
Efterbehandling av gruvavfall i Falun

*Kompletterande åtgärder för att minska
metalläckaget till Faluån – Dalälven – Östersjön*

Huvudstudie



Efterbehandling av gruvavfall i Falun

Falun 2004-11-25

Rapport 2005:23 "Efterbehandling av gruvavfall i Falun, Kompletterande åtgärder för att minska metallläckaget till Faluån – Dalälven – Östersjön" är av tryck- och hanteringsmässiga skäl uppdelad på tre volymer:

Rapport 2005:23a	Huvudstudie
Rapport 2005:23b:1	DELRAPPORT 1 - Textdel
Rapport 2005:23b:2	DELRAPPORT 1 - Bilagor
Rapport 2005:23b:3	DELRAPPORT 1 - Ritningar
Rapport 2005:23c	DELRAPPORT 2 - Beskrivning av åtgärdsalternativ, samt DELRAPPORT 3 - Ansvarsutredning

För innehåll och framförda åsikter svarar författarna.

Fotografer

Fotografierna i rapporten är tagna av Åsa Hanæus och Bo Ledin, GVT AB samt av Böril Jonsson, Allumite Konsult.

Figurer och ritningar är framtagna av GVT AB och Svensk MKB AB där inget annat anges.

Omslagets framsida :

Sektion genom Falun från kisbränderdeponin till Faluån (väst-öst). Illustration: Åsa Hanæus.

ISSN 1101-3044 Länsstyrelsen Dalarna, Miljövårdsenheten

Länsstyrelsen Dalarna

Postadress
791 84 Falun

Gatuadress
Åsgatan 38

Telefon
023-810 00

Telefax
023-813 86

Postgiro
6 88 19-2



EFTERBEHANDLING AV GRUVAVFALL I FALUN
Kompletterande åtgärder för att minska
metalläckaget till Faluån - Dalälven - Östersjön

Huvudstudie

Falun 2004-11-25

Proj nr 03315

FÖRORD

De efterbehandlingsåtgärder som under det senaste decenniet genomförts i Falun inom ramen för det så kallade "Faluprojektet" är nu inne i sin slutfas. Åtgärderna har utförts utifrån Dalälvsdelegationens rekommendationer, i enlighet med det avtal som upprättades mellan Stora Kopparbergs Bergslags AB och miljömyndigheterna 1992. Denna huvudstudie kan ses som en fortsättning på avtalets intentioner om att stegvis åtgärda prioriterade gruvavfallsobjekt i Falun.

Huvudstudien riktar sig till Naturvårdsverket, som ett underlag för beslut om bidrag till fortsatta efterbehandlingsåtgärder för gruvavfallet i Falu stad. Samtidigt är den en sammanfattning av det stora arbete som hittills har lagts ned i Falun för att minska metallurlakningen från gruvavfall. Huvudstudien följer nomenklaturen i Naturvårdsverkets "*Kvalitetsmanual för användning och hantering av bidrag till efterbehandling och sanering*".

Det praktiska arbetet med huvudstudien har utförts av GVT AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Dalarnas län. Underlag till huvudstudien har tagits fram av Lennart Lindeström, Svensk MKB (Miljöriskbedömning, delrapport 1), Länsstyrelsen i Dalarnas län (Ansvarsutredning, delrapport 3) och GVT AB (övriga delar). Huvudstudiens upplägg i stort, samt frågeställningar om åtgärdsområde, riskvärdering och åtgärdsförslag har diskuterats av en projektgrupp bestående av följande representanter:

Per-Erik Sandberg	Länsstyrelsen i Dalarnas län, Miljövårdsenheten
Ulf Löfwall	Länsstyrelsen i Dalarnas län, Kulturmiljöenheten
Olle Lind	Länsstyrelsen i Dalarnas län, Kulturmiljöenheten
Gunnar Lundqvist	Stora Enso
Anders Liljekvist	Falu kommun, Gatukontoret
Lars Söderberg	SGU (Sveriges Geologiska undersökning)
Bo Ledin	GVT (Grundvattenteknik AB)
Åsa Hanæus	GVT
Lennart Lindeström	Svensk MKB

Falun 2004-11-25

Grundvattenteknik AB

Åsa Hanæus

Bo Ledin

LÄSANVISNING

Huvudstudien kan läsas separat och ska då ge en bra bild av frågeställningarna kring den fortsatta efterbehandlingen av gruvavfall i Falun. Vissa frågeställningar i huvudstudien har krävt mer omfattande utredningsarbete. Detta har genomförts i form av delutredningar, vilka sammanfattas i huvudstudien.

För att inte tynga huvudstudien med underlagsdata och utredningstext, har delutredningarna i sin helhet publicerats som fristående rapporter:

- **Delrapport 1** - "*Efterbehandling av gruvavfall i Falun - Kartläggning av metalläckage och miljöriskbedömning*". GVT AB och Svensk MKB, 2004.
- **Delrapport 2** - "*Efterbehandling av gruvavfall i Falun - Beskrivning av åtgärdsalternativ*". GVT AB, 2004.
- **Delrapport 3** - "*Efterbehandling av gruvavfall i Falun - Ansvarsutredning*". Länsstyrelsen i Dalarnas län, 2004.

Delrapporterna kan läsas fristående och riktar sig till den som önskar fördjupad information inom något av dessa områden.

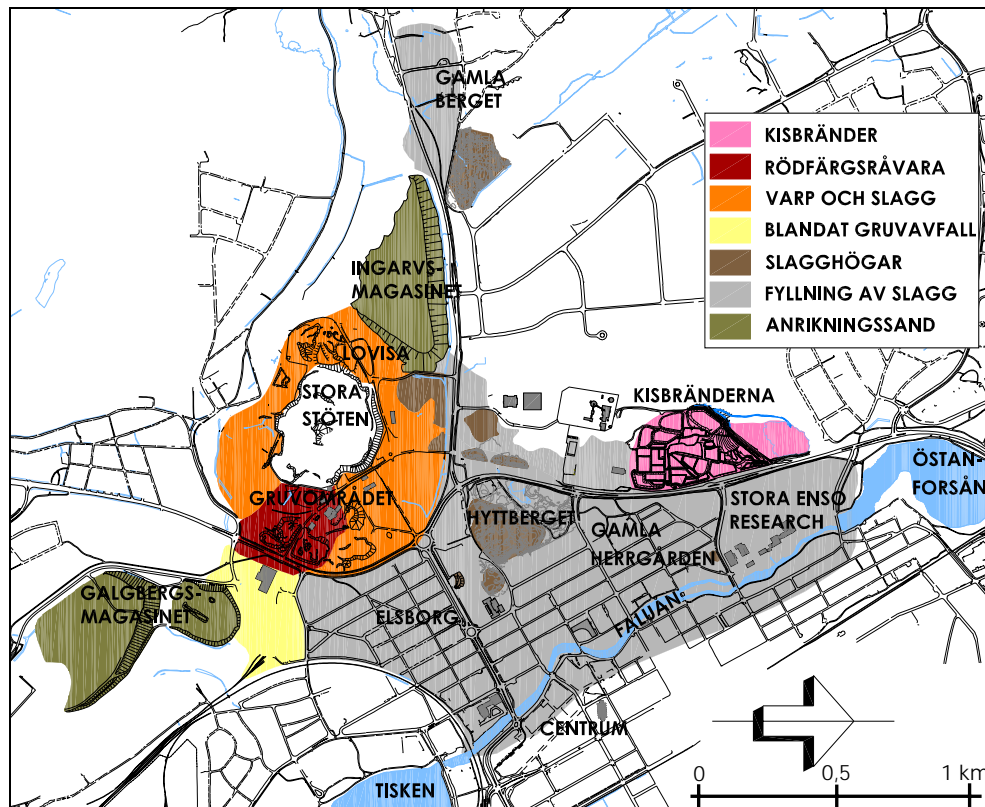
Delrapport 1 finns utgiven i Länsstyrelsen Dalarnas rapportserie som rapport nr 2005:23b.

Delrapport 2 och 3 finns utgivna i Länsstyrelsen Dalarnas rapportserie som rapport nr 2006:23c.

SAMMANFATTNING

Bakgrund

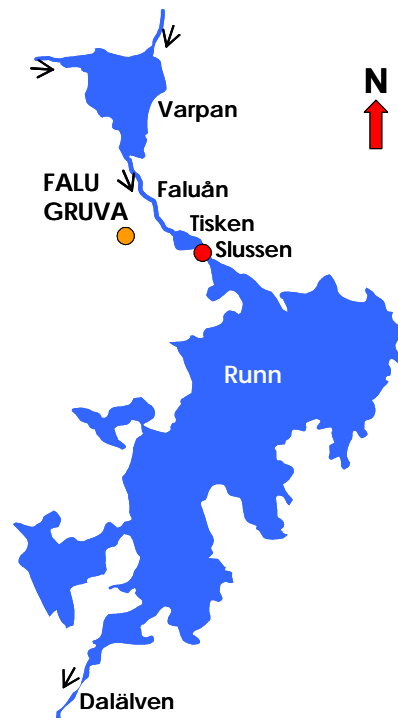
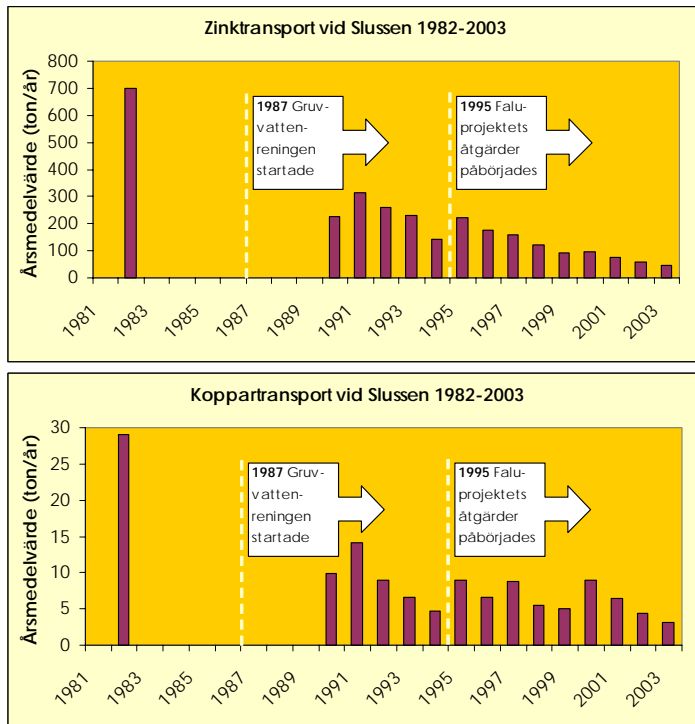
Förekomsten av gruvavfall i Falu stad framgår av nedanstående kartbild. Den totala volymen gruvavfall i Falu stad har i tidigare arbeten uppskattats till 7 miljoner kubikmeter, varav huvuddelen utgörs av slagg.



