
110 IGME (2002). "Gestión de residuos de las explotaciones de minerales no metálicos", Instituto Geológico y Minero de Espana (IGME), July 2002.
111 DSK (2002). "World hard coal production", based on www.kohlenstatistik.de , personal communication.
112 Commission, E. (2002). "Report from the Commission to the Council concerning Mercury from the Chlor-alkali Industry", European Commission, COM(2002)489.
113 S.A., K. P. M. (2002). "BREF contribution", KGHM Polska Miedz S.A., 9.-13.12.2002.
116 Nilsson, Å. (2001). "Safe dam constructions" Safe tailings dam construction, <i>Gällivare, Sweden</i> .
117 Forestry, F. M. o. A. a. (1997). "Dam Safety Code of Practice", Finnish Ministry of Agriculture and Forestry, 951-53-1335-X.
118 Zinkgruvan (2003). "Chapter 4 contribution", Rio Tinto/Euromines, 26.3.2003.
119 Benkert, A. (2003). "Dam safety - Independent Audits", Euromines, 26.3.2003.
120 Sawyer, R. (2002). "Information on mine tailings", KMC, personal communication.
122 Eriksson, N. (2003). "Subaqueous tailings disposal", Euromines.
123 PRB action team, U. (2003). "PRB installation profiles, Nickel Rim Mine Site, Sudbury, Ontario, Canada", Remediation Technologies Development Forum (RTDF) , PRB action team, http://www.rtdf.org/public/permbarr/prbsumms/profile.cfm?mid=41 .
124 US FRTR, U. F. R. T. R. (2003). "Constructed wetlands", Federal Remediation Technology Roundtable (FRTR), http://www.ftr.gov/matrix2/section4/4-43.html .
125 Grigg, C. (2003). "Kernick mica dam", IMA, 8.4.2003.
126 Eriksson, N. (2003). "Design of long-term stable tailings dams", Euromines.
127 Benkert, A. (2002). "Tailings dam constructions" Gällivare tailings dam seminar, <i>Gällivare, Sweden</i> .
129 Finland, F. M. o. A. a. F. (1997). "Dam Safety Code of Practice", Finnish Ministry of Agriculture and Forestry, 951-53-1335-X.
130 N.C.B., U. N. C. B., Technical Handbook (1970). "Spoil heaps and lagoons", UK National Coal Board.
131 IMA (2003). "IMA's proposal for chapter 4 (final)", IMA Europe, 26.3.2003.
135 Wettig, J. (2003). "Actions by the European Commission concerning emergency preparedness in the mining industry" "APELL for Mining" Workshop, <i>Geneva, Switzerland</i> .

136 Carlssons, E. (2002). "Sulphide-rich tailings remediated by soil cover", Luleå Technical University, diss 2002:44.
137 Lindvall, M., Lindahl, L.-A., Eriksson, N. (1997). "The reclamation project at the Saxberget mine, Sweden", Prepared for The Fourth Intern. Conference on Acid Rock Drainage, Vancouver, B.C., 1997.
138 Verburg, R. B. (2002). "Paste technology for disposal of acid-generating tailings", Mining Environment, July 2002, pp. 5.
139 Eurostat (2003). "Yearbook 2003".
140 Collin, M. (1987). "Mathematical modelling of water and oxygen transport in layered soil covers for deposits of pyritic mine tailings", Dept. of Chemical Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm.
141 Panasqueira, M. d. (2003). "Tungsten, Minas de Panasqueira".
142 Borges, A. (2003). "Questionário sobre as MTD para a gestão de estéreis e rejeitados das actividades mineiras", Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Instituto dos Resíduos.
143 Siirama, L. (2003). "Siilinjärvi Phosphate Operation".

Literatúra použitá pri preklade:

Hanzel, V. (ed.), 1998: Geologický slovník – Hydrogeológia. <i>Geological Dictionary – Hydrogeology</i> . Vydavateľstvo Dionýza Štúra, Bratislava.
Molák, B, Liščák, P. a kolektív, 2002: Anglicko-slovenský geologický slovník so zoznamom slovenských názvov. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
Ondrášik, R. (ed.), 1992: Geologický terminologický slovník – Inžinierska geológia. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.