Ett flertal omfattande åtgärder har redan genomförts för att minska metalläckaget från gruvavfallet i Falu stad. Rening av läns-pumpningsvattnet från gruvan påbörjades 1987 i Främby reningsverk. Under 1989-2001 utförde dåvarande STORA (nuvarande Stora Enso) täckning av Galgbergsmagasinet, ett magasin för anrikningssand. Inom ramen för det så kallade Faluprojektet har flera åtgärder genomförts:

- Täckning av Ingarvsmagasinet (magasin för anrikningssand) 1997 – 2004.
- Sanering (tvätt) av Kisbränderdeponin, 1995 – ca 2007 (pågår).
- Avskärande dränering för att minska grundvattenflödet in till gruvområdet (rödfärgsråvaran), 1996.

Som framgår av diagrammen nedan har metalläckaget från gruvavfallet i Falun minskat dramatiskt de senaste årtiondena tack vare åtgärderna, framförallt med avseende på zink.



Miljöeffekter – åtgärds mål - saneringsbehov

Trots att de genomförda åtgärderna resulterat i en betydande minskning av metalltillförseln till recipienten så är koncentrationen av flera metaller fortfarande hög i både vatten och sediment. I takt med att vattenkvaliteten förbättrats har dock djur och växter börjat återetablera sig – även om artsammansättningen idag (2004) visar att miljön fortfarande är i obalans. Växtligheten i sjön Tisken i nedre Faluån domineras t ex av en enda art - löktåg - som har massutvecklats. Halten av flera metaller är förhöjd i fisk från Runn i förhållande till referenssjöar. Särskilt halten av kadmium i abborre (muskel och lever) är påtagligt förhöjd, även om kadmiumhalten uppvisar en minskande trend under tidsperioden 1996 – 2004.

Den samlade slutsatsen av den miljöriskbedömning som genomförts är att det är miljömässigt motiverat att genomföra åtgärder för att ytterligare minska metallurlakningen till Faluån, trots de miljöförbättringar som registrerats under senare år. Dessa åtgärder ska inriktas mot att i första hand efterbehandla objekt/områden som läcker förhållandevis mycket kadmium. De åtgärder som är föreslagna ger samtidigt en reduktion av betydande kvantiteter koppar, zink och järn.

Förslag till övergripande åtgärds mål har tagits fram med utgångspunkt i Länsstyrelsen i Dalarnas läns tolkning av det nationella miljö kvalitetsmålet "giftfri miljö". Som övergripande åtgärds mål föreslås:

- Miljöpåverkan på ekosystemen i Faluån och Runn ska minska.
- Faluån och Runn ska hysa livskraftiga bestånd av fisk, som inte har markant högre metallhalter än i regionens övriga vattenområden.
- Faluområdet ska inte längre betecknas som en "hot spot" i frågan om metalltillförseln till Östersjön.
- Efterbehandlingsåtgärderna ska utformas så att Världsarvet Falun inte skadas och övriga kulturvärden i största möjliga utsträckning bibehålls.

Möjliga efterbehandlingsmetoder i världsarvet Falun - förutsättningar

De efterbehandlingsåtgärder som har genomförts i Falun omfattar avfallstyper som producerades under 1900-talet, d v s anrikningssand (Galbergsmagasinet och Ingarvsmagasinet) och kisbränder. Gemensamt för dessa objekt är dels att de har utgjort de största källorna för metallurlakning till Faluån/Runn och dels att de har ett begränsat kulturhistoriskt värde. De nu återstående avfallstyperna - slagg, gruvvarp och rödfärgsråvara - utgör viktiga karaktärsdrag för världsarvet Falun. Inte minst i gruvlandskapet runt Falu gruva/Stora Stöten, där de stora upplagen med olika typer av gruvavfall vittnar om en världsunik industrihistoria. Starka kulturhistoriska värden är knutna till själva gruvavfallet och därmed kommande generationers möjlighet att uppleva ett tusenårigt gruvlandskap.

Mot den bakgrunden är det inte möjligt att genomföra efterbehandling av dessa objekt med konventionella metoder såsom bortschaktning, övertäckning eller liknande. Länsstyrelsen har redan tidigare genomfört en analys av olika efterbehandlingsmetoders lämplighet, varvid framkom att den enda realistiska åtgärdsmetoden som kvarstår är att samla upp och behandla lakvatten från gruvavfallet. I föreliggande huvudstudie har därför primärt åtgärden lakvattenuppsamling för olika alternativa områden/objekt värderats mot varandra.

Dåvarande Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag (nuvarande Stora Enso) åtog sig vid koncessionsförhandling 1984 att fortsättningsvis rena länshållningsvattnet från Falu gruva - det så kallade "gruvvattnet". Idag renas gruvvattnet genom en kalkfällningsprocess som årligen ger upphov till upp emot 10 000 m³ metallhydroxidslam som deponeras. Stora Enso har nu, efter många års arbete, utvecklat en helt ny reningsprocess för gruvvattnet där metallerna kan nyttiggöras som olika metallråvaror. Den nya gruvvattenreningen kräver dagligt underhåll och skötsel, vilket borgar för att Stora Enso kommer att ha en organisation för detta under mycket lång tid framöver. Möjlighet finns att dimensionera anläggningen för att även rena metallförorenade lakvatten från olika gruvavfallsobjekt.

Kartläggning av metalläckaget till Faluån och Tisken

Som underlag till prioriteringen av områden/objekt att åtgärda har en kartläggning av metalläckaget från nio delområden i Falun genomförts. Beräkningarna visar att området "Gruvan/Rödfärgsråvaran" står för det klart största läckaget av zink, kadmium, koppar och järn. Enligt gjorda beräkningar kommer detta område ensam att svara för i storleksordningen hälften av det samlade läckaget av zink, kadmium, koppar och järn då den pågående sanering av kisbränderdeponin är avslutad.

Riskvärdering och åtgärdsförslag

Utifrån kartläggningen har de sex områdena med störst metalläckage valts ut för riskvärdering. Vid riskvärderingen har nyttan med att reducera riskerna (metalläckagen) för varje område vägts mot konsekvenserna (tekniska, ekonomiska, juridiska, konsekvenser på kulturmiljön o s v) av att åtgärda läckagen genom uppsamling och rening av lakvattnet.

Utifrån riskvärderingen föreslås att uppsamlingsanordningar anläggs för lakvattnet från gruvavfall inom område 3, Gruvan/Rödfärgsråvaran. Stora mängder metaller kan samlas upp inom detta område. Kostnadseffektiviteten (kostnad per uppsamlad mängd metall) är dessutom bäst vid en åtgärd inom detta område. Andelen kadmium i lakvattnet är relativt hög, samtidigt som i storleksordningen 12-17 ton zink och 2-3 ton koppar kan samlas upp årligen, vilket ligger i linje med det angivna saneringsbehovet. Att åtgärda området medför inga betydande negativa konsekvenser i övrigt. Inverkan på kulturmiljön blir mycket begränsad, vilket är en förutsättning för att genomföra åtgärden. Tekniskt sett vållar åtgärden inga stora bekymmer och sedan tidigare finns erfarenhet av att bygga uppsamlingsanordning inom detta område. Därtill är ansvars- och avtalsfrågan relativt väl utredd, eftersom området ingår i avtalet som ligger till grund för Faluprojektet.

Mätbara åtgärds mål

De mätbara åtgärds målen för uppsamling och behandling av lakvatten från område 3, Gruvan/Rödfärgsråvaran föreslås bli att den uppsamlade och reade metallmängden från området ska uppgå till minst:

- 31 kg kadmium per år
- 2,3 ton koppar per år och
- 14 ton zink per år.

Inför genomförandet

Projekteringsanvisningar för en uppsamlingsanordning vid Gruvan/Rödfärgsråvaran lämnas i huvudstudien. Figuren nedan visar en skiss på anläggningen i plan. Till höger ett foto på den uppsamlingsanordning som redan anlagts av Vägverket i anslutning till väg 50.



En ansvarsutredning har genomförts av Länsstyrelsen i Dalarnas län. Utredningen omfattar området Gruvan/Rödfärgsråvaran och slutsatsen av den är att det inte finns någon fastighetsägare eller verksamhetsutövare som kan anses ha något ansvar att delfinansiera uppsamling och rening av lakvatten från området med rödfärgsråvara/gruvvarp mellan väg 50 och Stora Stöten.

Stora Enso har genom delfinansiering med 60 Mkr (indexreglerat från 1992 års penningvärde) redan fullgjort sina ekonomiska förpliktelser när det gäller de efterbehandlingsåtgärder som omfattas av avtalet som ligger till grund för Faluprojektet, d v s bland annat nu aktuellt område. Den nu föreslagna åtgärden måste helt (100 %) finansieras med statliga efterbehandlingsmedel.

Länsstyrelsen har i ansvarsutredningen bedömt att det är Faluprojektet som bör ta initiativ till att genomföra efterbehandlingsåtgärder i enlighet med föreliggande huvudstudie. Stora Kopparbergs Bergslags AB är det företag inom Stora Enso-koncernen som ansökt om tillstånd för drift av reningsanläggningen för gruvvatten (september 2004). Mot den bakgrunden bör en samordning ske så att Faluprojektet initierar den föreslagna efterbehandlingsåtgärden hos länsstyrelsen (för senare beslut hos naturvårdsverket) medan Stora Kopparbergs Bergslags AB ansvarar för anläggning av uppsamlingsanordningarna, dess framtida underhåll samt den långsiktiga reningen av uppsamlat lakvatten.

För anläggandet av uppsamlingsanordningar krävs tillstånd enligt kulturminneslagen och en anmälan om efterbehandlingsåtgärd till tillsynsmyndigheten.

För miljökontrollen före, under och efter åtgärden är det mycket viktigt att fullfölja och uppdatera de kontrollprogram kring gruvavfallen som löper i Falun – Faluprojektets vattenkontroll, Dalälvens Vattenvårdsförenings samordnade recipientkontroll samt Stora Ensos vattenkontroll vid Galbergsmagasinet. Faluprojektets pågående åtgärder beräknas vara avslutade år 2007. Tidshorizonten för att utvärdera effekterna av Faluprojektets åtgärder bedöms vara åtminstone 10-15 år efter det att åtgärderna avslutats.

Kostnaden för att åtgärda metallläckaget från området Gruvan/Rödfärgsråvaran genom uppsamling och rening av lakvatten bedöms till i storleksordningen 45 Mkr, vilket inkluderar kapitaliserade drift- och underhållskostnader för all framtid.

INNEHÅLL

1.	INLEDNING	1
1.1.	Bakgrund - historik	1
1.2.	Syfte	1
1.3.	Förutsättningar	1
2.	OMRÅDESBESKRIVNING	3
2.1.	Området i sin helhet	3
2.1.1.	Gruvavfallets utbredning	3
2.1.2.	Mark- och vattenförhållanden	4
2.1.3.	Kulturmiljön.....	7
2.2.	Delområden, indelning	7
2.2.1.	OMRÅDE 1 – Galgbergsmagasinet	9
2.2.2.	OMRÅDE 2 – Nicolaiområdet	10
2.2.3.	OMRÅDE 3 – Gruvan/Rödfärgsråvaran	11
2.2.4.	OMRÅDE 4 – Ingarvsmagasinet med omnejd	13
2.2.5.	OMRÅDE 6 – Kisbränderdeponin	15
2.2.6.	OMRÅDE 4b, 4c, 5, 7, 8 och 9 – Slaggområden	19
3.	GENOMFÖRDA ÅTGÄRDER	21
3.1.1.	Rening av läns pumpningsvattnet från gruvan	21
3.1.2.	Återställning av Galgbergsmagasinet	21
3.1.3.	Åtgärder inom Faluprojektet	21
3.1.4.	Uppsamlingsanordning längs väg 50.....	22
4.	GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR	23
4.1.	Tidigare undersökningar	23
4.2.	Referensprogram	26
4.2.1.	DVVF – samordnad recipientkontroll i Dalälven.....	27
4.2.2.	Faluprojektet och Stora Enso – kontroll av Faluån och dess gruvavfallspåverkade tillflöden	28
4.3.	Kompletterande undersökningar	29
5.	RESULTAT AV UNDERSÖKNINGAR	31
5.1.	Karaktärisering och avgränsning av föroreningarna	31
5.1.1.	Gruvavfallets ursprung och karaktär	32
5.1.2.	Gruvavfallens metall- och svavelinnehåll, lakbarhet	34
5.2.	Metallurlakning från gruvavfallet	36
5.2.1.	Resultat av tidigare kartläggningar	36
5.2.2.	Resultat av nuvarande kartläggning	38
5.3.	Miljöeffekter i recipienter	44
5.3.1.	Metallhalter och transporter	44
5.3.2.	Biologiska effekter i vattendraget Faluån – Runn – Dalälven - Östersjön	45
6.	RISKBEDÖMNING OCH BEDÖMNING AV SANERINGSBEHOV	47
6.1.	Föroreningarnas farlighet	47
6.2.	Föroreningsnivåer	48

6.3.	Spridningsförutsättningar.....	48
6.4.	Känslighet/skyddsvärde	48
6.5.	Samlad riskbedömning – bedömning av saneringsbehov.....	48
7.	ÖVERGRIPANDE ÅTGÄRDSMÅL	50
7.1.	Underlag till åtgärds mål.....	50
7.2.	Förslag till övergripande åtgärds mål.....	51
8.	ÅTGÄRDSUTREDNING	52
8.1.	Riskvärdering	52
8.1.1.	Möjliga åtgärds metoder	52
8.1.2.	Beskrivning av åtgärds alternativ	55
8.1.3.	Värderingsmodell	56
8.1.4.	Sammanfattande värdering med kommentarer.....	56
8.1.5.	Åtgärds förslag.....	63
8.2.	Mätbara åtgärds mål	64
9.	GENOMFÖRANDE	66
9.1.	Projekteringsdirektiv	66
9.2.	Direktiv för andra markarbeten inom området	68
9.3.	Tillstånd – anmälningar – lov.....	69
9.4.	Miljökontroll	69
9.4.1.	Samlad kontroll av metallläckaget från gruvavfall i Falun	69
9.4.2.	Kontroll under byggtiden.....	71
9.4.3.	Åtgärds uppföljning.....	71
9.5.	Myndighetskontakter och information	71
9.6.	Slutlig ansvarsutredning	71
9.6.1.	Huvudmannaskap	72
9.6.2.	Finansiering	72
9.7.	Planering och budgetering av fortsatta arbeten.....	73
9.7.1.	Planering	73
9.7.2.	Budgetering.....	73

DELRAPPORTER

- Delrapport 1 *"Efterbehandling av gruvavfall i Falun – Kartläggning av metallläckage och miljöriskbedömning", GVT AB och Svensk MKB, 2004.*
- Delrapport 2 *"Efterbehandling av gruvavfall i Falun - Beskrivning av åtgärdsalternativ", GVT AB 2004.*
- Delrapport 3 *"Efterbehandling av gruvavfall i Falun - Ansvarsutredning", Länsstyrelsen i Dalarnas län 2004.*

1. INLEDNING

1.1. Bakgrund - historik

Redan 1983 konstaterade Naturvårdsverket att Falu Gruva var den största enskilda källan till tungmetallutsläpp i Sverige. 1987 påbörjades rening av gruvvattnet i det kommunala reningsverket, Främby. Samma år tillsatte regeringen Dalälvsdelegationen för att utreda hur man skulle kunna minska utsläppen till Dalälven från bland annat Falun. Under 1988 startade delegationen det så kallade Gruvavfallsprojektet, som syftade till att kartlägga gruvavfallet inom Dalälvens avrinningsområde och komma med förslag till åtgärder för att minska dess miljöpåverkan. Samma år drogs projektet Varp 89 igång på Stora Kopparbergs Bergslags AB:s initiativ. Dåvarande STORA hade redan 1968 påbörjat arbetet med att klarlägga förekomsten och omfattningen av metalläckaget från gruvavfallet i Falun.

Som en följd av Dalälvsdelegationens arbete tecknades 1992 (samma år som gruvan lades ner) ett avtal om efterbehandlingsåtgärder mellan Stora Kopparbergs Bergslags AB, Länsstyrelsen i Dalarnas län, Falu kommun och Naturvårdsverket. Inom ramen för avtalet har flera åtgärder vidtagits för att minska metallutsläppen från prioriterade objekt (det så kallade Faluprojektet); sandmagasinet vid Ingarvet har sluttäckts, en avskärande dränering för rent grundvatten har anlagts uppströms upplaget av rödfärgsråvara och tvättning av metallrika kisbränder vid den gamla svavelsyrafabriken pågår.

Effekterna av Faluprojektets åtgärder följs bland annat upp genom löpande vattenprovtagning och flödesmätning i Faluns vattendrag. Trots den stora reduktion av metalläckage som har konstaterats, är metalläckaget från området kring Falu gruva fortfarande relativt stort jämfört med andra källor och ytterligare åtgärder bedöms därför krävas för att minska utsläppen. Samtidigt är det känsligt att gå in med konventionella efterbehandlingsåtgärder i de kulturhistoriskt värdefulla miljöer som det nyutnämnda världsarvet Falun utgör.

1.2. Syfte

Syftet med föreliggande huvudstudie är att utgöra ett fullgott underlag för beslut om bidrag till fortsatta efterbehandlingsåtgärder för att åtgärda metalläckaget från gruvavfall i Falun.

1.3. Förutsättningar

Sedan 1987 renas läns-pumpningsvatten från Falu Gruva vid det kommunala reningsverket i Främby. Om inte läns-pumpning skedde skulle besöksgruvan och Stora Stöten vara helt vattenfyllda. Hela den dimensionerande kapaciteten vid reningsverket (drygt 25 m³/h) nyttjas idag. Processen är underhållskrävande och ger som restprodukt ett metallhydroxidslam som deponeras vid Falu avfallsanläggning. Slammängderna är stora, upp emot 10 000 m³ per år.

För att förbättra situationen har Stora Enso långt framskridna planer på att bygga en ny reningsanläggning för gruvvattnet. Anläggningen kommer att placeras på gruvområdet och den nya processen innebär att metaller kan återvinnas och att restprodukten kan användas vid tillverkning av Falu rödfärg istället för att deponeras. I och med att en ny reningsanläggning byggs, finns möjligheten att dimensionera processen så att ytterligare metallförorenat lakvatten från gruvavfall kan tas emot och renas.

Gruvavfallet utgör ett viktigt karaktärsdrag i det nyutnämnda världsarvet Falun. Konventionella efterbehandlingsåtgärder vid källan i form av bortgrävning, övertäckning och liknande är därför inte möjliga att genomföra. Världsarvets höga kulturmiljöstatus medför även att åtagandet att rena gruvvattnet är långsiktigt. Tillgången till en reningsanläggning för metallförorenat vatten är därmed garanterad för mycket lång tid framåt.

2. OMRÅDESBESKRIVNING

Som underlag inför prioritering av åtgärder vid gruvområdet i Falun har en kartläggning av vattenflöden och metalläckage från gruvavfall på olika delområden kring Falu Gruva utförts.

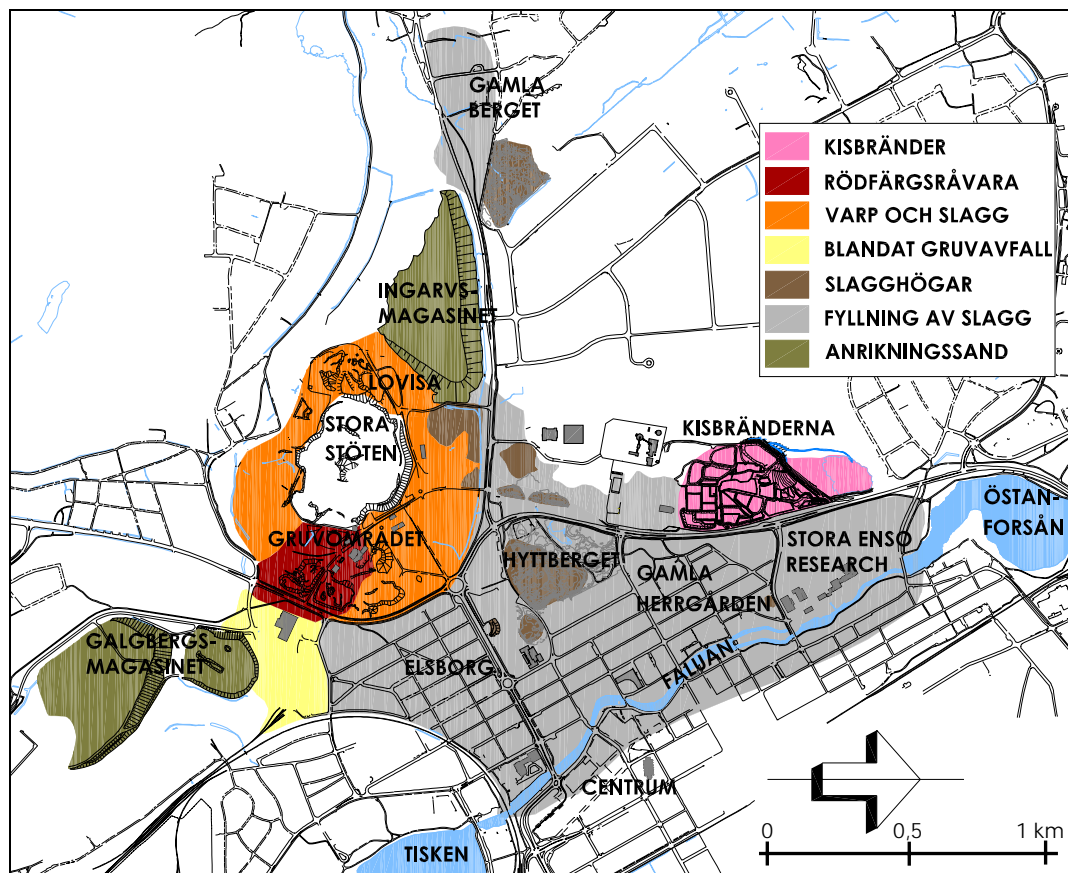
I avsnitten nedan beskrivs området kring Falu gruva i sin helhet, samt de olika delområdenas karaktär var för sig.