VÝZNAMOVÝ SLOVNÍK

F.1 Všeobecné termíny, zkratky, symboly

Termín	Význam
A	
Acidifikácia	Vznik acidity (kyslej reakcie) bez ohľadu na jej vplyv na chemizmus pôrovej vody alebo na schopnosť materiálu vytvárať aciditu alebo ju neutralizovať.
Acidobázická bilancia <i>ABA - Acid-base Accounting</i>	Acidobázická bilancia je metóda na určenie acidifikačného / neutralizačného potenciálu.
Autogénne mletie	Sekundárne mletie rudy pohybom materiálu v otáčajúcom sa valci bez gúl alebo tyčí, ktoré sa procesu zúčastňujú.
B	
Baníctvo	Metódy a technológie na dobývanie rudy, vrátane podporných zariadení (napr. sklady, dielne, doprava, vetranie) a podporných aktivít v bani alebo v jej okolí.
BREF	Referenčný dokument pre BAT (<i>Best Available Technique</i>) – najlepšie dostupné techniky.
Breh odkaliska	Časť odkaliska vzniknutá etablovaním pevného podielu z úpravárenských kalov, ktorá nie je pokrytá voľnou vodou a zaujíma miesto od hladiny voľnej vody ku korune hrádze.
BSK Biochemická spotreba kyslíka <i>BOD - Biochemical Oxygen Demand</i>	Množstvo rozpusteného kyslíka, ktoré spotrebujú mikroorganizmy na rozklad organických látok. Jednotkou je mg O ₂ ·l ⁻¹ . V Európe je BSK zvyčajne stanovovaná za 3 dni (BSK ₃), 5 dní (BSK ₅) alebo za 7 dní (BSK ₇).
C	
CHSK Chemická spotreba kyslíka <i>COD - Chemical Oxygen Demand</i>	Množstvo dichrómanu drasleného (vyjadreného ako kyslík), ktoré je potrebné na oxidáciu látok obsiahnutých v odpadovej vode pri teplote cca 150 °C.
Cyklón (hydrocyklón)	Strojové zariadenie na triedenie jemných prachových častíc (< 0,05 mm) zo suchého vstupného materiálu o veľkosti zrna (< 10 mm) alebo zariadenie na oddelenie jemných a hrubých frakcií z prúdu vzduchu.
Čeľusťový drvič	Drvič na zmenšenie rozmerov kusov horninového materiálu úderom alebo drvením medzi pevnou a pohybujúcou sa čeľusťou.

Termín	Význam
D	
d50, d80	Hodnoty často používané pri úprave nerastných surovín, ktoré popisujú distribúciu veľkosti častíc. Vyjadrujú veľkosť častíc, kde 50 % alebo 80 % vzoriek je menších ako uvedená hodnota.
Dekantačná veža	Stavba, vyvýšená nad hladinu odkaliska. Čistá voda z povrchu odkaliska je prepadosť cez dekantačnú (prelivovú) vežu odvádzaná pomocou dekantačného potrubia.
Dekantačné potrubie	Potrubie na dopravu dekantovanej vody z odkaliska. Je vedené vnútri, nad, alebo okolo hrázde odkaliska do priekopy pod hrádzou.
Dlhodobá fáza	Časové obdobie potrebné na to, aby sa ťažobný odpad po ukončení etapy rekultivácie stal dostatočne inertný a nespôsobil ďalší akékoľvek environmentálne problémy.
Dobývacie metódy	Existujú 4 základné metódy dobývania rúd: <ul style="list-style-type: none"> ▪ povrchové dobývanie (povrchová baňa), ▪ hlbinné dobývanie (podpovrchová baňa), ▪ dobývanie vylúhovaním, ▪ lomové dobývanie.
Drvenie	Proces zmenšovania veľkosti častíc, kedy dochádza k zmenšeniu veľkosti častíc nerastnej suroviny dopravovanej z bane na veľkosť vhodnú na mletie. Drvenie prebieha stlačením nerastnej suroviny proti pevnej ploche alebo úderom.
E	
EIPPCB <i>European IPPC</i> <i>Bureau</i>	Európska kancelária pre IPKZ.
Ekosystém	Spoločenstvo organizmov a ich bezprostredné fyzikálne, chemické a biologické prostredie.
Emisie	Priamy alebo nepriamy únik látok, vibrácií, tepla alebo hluku z bodových alebo difúzných zdrojov v priemyselnom zariadení do ovzdušia, vody alebo pôdy.
Erózia	Uvoľnenie a nasledujúci transport horninového alebo povrchového materiálu (pôda alebo zemina) vetrom, dažďom, účinkom vln, mrazom, topením snehu a ďalšími procesmi.
Excentrický kužeľový drvič	Primárny drvič tvorený vertikálnou osou, ktorej spodný koniec je namontovaný v excentrickom ložisku vnútri Erlenmayerovej komory. Os nesie kužeľovú drviacu hlavu, ktorá sa otáča excentricky v kužeľovej dutine.