2.1. Området i sin helhet

2.1.1. Gruvavfallens utbredning

Falu stad och dess omgivning präglas mycket påtagligt av gruvavfallet. Utnämningen av gruvlandskapet till världsarv är ett bevis på dess kulturhistoriska värde. Samtidigt utgör den stora mängden gruvavfall ett miljöproblem genom det metallrika lakvatten det ger upphov till.

Gruvavfallens utbredning framgår av Figur 1.



Figur 1. Gruvavfallens utbredning i Falu stad.

2.1.2. Mark- och vattenförhållanden

Inom Falun utgörs berggrunden i huvudsak av leptit. Leptit är en finkornig bergart som ur vattenförsörjningssynpunkt är bland de svåraste bergarterna i Dalarna att utvinna vatten från. Till följd av starka tektoniska rörelser är berggrunden kring Falu Gruva generellt mycket komplicerad, med stora inslag av metamorfa bergarter.

Starka tektoniska rörelser innebär att sprickfrekvensen är hög. Sprickzonerna är relativt läkta, vilket innebär att vattenföringen i dem är låg. Brunnar som har borrats i direkt anslutning till gruvan visar att det är svårt att utta större vattenmängder ur berggrunden. Grundvattennivån i berggrunden kan vara belägen endast några meter under markytan, även inom områden där gruvgångar finns på stort djup. Sprickzoner måste vara relativt uthålliga för att vara av intresse för grundvattenströmningen. Sådana sprickzoner förekommer främst i NV-SO riktning i Falun.

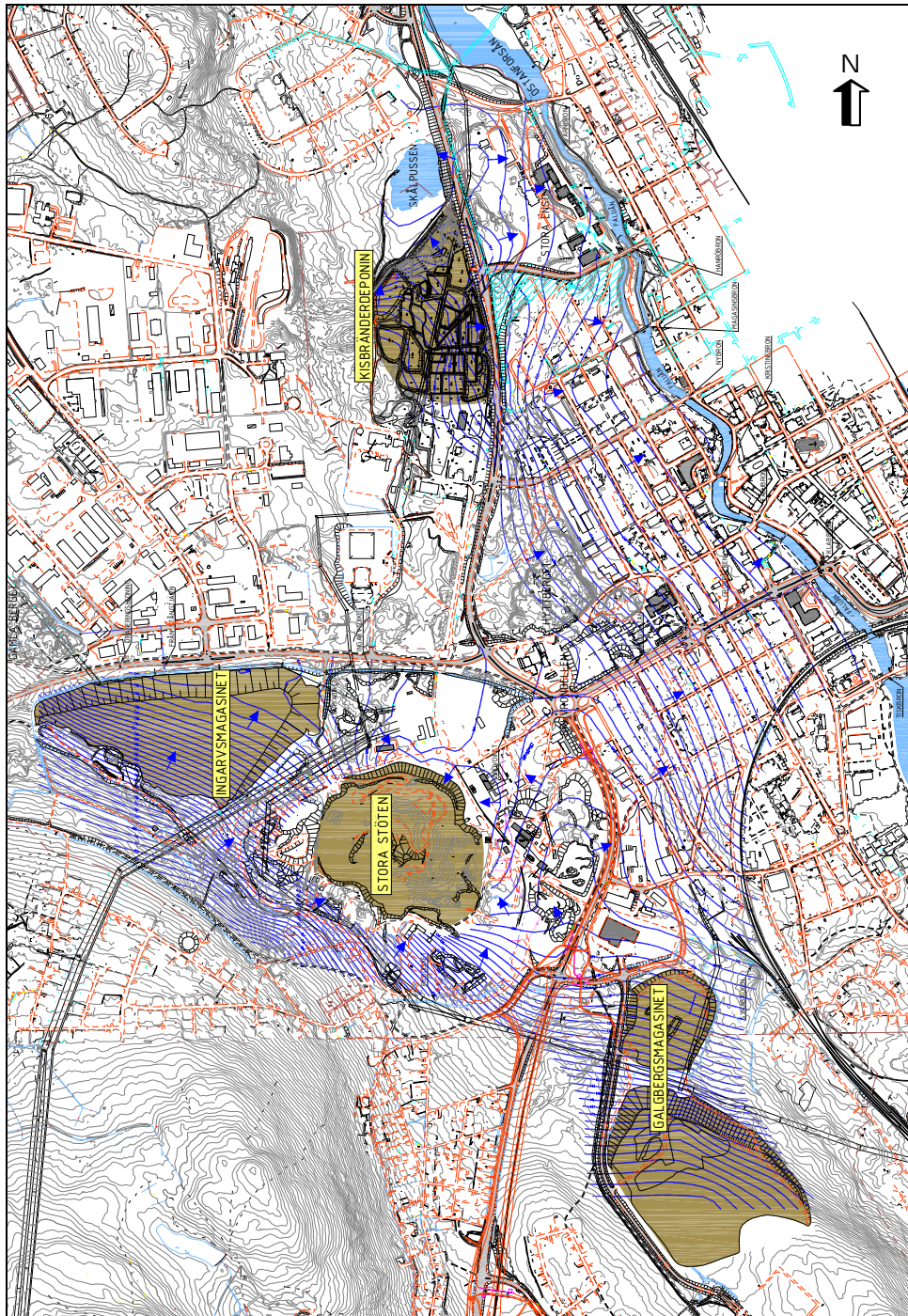
Den naturliga marken i Falun utgörs främst av morän, som till stor del är relativt finkornig och tät. Moräntäcket är relativt tunt inom vissa områden - mäktigheten varierar mellan noll och upp emot tio meter. I de mer låglänta partierna ner mot Faluån är moränen oftast täckt med lager av lera-silt med varierande mäktighet, från några decimetrar till några meter. Längs Faluåns östra sida löper en mer genomsläpplig isälvsavlagring med begränsad utsträckning. Åsens sidor överlagras av sediment. Topografin är kuperad.

Grundvattnets nivå i Falun följer väl markytans topografi. Detta gäller både nivån i bergborrade brunnar och nivån i jordlagren. Normalt är grundvattennivån belägen ca 2-3 m under markytan, utom där slagg förekommer med stor mäktighet, eller i sandmagasinen. Grundvattenytans nivå och grundvattnets huvudsakliga flödesriktning i västra Falun framgår av Figur 2 på följande sida.

I den södra delen av den västra stadsdelen är grundvattenflödet riktat mot norr. Längre norrut vrider det av och har en östlig riktning ner mot Faluån. Grundvattenflödet i moränen är av underordnad betydelse inom hela området - flödet i moränen är litet. De stora grundvattenflödena sker i fyllningen och då i huvudsak i slaggen. Grundvattenflödet följer i stort naturligt lagrad jords topografi under fyllningen.

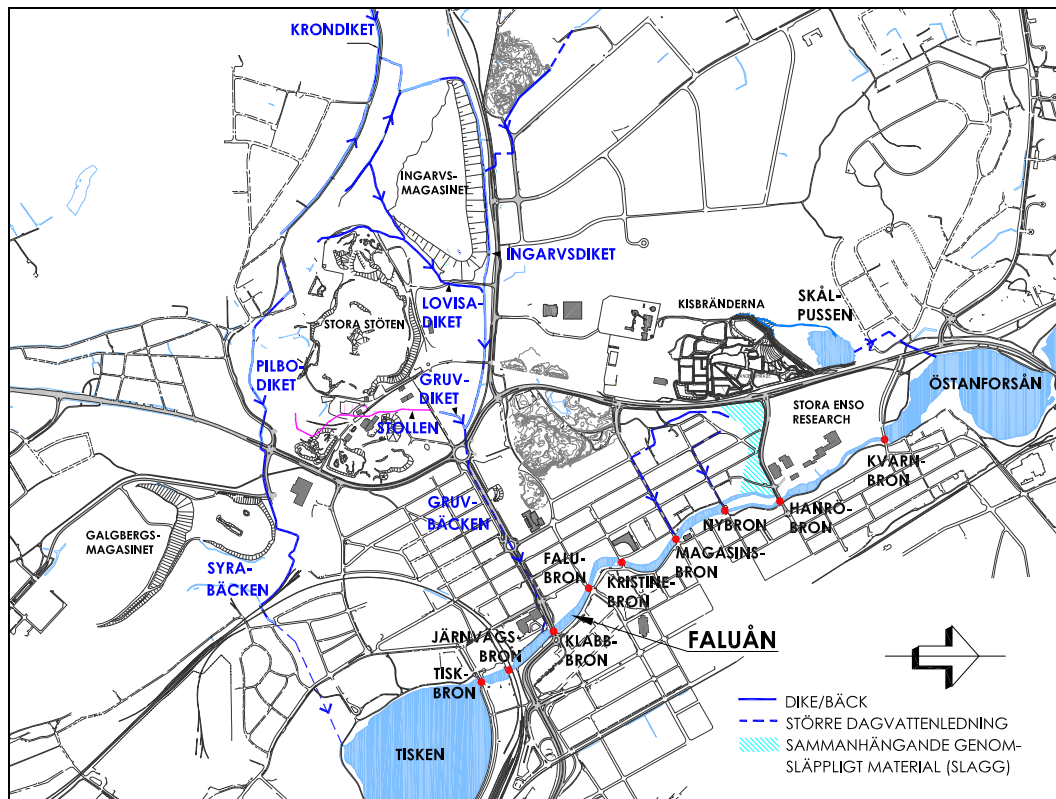
Utläckage av förorenat grundvatten sker på ett flertal ställen i anslutning till gruvavfallet. Ytvattendrag och större dagvattenledningar i anslutning till gruvavfallet framgår av Figur 3 nedan. Mellan övre och nedre delen av Galgbergsmagasinet sker ett utläckage av metallrikt vatten till ett dike som skär mellan magasinen, likaså längs magasinets släntfot mot öster.