Termín	Význam
F	
Flokulant	Činidlo, ktoré spôsobuje zhlukovanie a aglomeráciu suspendovaných častíc. Zväčšenie veľkosti častíc umožní ich sedimentáciu. Flokulanty sa používajú k aglomerácii veľmi jemných, pomaly sedimentujúcich častíc, ktoré sú inak veľmi obtiažne odstrániteľné.
Flotácia	Technológia úpravy minerálov. Princípom je schopnosť povrchu častíc jednotlivých minerálov reagovať rozdielne s chemickými činidlami (alebo alternatívne využívať chemické zmeny na povrchu častíc minerálov v roztoku). Chemické činidlá prilnú na zrná užitočného minerálu, čím vzniká hydrofóbny povrch. Užitočný minerál je potom vynášaný prebublávaným vzduchom do hornej časti flotačnej cely, kde môže byť zbieraný vo forme peny. V prípade, že je cieľom vynášať flotáciou hlušivový minerál, proces sa nazýva obrátená flotácia.
Freatická hladina	Rozhranie medzi nasýtenou zónou a nenasýtenou zónou, povrch telesa (hladina) podzemnej vody, na ktorom je tlak rovný atmosférickému.
Freatický	Vzťahujúci sa k podzemnej vode.
G	
Geochemia	Veda o chemizme geologických materiálov a o interakcii geologických materiálov s prostredím.
Geológia	Veda o zemi, jej histórii a zmenách, ktoré prebehli alebo prebiehajú, o horninách a nespevnených materiáloch, z ktorých je zložená a o procesoch ich vzniku a premien.
Gossan	Ruda vo vrchnej časti sulfidického rudného telesa, ktorá bola premenená zvetrávaním na oxidické rudy.
H	
Hlbinné dobývanie	Dobývanie nerastnej suroviny prebieha pod povrchom. Ložisko je prístupné šachtami a štôľňami.
Hlušina	Časť rudy, ktorá nie je ekonomicky využiteľná, avšak musí byť vytážená.

Termín	Význam
Hlušina z úpravy, hrubozrnná / jemnozrnná hlušina <i>Tailings</i>	<p>Neerastná surovina, z ktorej bola úžitková zložka extrahovaná v maximálnej možnej miere. Odpad z úpravy je zložený hlavne z kalu a môže obsahovať technologickú vodu, chemikálie z úpravy a časť úžitkových minerálov, ktoré sa nepodarilo extrahovať.</p> <p>Poznámka: V uhoľnom baníctve vo Veľkej Británii sa používajú termíny nasledujúcim spôsobom: <i>Coarse discard</i> - hrubý (a suchý) podiel odpadu, obsahujúci po spracovaní určité množstvo úžitkovej zložky, ktorá je ďalej separovaná mokkými a suchými metódami. <i>Fine discard</i> - jemnozrnnější (a vlhkejší) podiel odpadu vznikajúci z koncentrovaných alebo flokulovaných rozptýlených častíc v technologickej vode.</p>
Humusový horizont pôdy	Prírodná humózná vrstva pôdy nad ložiskom nerastných surovín, ktorá musí byť odstránená pred začiatkom ťažby.
Hydraulický gradient	Rozdiel medzi výškami hladín v dvoch bodoch, ktorý je delený vzdialenosťou medzi týmito bodmi.
Hydrogeológia	Veda o obehú podzemnej vody (o vzťahu medzi geologickými materiálmi, geologickými procesmi a vodou).
Hydrológia	Veda o vode, jej výskyte, cykloch, distribúcii, pohybe, chemických a fyzikálnych vlastnostiach a interakcii s prostredím.
Hydrologická bilancia	Porovnanie prírastkov a úbytkov vody a zmien vodných zásob povodia, územia alebo vodného útvaru za daný časový interval (podľa Hanzel, V., 1998).
I	
Imisie	Výskyt a úroveň kontaminujúcich látok, zápachu alebo hluku v prostredí.
Injekčná clona	Priestor do ktorého bola injektovaná čerpaťelná cementová suspenzia, aby vytvorila bariéru okolo výkopu alebo pod priehradou, cez ktorú nemôže podzemná voda presakovať alebo prúdiť.
Infiltrácia (vsakovanie)	Vstup vody do porézneho prostredia.
IPKZ <i>IPPC</i>	Integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania (<i>Integrated pollution prevention and control</i>).
K	
Kal	Suspenzia tvorená kvapalinou a pevnou látkou.
Kalolis	Zariadenie na odvodnenie veľmi jemných častíc a suspenzií.

Termín	Význam
Kladivový drvič	V kladivovom drviči je drvenie materiálu uskutočnené predovšetkým úderovým účinkom kladív, ktoré narážajú na kusy hornín voľne padajúce komorou drviča a vrhajú ich vysokou rýchlosťou oproti pevnej ploche.
Kolónové testy humidity	Kinetický test, ktorý sa používa predovšetkým na určenie rýchlosti vzniku acidity a možnosti jej neutralizácie v horninách s obsahom sulfidov.
Komunikácia (vyjednávanie)	Činnosť zameraná na predchádzanie, riadenie alebo zníženie intenzity negatívnych fyzikálnych, chemických, biologických a/alebo sociálno-ekonomických dopadov.
Koncentrát	Komerčný technologický produkt úpravy nerastných surovín so zvýšeným obsahom užitočnej zložky.
Kovnatosť	Bezrozmerná jednotka. Podiel obsahu rudnej zložky v rude, vyjadrený často ako percentá, alebo ako <i>parts per milion</i> (ppm), prípadne v iných jednotkách - napr. gramy na tonu (g.t^{-1}).
Kužeľový drtič	Strojové zariadenie na zmenšenie veľkosti častíc materiálu pomocou zrezaného kužeľa otáčajúceho sa okolo vertikálnej osi vo vnútri komory, ktorá ho obklopuje. Prstencový priestor medzi vonkajším plášťom a vnútorným kuželom sa kužeľovite zužuje.
Kyanidové lúhovanie	Metóda na extrakciu zlata a striebra z drvenej alebo mletej rudy. Na extrakciu sa používa slabý roztok kyanidu sodného alebo draselného. Z nasýteného roztoku sú vzácné kovy získavané: <ul style="list-style-type: none"> ▪ zrážaním na Zn - prachu (proces Merrill-Crowe), ▪ adsorpciou na aktívnom uhlí v kolóne. Sú známe dve technológie: <i>CIP</i> – (<i>Carbon in Pulp</i>) aktívne uhlie v rmute alebo <i>CIL</i> (<i>Carbon in Leach</i>) – aktívne uhlie vo výluhu.
Kyanidy celkové	Suma všetkých kyanidov prítomných v rôznych zlúčeninách vo vodnom roztoku [24, BRITISH COLUMBIA CN GUIDE, 1992].
Kyslé výluhy <i>AMD - Acid mine drainage</i> <i>ARD - Acid rock drainage</i>	Kyslé výluhy pochádzajúce z povrchovej bane, hlbinej banskej činnosti, odvalov alebo odkalísk, ktoré obsahujú voľnú kyselinu sírovú a rozpustené sírany kovov, pochádzajúce z oxidácie sulfidických minerálov alebo z aditív používaných v procese ťažby a úpravy. Kyselina rozpúšťa minerály v hornine a mení akosť banských vôd.
Kyselinotvorný (acidifikačný) potenciál <i>AP - Acid Potential</i>	Maximálny potenciálny vznik kyseliny vo vzorke. Výpočet AP je súčasťou acidobázickej bilancie (pozri <i>ABA</i>).

Termín	Význam
L	
Litológia	Zloženie hornín, zahŕňajúce fyzikálne a chemické vlastnosti ako farba, mineralogické zloženie, tvrdosť a veľkosť zŕn.
Lom	Celá oblasť, ktorá nie je baňou, ale je pod kontrolou ťažiar, ktorý uskutočňuje činnosť zahŕňajúcu vyhľadávanie, ťažbu, spracovanie a skladovanie nerastných surovín vrátane bežnej súvisiacej infraštruktúry a činností súvisiacich s využívaním skrývky. Od bane sa líši tým, že táto oblasť je zvyčajne otvorená zhora a z prednej časti a je používaná pre dobývanie stavebných materiálov ako je bridlica, vápenec, štrk a piesok.
Ložisko	Koncentrácia alebo výskyt prírodného, pevného, anorganického alebo fosilizovaného organického materiálu v zemskej kôre v takej forme a množstve, v takej koncentrácii alebo kvalite, že sú efektívne vyhliadky jeho ekonomického dobývania. Umiestnenie, množstvo, kvalita, geologické vlastnosti a vývoj ložiska sú známe, odhadované alebo interpretované zo špecifických geologických informácií.
Ložisko nerastnej suroviny	Prírodné geologické teleso vytvorené akumulovaním úžitkového minerálu a hlušiny, z ktorého môže byť úžitková zložka získavaná so ziskom alebo s rozumným očakávaním zisku.
Lúhovanie	Prepúšťanie rozpúšťadla pórovitým alebo práškovým materiálom za účelom extrahovania zložiek do kvapalnej fázy. Napríklad zlato môže byť extrahované lúhovaním poréznej rudy alebo mletej hlušiny. Iné metódy zahŕňajú lúhovanie rudy, koncentrátov alebo hlušiny v reaktore a lúhovanie <i>in-situ</i> .
Lyzimeter	Zariadenie na zber vody z pôdnych pórov a na určenie rozpustných zložiek vynášaných do odvodňovacieho systému.
M	
Maximálne predpokladané zemetrasenie <i>MCE - Maximum Credible Earthquake</i>	Hypotetická intenzita zemetrasenia, ktorá môže byť očakávaná vo vzťahu k regionálnym a lokálnym potenciónnym zdrojom seizmických udalostí a ktorá môže spôsobiť najväčšie vibračné otrasy na lokalite.
Miešanie	Miešanie nerastnej suroviny na zabezpečenie vstupného materiálu stálej kvality.
Mletie	Proces mletia poskytujúci jemnozrnný produkt (pod 1 mm), kde zmenšenie veľkosti zrna je dosiahnuté abráziou alebo účinkom nárazu. Proces je niekedy podporený voľným pohybom neupevnených mlecích telies (tyče, gule, obliaky).