Vid gruvområdet sker ett utläckage av grundvatten till Stollen/Gruvdiket som sträcker sig genom gruvområdet. Undersökningar har visat att pumpningen av länsvatten från gruvan inte ger någon märkbar avsänkning av grundvattenytan i jord eller berg omkring gruvhålet. Den hydrauliska kontakten mellan gruvan och omgivande mark är alltså dålig, och grundvattenflödet väster och öster om Stora Stöten sker till största del förbi gruvan och ner mot Faluån eller läcker fram i Stollen/Gruvdiket.

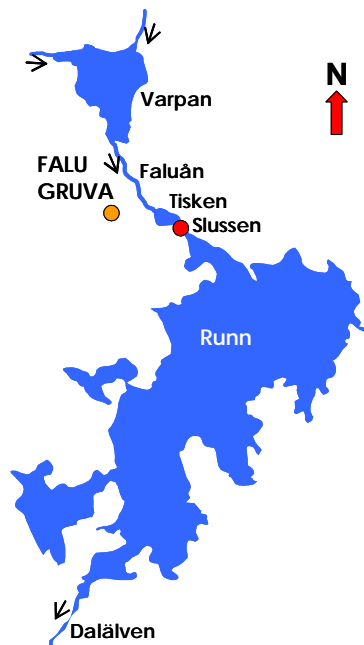


Figur 2. Grundvattnets nivå och flödesriktning i västra Falun.

Inom kisbränderdeponin finns en grundvattendelare, vilket innebär att ca 1/3 av området avvattnas mot Skålpussen, vidare mot Östanforsån (Faluåns övre del), och resterande del direkt ner mot Faluån. I norra delen av Gamla Herrgården finns ett område där det förekommer slagg med stor mäktighet, med möjlighet till stora grundvattentransporter. Utläckage av förorenat grundvatten sker längs hela västra stranden av Faluån, men omfattningen varierar kraftigt längs olika sträckor.



Figur 3. Ytvattendrag i Falun i anslutning till gruvavfall.



Figur 4. Vattensystemet nedströms Falu gruva.

Avrinningen från de gruvavfallspåverkade områdena kring Falu gruva sker i huvudsak via Syrabäcken, Ingarvsdiket, Gruvdiket, Gruvbäcken och Skålpussen, se Figur 3 ovan. Recipient för dessa är Faluånn, med undantag för Syrabäcken som mynnar i Tisken.

Faluånn har sin början i Varpan och mynnar i Tisken, se Figur 4. Tisken har i sin tur utlopp till Runn, vid Slussen. Runn avvattnas via Dalälven till Östersjön.

Av de nämnda vattendragen är flertalet reglerade. Ingarvsdiket avleder vatten från den reglerade sjön Vällan. Flödet i Faluånn regleras vid Varpans utlopp. Tiskens nivå regleras i Slussen och Runn regleras vid Långhags kraftverk i Dalälven.

2.1.3. Kulturmiljön

Tusen år av gruvdrift har lämnat avtryck som dominerar landskapet kring Falu Gruva. De senaste dateringarna som gjorts pekar på att gruvbrytningen i Falun startade redan på 700-talet (*"Falu gruvas ålder", Qvarfort 2004, Totalförsvarets forskningsinstitut*). Det äldre gruvavfallet återfinns dels i gruvans närhet, dels i direkt anslutning till hyttplatser som ligger vid vattendrag, eftersom vattenkraften var nödvändig för beredning av malmen. I Falu stad förekommer sådant gruvavfall inom gruvområdet och längs Faluån, Gruvbäcken och Ingarvsdiket. Slaggen har, förutom att deponeras vid hyttor, även använts till fyllnadsmaterial under bebyggelsen i stora delar av västra Falun. Det rör sig om stora avfallsmängder och det finns inte någon klar gräns mellan olika delområden.

Modernare gruvavfall förekommer i deponier i anslutning till verksamheterna som givit upphov till dem. Anrikningssand finns i Galgbergsmagasinet (gamla sandmagasinet) och Ingarvsmagasinet (nya sandmagasinet). Kisbränder förekommer i en deponi intill f d svavelsyrafabriken.

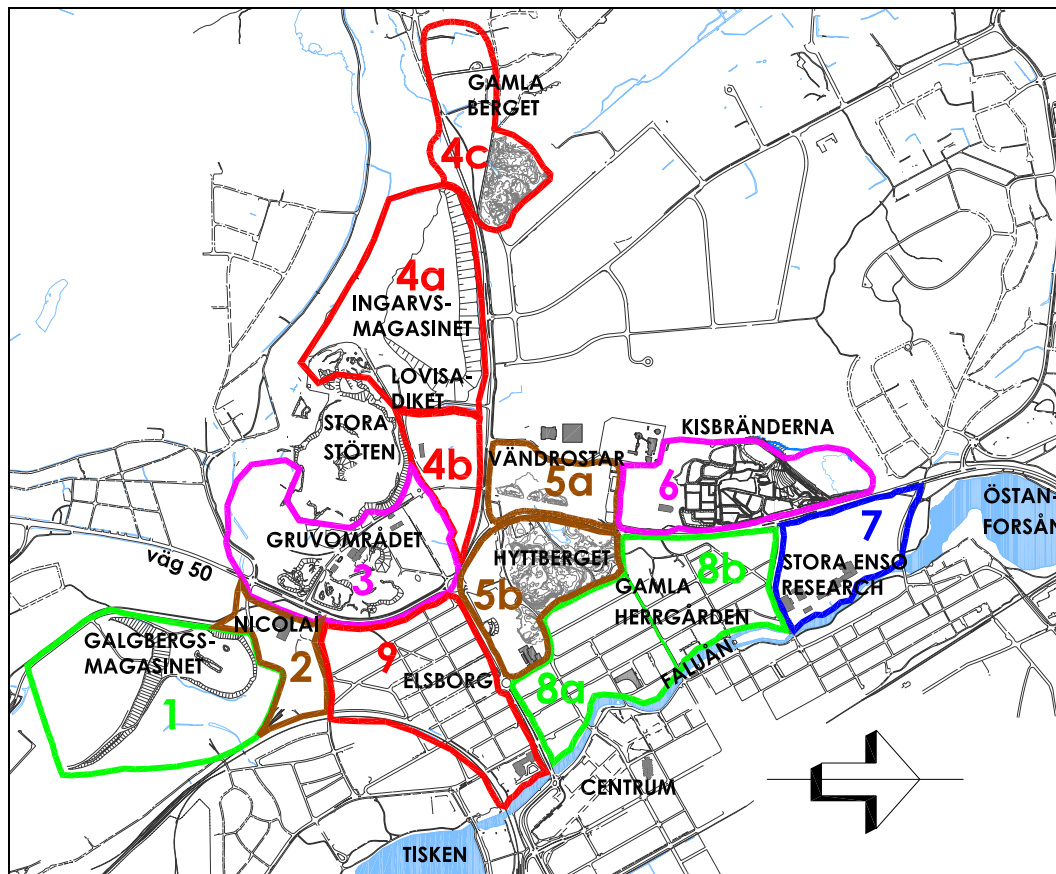
Gamla konstgjorda vattenvägar utgör viktiga delar av gruvmiljön, liksom lämningar av bebyggelse och vägar. Det finns en rad enskilda objekt i Falun som är skyddsvärda ur kulturmiljösynpunkt, exempelvis själva gruvan och "Stora Stöten". Men det är helheten i gruvmiljön som är mest värdefull och den har sedan många år tillbaka utpekats som ett kulturmiljövärde av riksintresse.

År 2001 blev Falun med omgivningarna utsett till världsarv av UNESCO. Motivering till att Falun tagits upp på UNESCO:s världsarvslista lyder: "Det historiska industrilandskapet kring Stora Kopparberget och Falun utgör ett av de främsta områdena för gruvhantering och metallproduktion. Gruvdriften upphörde vid 1900-talets slut, men har genom många århundraden haft ett starkt inflytande på teknisk, social och politisk utveckling i Sverige och Europa."

Ett världsarv är ett kulturminne eller naturminne som är så värdefullt att det är en angelägenhet för hela mänskligheten. Det är en plats, miljö eller objekt som på ett unikt sätt vittnar om jordens och människans historia. När platsen, miljön eller objektet upptagits på UNESCO:s världsarvslista ska den garanteras skydd och vård för all framtid.

2.2. Delområden, indelning

Omgivningarna kring Falu gruva som bidrar med metallförorenat vatten till Faluån och Tisken har delats in i nio delområden, vilka redovisas i Figur 5 nedan.



Figur 5. Områdesindelning för flödes- och metalläckageberäkningar.

Områdena benämns:

- **OMRÅDE 1** – Galgbergsmagasinet
- **OMRÅDE 2** – Nicolaiområdet (f d Timmervägen)
- **OMRÅDE 3** – Gruvan/Rödfärgsråvaran
- **OMRÅDE 4** – Ingarvsmagasinet med omnejd
4a: Sandmagasinet inklusive Lovisadiket
4b: Ställverksområdet
4c: Gamla Berget
- **OMRÅDE 5** – Hyttberget/Vändrostarna
5a: Vändrostarna (Västra Industriområdet)
5b: Hyttberget
- **OMRÅDE 6** – Kisbränderdeponin
- **OMRÅDE 7** – Stora Enso Research (Norra industriområdet)
- **OMRÅDE 8** – Gamla Herrgården
8a: Prästtåkten (området söder om Nybrogatan)
8b: Gamla Herrgården
- **OMRÅDE 9** – Elsborg

Områdesindelningen har gjorts främst med hänsyn till avfallens karaktär på de olika platserna, med viss hänsyn tagen till avrinningsområdenas utseende, samt möjligheterna att göra en samlad åtgärd för delområdet.

2.2.1. OMRÅDE 1 – Galgbergsmagasinet

HISTORIK OCH KULTURMILJÖ

Galgbergsmagasinet användes som upplag för avfallssand från anrikningsverket vid gruvan under åren 1944 till 1982. 1944 påbörjades pumpning av avfallssand till den så kallade Nedre Dammen. Dit fraktades också äldre anrikningssand som tidigare hade lagts upp öster om anrikningsverket. 1965 öppnades Övre Dammen och den användes till år 1983 då Nya Sandmagasinet (Ingarvmagasinet) togs i drift.

Galgbergsmagasinet är idag sluttäckt, både Nedre och Övre Dammen. Återställningsarbetet blev klart 2001 och bekostades av dåvarande Stora Kopparbergs Bergslags AB.

AVFALLSTYPER

I Galgbergsmagasinet har avfallssand från anrikningsverket deponerats. Dels sådan som producerades mellan åren 1944-1965 (Nedre Dammen) och 1965-1982 (Övre Dammen), och dels äldre anrikningssand som transporterades till Nedre Dammen från ett tidigare upplag öster om anrikningsverket vid gruvan.

TÄCKNING

Galgbergsmagasinet är idag sluttäckt. Inför återställningen gjordes utredningar och försök kring olika täckningsmaterial och metoder.