Termín	Význam
Monitoring	Proces, ktorého cieľom je hodnotenie alebo určenie skutočnej hodnoty a premenlivosti emisií alebo iného parametra. Monitorovanie je založené na postupoch systematického, pravidelného alebo bodového monitorovania, skúmania, odberov a merania alebo iných metódach hodnotenia, ktorých cieľom je poskytnúť informácie o vydaných množstvách a/alebo trendoch emitovaných znečisťujúcich látok.
N	
n/a <i>not applicable alebo not available</i>	Nemožno aplikovať alebo nie je k dispozícii (v závislosti od kontextu).
n/d <i>no data</i>	Údaje nie sú k dispozícii.
Nadložie	Vrstva prírodnej zeminy alebo masívnej horniny pokrývajúca ložisko. V prípade povrchového dobývania musí byť nadložie odstránené ako skrývka pred ťažbou nerastnej suroviny.
Nerastná surovina	Minerál alebo akumulovaný minerálny materiál (vrátane uhlia) dostatočne hodnotný z hľadiska kvality a kvantity, ktorý môže byť ekonomicky ťažený. Väčšina nerastných surovín sú zmesi úžitkových minerálov a vedľajšieho horninového materiálu, ktorý je označovaný ako hlušina.
Nerudné nerastné suroviny (nerudy)	Nerudné nerastné suroviny, nezahrňujúce palivá a drahé kamene, sú horniny, minerály alebo nespevnený horninový materiál, ktoré majú ekonomickú hodnotu. Nerudné suroviny sú používané predovšetkým v stavebníctve alebo v chemickom a spracovateľskom priemysle. Príklady zahŕňajú: baryt, boráty, živce, fluorit, kaolín, vápenec, fosfáty, potaš, suroviny stroncia, mastenec.
Neutralizačný potenciál <i>NP - Neutralisation Potential</i>	Všeobecný termín pre kapacitu vzorky alebo materiálu neutralizovať kyslé prostredie.
Neutralizácia	Zvyšovanie hodnoty pH kyslých roztokov alebo znižovanie hodnoty pH alkalických roztokov na hodnotu blízku neutrálnej (okolo pH 7) prostredníctvom reakcií, v ktorých sa vodíkový kation kyseliny a hydroxylový anión zásady kombinujú a vytvárajú vodu.

Termín	Význam
O	
Odkalisko, lagúna	<p>Stavba, ktorá je zriadená na usadenie a zadržiavanie kalu a technologickej vody. Pevné častice v odkalisku sedimentujú. Technologická voda je obvykle recyklovaná ako vratná voda.</p> <p>Technologické zariadenia na ukladanie kalu, vznikajúceho pri úprave nerastných surovín, a na čistenie a recykláciu technologickej vody. Vo väčšine prípadov je tvorené stavbou hrádze. Väčšinou obsahuje úpravnícku hlušinu spoločne s premenlivým množstvom vody.</p>
Odsadená voda	Oblasť, v ktorej je hladina vody v odkalisku nad usadenou flotačnou hlušinou. Obvykle je odstraňovaná čerpaním alebo dekantáciou.
Odtok	Množstvo vody zo zrážok a topenia snehu, ktoré nevsiakne, ale odteka v povrchových tokoch.
Odval	Miesto pre priemyselné ukladanie suchej hlušiny na povrchu.
Odvodňovací systém	Súhrnný termín na každý pohyb vody formou koncentrovaných i difúzných prúdov.
Odvodňovanie	<p>Proces odstraňovania vody z podzemnej alebo z povrchovej bane, z okolitých hornín alebo nespevnených horninových materiálov.</p> <p>Termín sa používa aj na znižovanie obsahu vody v koncentráte, v kaloch z flotácie, v kaloch z úpravy nerastných surovín a v kaloch z úpravy odpadových vôd.</p>
P	
Plávajúce čerpadlo	Plavidlo na odkalisku, ktoré je vybavené čerpadlami, ktoré čerpajú voľnú vodu na opätovné využitie v úpravni.
Podzemná voda	Časť podpovrchovej vody, ktorá tvorí nasýtenú zónu. Odlišuje sa od povrchovej vody.
Polutant	Jednotlivá látka alebo skupina látok, ktoré môžu poškodiť alebo ovplyvniť životné prostredie a zdravie ľudí.
Potrubie na dopravu kalu z úpravy	Potrubie použité na dopravu kalu z úpravne do odkaliska.
Potrubie vratnej vody	Potrubie používané na dopravu vratnej vody z odkaliska do úpravne.
Povrchové dobývanie	Banícka činnosť prebiehajúca na povrchu. Kontakt baníckej činnosti a prostredia zasahuje širokú oblasť.

Termín	Význam
Pravdepodobná maximálna povodeň <i>PMF - Probable Maximum Flood</i>	Udalosť najväčších zrážok a/alebo topenia sa snehu možná v určitých geografických podmienkach. Je stanovená pre konkrétnu lokalitu na základe možného rozsahu meteorologických a hydrologických udalostí a podmienok. Ukazovatele zahŕňajú trvanie, plochu a ročné obdobie. Zvyčajne sa definuje ako záplava možná raz za 10 000 rokov alebo, dvojnásobná až trojnásobná hodnota dvestoročnej záplavy.
Priepustná reaktívna bariéra <i>PRB - Permeable Reactive Barrier</i>	Priepustná zóna obsahujúca alebo vytvárajúca reaktívnu oblasť, ktorá je orientovaná tak, že preruší a odstráni kontaminačný mrak. Odstraňuje kontaminanty zo systému prúdenia podzemnej vody pasívnym spôsobom fyzikálnymi, chemickými alebo biologickými procesmi [123, PRB ACTION TEAM, 2003].
Priepustnosť	Schopnosť horniny alebo nespevneného horninového materiálu prepúšťať kvapalinu.
Primárne drvenie	Proces zdobňovania nerastnej suroviny na menšie fragmenty pri príprave na ďalšie spracovanie a/alebo na transport do úpravne. V hlbinných baniach je primárny drvič často umiestnený v podzemí alebo na vstupe suroviny do úpravne.
Prostredie (životné)	Súvisiace fyzikálne, chemické, biologické, sociálne, duchovné a kultúrne zložky, ktoré ovplyvňujú rast a vývoj živých organizmov.
Prvotná hrádza	Počiatočná hrádza odkaliska, ktorá je vybudovaná pred začiatkom banskej činnosti a poskytuje základ pre stavbu definitívnej hrádza odkaliska.
R	
Refraktórne zlato	Zlato v submikroskopickej forme veľkosti < 1 μm a jemne rozptýlené v štruktúre sulfidických minerálov.
Rekultivácia	Obnova krajiny a environmentálnej hodnoty banskej lokality po ťažbe nerastnej suroviny. Rekultivačné činnosti sú obvykle vykonávané po odťažení nerastných surovín z dobývacieho priestoru. Proces zahŕňa obnovu krajiny do jej približne pôvodnej podoby prostredníctvom obnovy vrchného horizontu pôdy, vysieváním prirodzených tráv a výsadbou vegetačného porastu.
Rozpustnosť	Množstvo látky, ktoré je potrebné rozpustiť v určitom objeme a druhu rozpúšťadla pri danej teplote a tlaku, aby vznikol nasýtený roztok. Stupeň rozpustnosti látok závisí na ich schopnosti a na schopnosti ostatných rozpustených látok v roztoku tvoriť ióny a hydratované komplexy vo vode určitého chemického zloženia.

Termín	Význam
S	
Sadzačka	Zariadenie na oddeľovanie materiálov v plynulom prúde na základe rozličnej mernej hmotnosti.
Separácia	Metóda pre rozdelenie nerastnej suroviny na koncentrát a hlušinu.
Sitovanie	Triedenie materiálu do zrnitostných tried.
Skrývkový pomer	Jednotkové množstvo skrývky alebo nadložja, ktoré musí byť odstránené, aby bol získaný prístup k jednotkovému množstvu rudy (nerastnej suroviny). Zvyčajne sa vyjadruje v kubických metroch skrývky alebo nadložja na hrubú tonu rudy (nerastnej suroviny).
Sloj	Stratiformné ložisko (typické pre uhlie a niektoré typy ložísk solí). Vplyvom tektonických procesov môžu byť sloje zvrásnené alebo v strmej polohe.
Spigoting	Postup, keď je flotačná hlušina privádzaná do odkaliska väčším množstvom malých prítokov – hrdiel (spigotov). Touto metódou možno vytvoriť dosť rovnomerné rozloženie odpadu z úpravy na brehu odkaliska, čo vytvára pri hrádzi smerom do odkaliska polopriepustnú zónu.
Stekutenie	Jav, ktorý nastáva v slabo nasýtených pôdach zvyčajne vtedy, keď sa tlak pórovej vody (napr. vplyvom zemetrasenia) vyrovná pôvodnému väzbovému tlaku a pôda sa chová ako hustá kvapalina, ktorá nemôže odolávať väčšiemu šmykovému napätiu.
Sub-aerická metóda ukladania	Termín používaný vo všeobecnosti v Severnej Amerike pre metódu spigotingu, ktorá používa perforované rúrkové rozstrekovače pre naniesenie tenkých vrstiev kalu na breh vytvorený predtým rovnakým ukladáním.
Sufózia	Väčšinou podpovrchová erózia nespveného horninového materiálu (zeminy) spôsobená tečúcou vodou. Výsledkom je vytvorenie dutín odnosom častíc.
Systém vratnej vody	Systém vytvorený na zber vratnej vody z odkaliska a na jej dopravu do úpravné. Môže zahŕňať súčasti ako: čerpacia loď, potrubie vratnej vody, usadzovacia veža, usadzovacie potrubie.
Šachta	Hlavné vertikálne alebo úklonné banské dielo využívané na vetranie alebo odvodňovanie a/alebo pre vertikálnu prepravu osôb alebo materiálov (napríklad nerastné suroviny, hlušina). Spája povrch s podzemnými banskými dielami.