Idén om att använda restprodukter från pappersindustrin som täckmaterial väcktes och testades, först i liten skala och sedan på större provytor. Resultaten användes för det fortsatta arbetet med sluttäckning av hela magasinet. Förutom att täckmaterial och blandningsförhållanden provades ut, utvecklades även metoder för materialutläggning och för kontroll av täckningens funktion.

Materialen och metoden för täckning som prövades fram var: ett tätskikt (ca 1,0 m) av bioslam och aska från Kvarnsvedens pappersbruk samt ett vätskikt/skyddsskikt (ca 0,5 m) av morän, barkavfall m m.

Syftet med täckningen är främst att förhindra syreinträngning och därmed hindra en accelererande vittring i magasinet.

MARK- OCH VATTENFÖRHÅLLANDEN

Recipient för lakvatten från Galgbergsmagasinet är Syrabäcken. Syrabäcken är kulverterad på vissa sträckor och mynnar i Tisken, det vill säga nedströms Faluån. Både avrinnande ytvatten från magasinet och lakvattenförorenat grundvatten nedströms magasinet läcker fram i Syrabäcken. Galgbergsmagasinet underlagras av tät morän som är hård mot djupet. Grundvattenflödet är i stora drag riktat mot nord-nordost.

2.2.2. OMRÅDE 2 – Nicolaiområdet

HISTORIK OCH KULTURMILJÖ

På Nicolaiområdet, nedströms Galgbergsmagasinet, har deponering av olika typer av gruvavfall skett. Området används idag som industrimark och har lågt värde ur kulturmiljösynpunkt. En ny anslutningsväg till väg 50 har nyligen byggts genom området.

AVFALLSTYPER

Inom området förekommer olika typer av gruvavfall i form av fyllning, bland annat varp, slagg och rödfärgsråvara. Dessutom finns där anrikningssand som följt med bräddvatten ut från Galgbergsmagasinet när detta var i drift.

MARK- OCH VATTENFÖRHÅLLANDEN

Recipient för lakvatten från Nicolaiområdet är Syrabäcken. Syrabäcken är kulverterad på vissa sträckor och mynnar i Tisken, det vill säga nedströms Faluån. Både yt- och grundvatten från området läcker i huvudsak fram i Syrabäcken.

Området är flackt och grundvattenytan ligger högt, i stort sett i nivå med markytan i områdets lägre delar. Grundvattenflödet inom området varierar kraftigt eftersom ytvattendikena dränerar av närliggande fyllning. Förekomsten av fyllning gör även att det är svårt att förutsäga grundvattenströmmarna på lokal nivå, men grundvattenflödet är i stora drag riktat mot nordost. Endast en liten andel av vattnet som passerar genom fyllningen kan infiltrera/transporteras genom den underliggande, täta moränen. Merparten av grundvattnet tränger istället fram i diken som dränerar området.

Läckaget av metaller från området sker på två sätt. Man har en del som transporteras med grundvattnet i moränen, genom området och vidare som ett diffust grundvattenflöde ner mot Tisken. Den andra delen av det metallförorenade grundvattnet ("lakvattnet") läcker ut i diken o s v inom och i direkt anslutning till området, vilka mynnar i Syrabäcken. Den största delen av läckaget sker till omgivande diken, medan en mindre del läcker diffust med grundvattnet.

2.2.3. OMRÅDE 3 – Gruvan/Rödfärgsråvaran



Figur 6. Upplag med rödfärgsråvara vid gruva. I bakgrunden rödfärgsverket och längst till vänster Creutz lave vid kanten av Stora Stöten. Vy mot nordost.

HISTORIK OCH KULTURMILJÖ

Inom detta område ligger eller har legat många olika industriverksamheter med anknytning till gruvan, t ex anrikningsverk, vitriolfabrik, rödfärgsverk (fortfarande i drift), svavelkokeri och talkverk. Själva gruvan lades ner 1992, efter att ha varit i drift i över tusen år. Under 1500- och 1600-talet möjliggjorde Falu Gruva Sveriges utveckling till en europeisk stormakt. Vid 1600-talets mitt svarade Falun för 2/3 av världens kopparproduktion. Stora Kopparberget består av själva gruvan samt den karaktäristiska "Stora Stöten", det enorma gruvhål som bildades vid ett ras år 1687.

AVFALLSTYPER

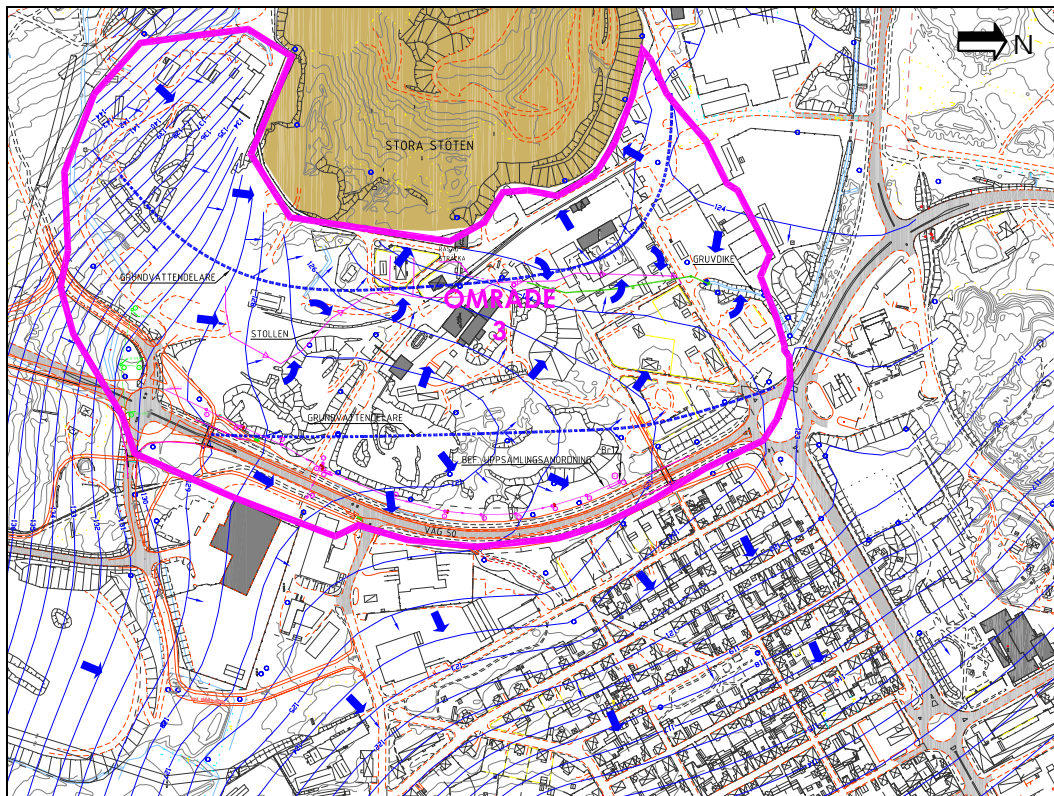
På området förekommer idag upplag av varp, rödfärgsråvara och slagg. De flesta varphögarna har omlagrats under årens lopp, eftersom omanrikning har skett i olika omgångar. Råvara till Falu rödfärg tas ut genom att rödfärgsråvaran, som utgörs av vittrad gruvvarp, siktas igenom regelbundet. Slagg, varp och rödfärgsråvara förekommer även som fyllning under byggnader och hårdgjorda ytor.

Rödfärgsråvara förekommer främst i områdets södra del. Här förekommer också slagg och mindre mängder avfallssand från det nedlagda anrikningsverket. I gruvområdets norra del förekommer i huvudsak slagg och varp.

MARK- OCH VATTENFÖRHÅLLANDEN

Vatten avrinner från gruvområdet på tre sätt, se Figur 7. Dels via Stollen/Gruvdiket vidare till Gruvbäcken och Faluån, dels ner i gruvan (varifrån det pumpas upp och avleds till nuvarande gruvvattenrening vid Främby ARV), och slutligen som ett diffust grundvattenflöde ner mot Faluån (genom stadsdelen Elsborg).

En mindre mängd yt- och grundvatten avvattnas till gruvan. Området är flackt och grundvattendelarna är rörliga, vilket gör att det är svårt att beräkna de olika flödena exakt. Det diffusa grundvattenflödet ner mot staden mynnar i Faluån, men dräneras även delvis av via avloppsledningsnätets ledningsgravar och transporteras med eller längs med dagvattenledningar till Faluån, eller med spillvattenledningar till Främby avloppsreningsverk.



Figur 7. Nivåkurvor och flödesriktningspilar för grundvattnet inom område 3. De två blå, streckade linjerna markerar grundvattendelarnas ungefärliga läge. Väster om den västra grundvattendelaren avleds grundvattnet mot gruvan. Mellan grundvattendelarna dräneras grundvattnet via Stollen/Gruvdiket. Öster om den östra grundvattendelaren är grundvattenflödet riktat mot Faluån.

Jordlagren inom gruvområdet är mycket heterogena. Området från rödfärgsråvaran och ner mot staden utgörs av olika typer av fyllning med varierande genomsläpplighet. De genomsläppligare fyllningarna har ingen större utbredning varför de jordar som har låg genomsläpplighet begränsar grundvattenflödet. Underliggande lera-silt samt morän har låg genomsläpplighet. I gruvområdets norra del förekommer betydligt mer slagg med hög genomsläpplighet. Dessa slaggförekomster är oftast lokala vilket innebär att grundvattenflödet även där begränsas av omkringliggande, tätare massor. Inom vissa delar underlagras slaggen av torv och lera där gamla vattenområden förekommit. Området ner mot staden utgörs delvis av tunnare slagglager som underlagras av silt och lera samt en relativt tät morän.

2.2.4. OMRÅDE 4 – Ingarvsmagasinet med omnejd



Område 4 har för viss redovisning delats upp på tre delområden – område 4a (själva sandmagasinet inklusive Lovisadiket), 4b (området öster om magasinet, "nedströms"), samt område 4c (området väster om magasinet, mot Gamla Berget, "uppströms"). Anledningen till uppdelningen är att karaktären på områdena skiljer sig på många sätt, samtidigt som läckaget med fördel bedöms för område 4 som helhet eftersom det i huvudsak dräneras till Ingarvsdiket.

Nedan följer en beskrivning av Ingarvsmagasinet, d v s område 4a. Område 4b och 4c behandlas tillsammans med övriga slaggdominerade områden i avsnitt 2.2.6.

HISTORIK OCH KULTURMILJÖ

Ingarvsmagasinet (område 4a) togs i drift 1982. Det ersatte då det dåvarande sandmagasinet – Galgbergsmagasinet - som togs ur drift av utrymmesskäl. Ingarvsmagasinet drevs till och med år 1993, då den sista kvarvarande gruvverksamheten (förutom Rödfärgstillverkningen) i Falun lades ner. I första hand har magasinet använts som deponi för den avfallssand som uppkom vid anrikningsverket. Förutom anrikningssand, så innehåller magasinet en relativt stor mängd gråberg av växlande sammansättning. Övrigt material som deponerats är anrikningssand från Galgberget, kisbränder och metallhydroxidslam.