Termín	Význam
T	
TWG <i>Technical working group</i>	Technická pracovná skupina
U	
Uhol svahu	Maximálny sklon, pri ktorom sa uložený voľný alebo fragmentovaný pevný materiál udrží bez zosúvania alebo vydrží v kľude, po tom, ako je nasýpaný alebo nastriekaný na hromadu alebo na svah.
Ultramafický	Magmatické horniny zložené prevažne z mafických (tmavých) minerálov - olivínu, hypersténu a augitu.
Uvoľnenie	Uvoľnenie úžitkových minerálov z horniny otvorením zrn.
Úložisko (zariadenie na nakladanie s ťažobným odpadom)	Stacionárna technická jednotka používaná na nakladanie s hlušinami z úpravy a ťažby a na činnosti, ktoré majú technickú spojitosť s aktivitami uskutočnenými v tomto priestore, a ktoré môžu mať vplyv na emisie a znečistenie.
Úprava nerastných surovín	<p>Proces získania komerčného produktu (koncentrátu) z rudy. Zvyčajne je realizovaný v lokalite bane, ktorej prevádzka je označovaná ako úpravňa. Základným cieľom je redukovať množstvo rudy, ktorá musí byť transportovaná a spracovávaná v následných procesoch (napríklad v metalurgickom spracovaní - tavení) s použitím metód separácie úžitkových minerálov od hlušiny. Komerčný produkt tohto procesu sa nazýva koncentrát, zvyšný materiál je nazývaný hlušina z úpravničkeho procesu.</p> <p>Úprava nerastných surovín zahŕňa rôzne postupy, ktoré sú založené na fyzikálnych vlastnostiach minerálov (veľkosť častíc, merná hmotnosť, magnetické vlastnosti, farba) alebo fyzikálno-chemické vlastnosti (povrchové napätie, hydrofóbnosť, vlnuteľnosť).</p>
Úpravňa	Technologické zariadenie, v ktorom je vykonávaná úprava nerastných surovín.
V	
VOC <i>Volatile Organic Compounds</i>	Prchavé organické látky.
Voľná výška hráze	Vertikálna vzdialenosť (výška) medzi normálnou maximálnou prevádzkovou hladinou vody v odkalisku a korunou hráze. Jej účelom je poskytnúť dostatočnú kapacitu v období záplav alebo náhleho zvýšenia hladiny vody.

Termín	Význam
Vratná voda	Voda získaná z odkaliska (<i>Tailings Management Facility - TMF</i>), čističky odpadových vôd alebo z úpravne pre opätovné použitie v úpravni.
Vyparovanie	Fyzikálny proces premeny kapaliny na plyn.
Vzorka	Reprezentatívne množstvo pevného materiálu, ktorý je vyňatý z ložiska alebo z procesu ťažby a úpravy za účelom vykonania analytických prác. Množstvo pevného materiálu a počet vzoriek odobratých z ložiska alebo z procesného toku musí byť štatisticky reprezentatívne.
Výluh	Roztok získaný vylúhovaním: napríklad voda, ktorá presakuje pôdou, obohacuje sa rozpustnými látkami a obsahuje aj určité množstvo týchto látok v roztoku.
Výnos	Hmotnostný pomer koncentráту na podanie (vstup do úpravne) vypočítaný pre sušinu a vyjadrený v %.
Výťažnosť	Podiel nerastnej suroviny vyťaženej z ložiska vyjadrený v percentách pôvodného množstva nerastnej suroviny in-situ. Podiel vyjadrený v percentách zložky tvoriacej koncentrát (alebo hodnota konečnej hmotnosti uhlia) v porovnaní s celkovým množstvom minerálneho materiálu tvoriaceho podania na vstupe do úpravne. Táto veličina predstavuje mieru efektívnosti baníctva, ťažby a úpravy nerastných surovín.
W	
<i>WAD CN</i>	Kyanidy disociujúce v slabej kyseline obvykle pri pH 4,5 [24, BRITISH COLUMBIA CN GUIDE, 1992].
Z	
Zahusťovanie	Proces oddeľovania kvapaliny od pevných látok za účelom zvýšenia koncentrácie suspenzie sedimentáciou, dochádza k oddeleniu tuhej fázy.