Återställningen av Ingarvsmagasinet påbörjades år 1997 och avslutades under år 2004. Magasinet täcks med samma tätskiktmaterial och metod som Galgbergsmagasinet, d v s ett tätskikt (ca 1,0 m) av bioslam och aska från Kvarnsvedens pappersbruk samt ett växtskikt/skyddsskikt (ca 0,5 m) av morän. Syftet med täckningen är främst att förhindra syreinträngning och därmed accelererande vittring i magasinet. Återställningen av Ingarvsmagasinet ingår som en del i Faluprojektet.

AVFALLSTYPER

I första hand har Ingarvsmagasinet använts som deponi för den avfallssand som uppkom vid anrikningen. Inom vissa partier har det dock vid inventering och borringar påträffats äldre, vittrat material som lagts upp innan sandmagasinet togs i drift. Genom jämförande studier av äldre flygbilder har det framkommit att det äldre materialet i stort sett är lokaliserat till de delar som tidigare utgjordes av den s k Ingarvsdammen. Med hänsyn till de relativt höga resthalterna av zink, härstammar materialet troligen från en period där man främst anrikade fram koppar. Förutom anrikningssand, så innehåller magasinet en relativt stor mängd gråberg av växlande sammansättning. Detta har bland annat använts som material i dammvallarna och påfördes under senare tid även magasinets överyta. Övrigt material som deponerats är anrikningssand från Galgberget, kisbränder och metallhydroxidslam.

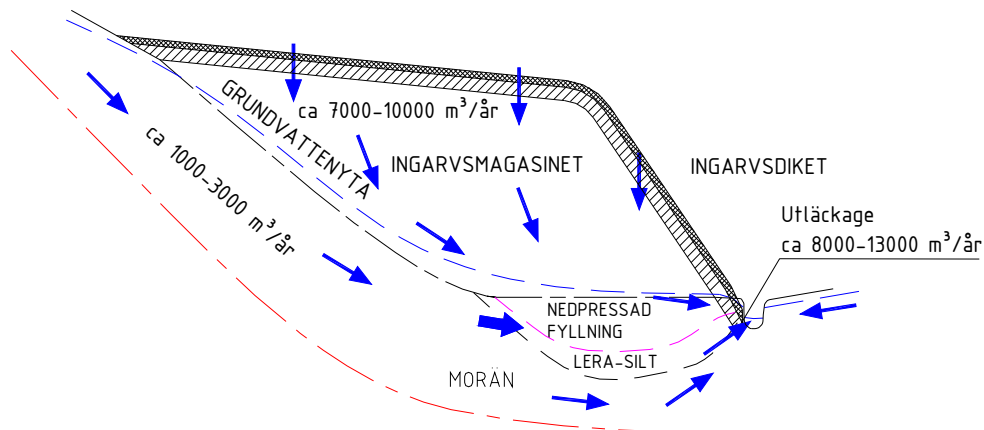
Anrikningssanden utgör hälften av avfallsvolymen i magasinet (ca 1,2 miljoner m³) medan det samlade gråberget/bergkrossmaterialet utgör knappt 40%. Resterande del är "övrigt" material, som kisbränder, sand från Galgberget, äldre vittrad sand samt metallhydroxidslam.

MARK OCH VATTENFÖRHÅLLANDEN

Området som Ingarvsmagasinet är uppfyllt över, utgörs inom de södra (högre belägna) delarna av morän. Moränen är i huvudsak siltig, med låg genomsläpplighet. I sandmagasinets nordöstra del låg tidigare den s k Ingarvsdammen. Där dammen tidigare var belägen utgörs jordarna av torv/lera/silt som underlagras av morän. Över delar av den gamla dammen låg tidigare en gråbergstipp. Bergmaterialet är idag till viss del nedpressat i Ingarvsdammens sediment och överlagras av anrikningssand. Längs Ingarvsdiket förekommer lera och silt med varierande mäktighet.

Det största vattendraget i området är Ingarvsdiket, som löper parallellt med Ingarvsmagasinet norra släntfot och vidare mot Gruvrondellen. Ingarvsdiket avleder främst vatten från sjön Vällan och passerar förbi Ingarvsmagasinet innan det ansluter till Gruvbäcken som mynnar i Faluån vid Klabbbron. Flödet från Vällans utlopp är reglerat. På sträckan längs sandmagasinet (4a) sker ett utläckage av grundvatten till Ingarvsdiket. Vid magasinets östra släntfot sker ett utläckage till det så kallade Lovisadiket, som även är påverkat av lakvatten från varp- och slaggupplag vid Lovisaschaktet. Lovisadiket mynnar i Ingarvsdiket direkt nedströms magasinet.

Vattentillförseln till magasinet sker genom infiltration av nederbörd på magasinets yta, samt via grundvattenflödet från moränmarkerna uppströms. Grundvattenflödet från området uppströms är mycket begränsat eftersom moränmarkerna har väldigt låg genomsläpplighet. En principsektion som visar grundvattenflödena genom magasinet visas i Figur 8 nedan. Figuren redovisar förhållanden efter magasinet sluttäckts, med en täckning vars genomsläpplighet beräknats till 50-70 mm/år.



Figur 8. Principsektion som visar storleksordningen på grund-/lakvattenflöden genom Ingårsmagasinet efter sluttäckning. Sektion från söder till norr.

Som framgår av ovanstående principfigur passerar en del av grundvattenflödet genom botten av sandmagasinet och fyllningen därunder, medan en del passerar i moränen/leran under magasinet. Inom vissa områden i magasinets undre del finns relativt stora mängder lakbara metaller, som under en övergångsperiod kan tvättas ur av det genomströmmande grundvattnet.

2.2.5. OMRÅDE 6 – Kisbränderdeponin



HISTORIK OCH KULTURMILJÖ

Kisbränderna uppkom som restprodukt från den svavelsyrafabrik som tidigare var belägen på området. Svavelsyrafabriken var i drift från mitten av 1800-talet till 1993 då den lades ner. Vid tillverkning av svavelsyra användes pyrit som anrikades från brytningen i Falu gruva som råmaterial. Pyriten

upphettades till ca 900° för att oxidera svavlet. I den äldre processen bildades magnetit, svart kisbrand, medan man på senare tid låtit oxidationen gå till hematit, röd kisbrand. I pyriten förekommer spår av zink, kadmium och koppar. Vid rostningen förångas både zink och kadmium. De förångade metallerna kondenseras tillsammans med resterna av svaveloxiden på de avskilda restprodukterna.

Under perioden 1850-1948 kördes kisbränderna ut i torr form och placerades i närheten av fabriken i den sydöstra delen av området. Den svavelkis som användes var inte anrikad, vilket innebär att zinkhalten i kisbränderna ibland blev hög under denna period. Från och med 1948 anrikades all svavelkis som användes vid svavelsyratillverkningen. Kisbränderna slammades upp i vatten och pumpades ut på deponin. En stor del av dessa kisbränder togs dock tillbaka och användes till kulsinterframställning under perioden 1960-1976. Perioden 1977-1983, efter nedläggningen av kulsinterverket, kördes kisbränderna åter ut på deponin.

MARKFÖRHÅLLANDEN

Större delen av området täcks av fyllning som i huvudsak består av kisbränder. I områdets västra del underlagras fyllningen av morän som är relativt tät och hårt packad. I den östra och norra delen av deponin underlagras fyllningen av ett tunnare ler- och siltlager med varierande mäktighet från ca 0,5 m till drygt 1 m. Vid Skålpussen förekommer tjockare lerlager med mäktigheter över två meter. Inom en stor del av Skålpussenområdet överlagras leran av torv med mäktigheter från ca 0,5 till ca 2 m.

Området söder om kisbränderdeponin utgörs av diverse fyllning och morän. Fyllningen inom detta område är normalt tunnare än en meter och utgörs till stora delar av grus o s v och har använts som körytor.

AVFALLSTYPER

Inom området förekommer i huvudsak kisbränder och slagg, men även andra avfall kan förekomma i mindre mängder. Kisbränderna kan vara röda, svarta och brun-svarta. Normalt är de svarta kisbränderna något grövre än de röda och de bruna kisbränderna är betydligt grövre. De brun-svarta kisbränderna kan dessutom innehålla annan fyllning som t ex tegel och slagg.

Tabell 1. Redovisning av mängderna av de olika typerna av avfall som förekommer på Kisbränderområdet.

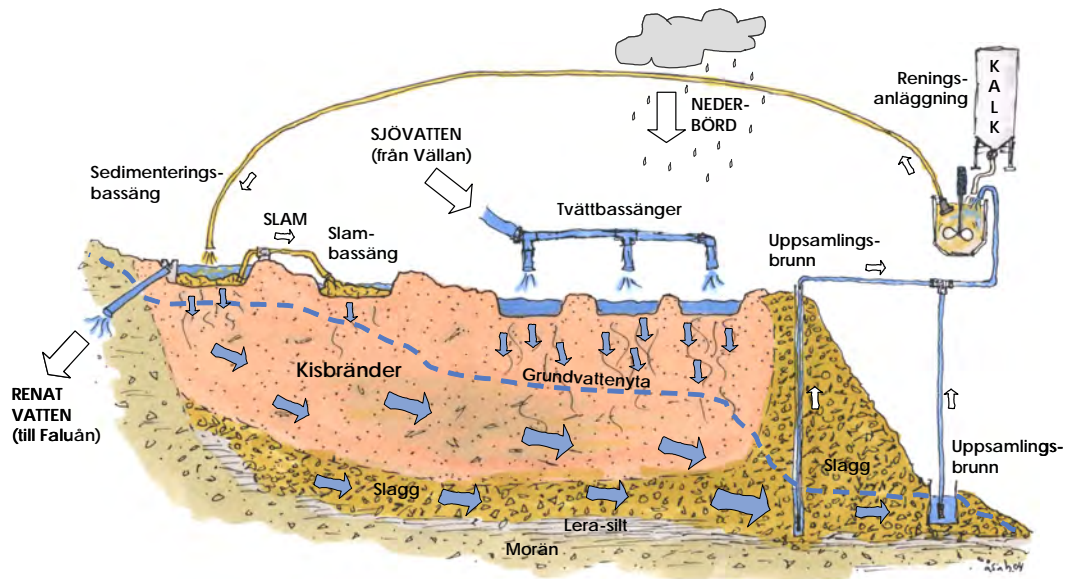
AVFALLSSLAG	VOLYM (m ³)
Röda kisbränder	400 000
Svarta kisbränder	135 000
Brun-svarta kisbränder	35 000
Summa kisbränder	570 000
Diverse fyllning	15 000
Slagg	115 000
Summa avfall	700 000

Som framgår av Tabell 1 är övervägande delen av kisbränderna röda. Kisbränderdeponins mäktighet uppgår till ca 14 m inom de djupaste delarna, men som medel är mäktigheten ca 5-6 m.