Termín	Význam
Zariadenie na spracovanie a ukládanie kalu z úpravy <i>TMF - Tailings Management Facilities</i>	<p>Vzťahuje sa ku skutočnosti, že hlušina z úpravy nerastných surovín musí byť likvidovaná / ukladaná alebo recyklovaná. Vybraný postup závisí, okrem mnohých iných faktorov, od fyzikálnych charakteristík (hrubozrnná alebo jemnozrnná frakcia) a od technológie úpravy (suchá / mokrá).</p> <p>Typické technologické zariadenia alebo postupy sú nasledovné:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ odkaliská, ▪ odvaly, ▪ základka, ▪ recyklácia (stavebný materiál), ▪ ďalšie technológie úpravy (získanie obsahu úžitkovej zložky novými lepšími technológiami).
Základka	<p>Uloženie materiálov do vyťažených častí ložiska nerastných surovín. Ako materiál na základku môže byť použitá hlušina z ťažby alebo z úpravárenskej činnosti. Vo väčšine prípadov je základka používaná na zaplnenie vyťažených priestorov z nasledujúcich dôvodov:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ zaistenie stability hornín, ▪ zabránenie alebo zníženie možnosti podzemných a povrchových poklesov, ▪ zaistenie podpory nadložžia, aby mohli byť dobývané ďalšie časti ložiska nerastných surovín a aby bola zaistená bezpečnosť, ▪ vytvorenie alternatívy na iné ako povrchové uloženie ťažobného odpadu, ▪ zlepšenie vetrania v bani.
Zberná priekopa (priekopa pre zber priesakovej vody)	<p>Malá retenčná nádrž umiestnená pod hrádzou odkaliska, ktorej účelom je zadržať, zbierať a vrátiť do odkaliska všetky povrchové a podpovrchové priesakové vody, ktoré prejdú hlavnou hrádzou odkaliska.</p>
Zhutnenie	<p>Proces zmenšovania objemu. Zmena nastáva vplyvom aplikovaného zaťaženia, ktoré vytvára tesnejšie stlačenie pevných častíc. Obzvlášť pri jemnozrnných zeminách sa vyžaduje vytlačenie pórovej vody. Väčšie zhutnenie má často za následok vyššie spevnenie.</p>
Zmenšovanie zrna (drvenie + mletie)	<p>Zmenšovanie veľkosti zrna suroviny drvením a/alebo mletím na veľkosť častíc, ktorá umožňuje efektívne otvorenie zrna a obsahuje relatívne čisté častice úžitkovej zložky a hlušiny. Za účelom získania relatívne čistého koncentráту je nutné dostatočne jemné mletie na uvoľnenie úžitkovej zložky.</p>

Termín	Význam
Zvetrávanie	Proces, pri ktorom sú častice, horniny a minerály premieňané vplyvom povrchovej teploty, tlaku a atmosferických činiteľov ako ovzdušie, voda a biologická aktivita.
Zvodeň	Zvodnená vrstva horniny vrátane štrku a piesku, ktorá poskytuje vodu v dostatočnom množstve pre studňu alebo prameň.
Žila	Akumulácia nerastnej suroviny vo forme doskového telesa, ktoré je obklopené hlušinou.
Životnosť odkaliska	Konštrukcia technologického zariadenia, jeho stavba, prevádzka, monitoring, uzavretie, obnova lokality a následná starostlivosť.

F.2 Činidlá

Skratka	Názov
Zberače:	
SIBX	<i>Sodium isobutyl xanthate</i> – Izobutyl-xantogenát sodný
SIPX	<i>Sodium isopropyl xanthate</i> – Izopropyl-xantogenát sodný
SEX	<i>Sodium ethyl xanthate</i> – Etyl-xantogenát sodný
PAX	<i>Potassium amyl xanthate</i> – Amyl-xantogenát draselný
DTP	<i>Dithiophosphate</i> - Ditiofosforečnan
Peniče:	
MIBC	<i>Methylisobutylcarbinol</i>
Depresory:	
CMC	<i>Carboxymethylcellulose</i> - Karboxymetylcelulóza

Poznámka :

Významový slovník je vytvorený priamym prekladom výkladového textu z dokumentu BREF. Je určený len ako pomôcka pre lepšiu orientáciu v texte preloženom z anglického originálu. Pri niektorých pojmoch nie je preto dodržaný ich terminologický význam, či definícia vyplývajúca zo slovenskej legislatívy, alebo odbornej praxe.