PÅGÅENDE ÅTGÄRDER

Inom område 6 har efterbehandling i form av in situ tvättning av kisbränder pågått sedan 1995 inom ramen för Faluprojektet. Tvättningen beräknas vara färdig under 2005, alternativt 2006 och därefter ska området täckas. Tvättningen utförs genom att vatten från sjön Vällan påförs kisbränderdeponin i uppbyggda bassänger. Inom en mindre del av området, där slänter och andra områden med stor rasrisk förekommer, påförs tvättvattnet genom sprinkling.

En principbild över hur tvättningen går till redovisas i Figur 9.



Figur 9. Principbild över hur tvättningen av kisbränderdeponin går till.

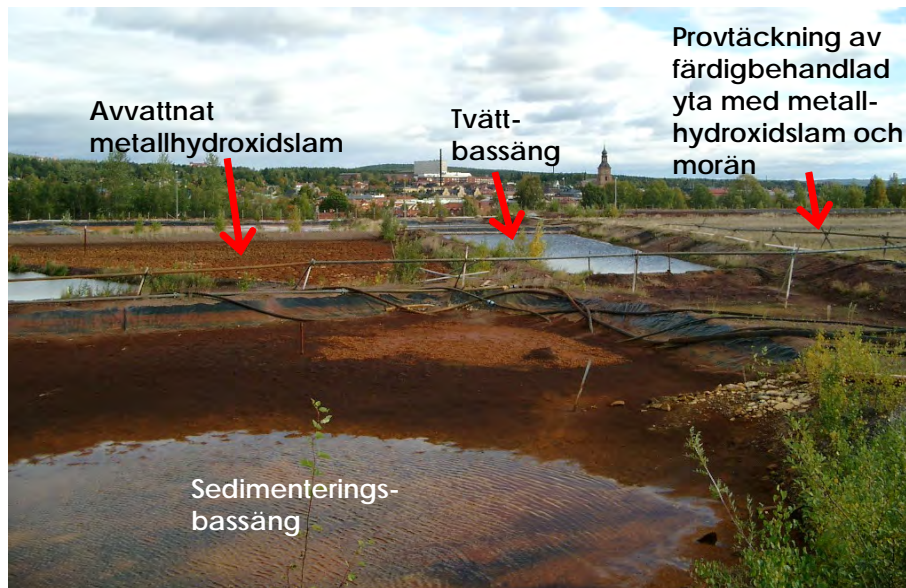
Det tillförda tvättvattnet samlas upp i ett antal brunnar nedströms kisbränderdeponin, varefter det pumpas upp till en behandlingsanläggning där det metallrika vattnet behandlas genom kalkfällning och luftning. Behandlingsanläggningen är belägen vid f d svavelsyrafabriken. Behandlat vatten pumpas tillbaka till speciella bassänger (tidigare tvättade) för sedimentering, efter det att en polymer har tillsatts för att förbättra fällningen. Från sedimenteringsbassängen avleds klarvattenfasen till ytterligare en bassäng för kompletterande sedimentering/klarning. Från denna bassäng tas den rena klarfasen ut och avleds till Faluån.

Metallhydroxidslammet som bildas vid fällningen pumpas till speciella bassänger (tidigare tvättade) för förtjockning och avvattning genom torkning och frysning. I metallhydroxidslammet ligger metallerna hårt bundna. Slammet är relativt tätt och kan därför nyttjas som tätskikt vid återställning av de tvättade områdena.

Vid sedimentering och slamförtjockning infiltrerar en del av det behandlade vattnet i marken genom bassängernas botten. Detta vatten samlas på nytt upp i brunnarna nedströms området och renas åter i behandlingsanläggningen. Av det vatten som samlas upp i brunnarna är ca två tredjedelar nypåført sjövattnet och en tredjedel returvattnet från sedimentering och slamförtjockning/avvattning.

Tvättningen utförs normalt från slutet av april till månadskiftet oktober-november. Under åren 1995-2003, den period som tvättning hittills har utförts, har nedanstående metallmängder behandlats i reningsanläggningen:

- Zink ca 1 350 ton
- Järn ca 1 220 ton
- Koppar ca 24 ton
- Kadmium ca 2 ton



Figur 10. Bild över tvättområdet från väster mot öst, med olika typer av ytor markerade.

I Figur 10 visas en del av kisbränderdeponin där tvättning pågår i bassänger. Området till höger om den vattenfyllda bassängen har provtäckts med metallhydroxidslam och morän.

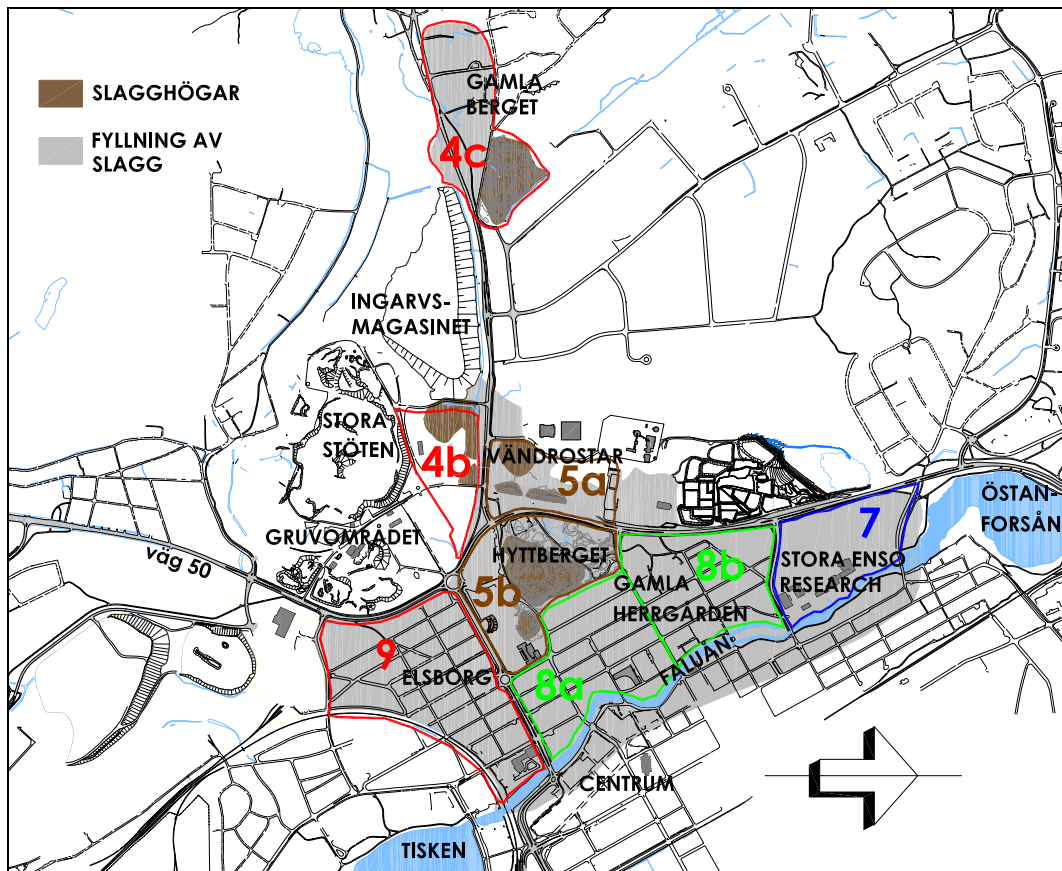
YT- OCH GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN

Grundvattenflödet från området bildas dels inom kisbränderdeponin, dels inom moränområdet väster om deponin. En grundvattendelare avleder flödet åt två håll. Grundvattnet från områdets södra del avleds ner mot Faluån och grundvattnet ifrån den norra delen avleds mot Skålpussen, som har sitt utlopp i Östanforsån (övre delen av Faluån). Grundvattnet som avleds mot Faluån rinner huvudsakligen i fyllning (slagg) ovanpå den underliggande moränen, eftersom slaggen har en mycket hög genomsläpplighet.

Grundvattenflödet från område 6 uppgår totalt till ca 200-280 m³/d, varav ca 60-80 m³/d avleds mot Faluån och ca 140-200 m³/d avleds mot Skålpussen. Grundvattenflödet mot Skålpussenområdet utgörs till största delen av ej förorenat vatten, som har infiltrerat i moränområdet i nordväst. Mängden vatten som är förorenat av kisbränder och avleds mot Skålpussen uppgår till knappt 40-60 m³/d.

Under normala förhållanden är endast en liten del av kisbränderna belägna under grundvattenytan. Som tidigare nämnts pågår för närvarande tvättning in situ inom deponi- och Skålpussenområdet från senare delen av april tom oktober varje år. Under tvättperioden har en varierande vattenmängd tillförts från sjön Vällan under åren (1995-2004) - från ca 600 till 2 200 m³/d. Det innebär att grundvattennivån inom området är betydligt högre under tvättperioden än normalt.

2.2.6. OMRÅDE 4b, 4c, 5, 7, 8 och 9 – Slaggområden



Figur 11. Delområden som domineras av slagg, i synliga upplag eller som fyllning.

HISTORIK OCH KULTURMILJÖ

Slagg har historiskt deponerats i anslutning till hyttplatserna, vid vilka beredning av malmen utfördes. Vid hyttorna höjde man kopparhalten i malmen genom att skilja bort övriga beståndsdelar. Detta skedde i en komplicerad process med ömsom oxiderande rostning, ömsom reducerande smältning. Första hyttorna längs hyttbäcken (Västra skolan) omnämns redan i början av 1400-talet. Den sista traditionella hyttan i Falun lades ner på 1870-talet. Hyttorna låg i anslutning till vattendrag, eftersom vattenkraften var nödvändig för bearbetning av malmen. Stora slaggupplag förekommer idag bland annat vid de gamla hyttplatserna Hyttberget, Gamla Berget, Ingarvet och Östanforshyttorna (nuvarande Stora Enso Research). En del av slaggen från hyttupplagen har under åren använts som fyllning vid bland annat hus- och vägbyggen. På 1600-talet revs en stor del av bebyggelsen i Falun för att ge plats för vägnät och byggnader enligt en ny stadsplan¹. Till utjämning av marken användes framförallt slaggmassor, vilket innebär att en stor del av bebyggelsen väster om Faluån är anlagd på slagg.

¹ Källa till historieskrivningen kring slagg: "Falun gruva och tillhörande industrier – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark." Länsstyrelsen i Dalarnas län, Miljövårdsenheten rapport 2002:12.

Faluån fylldes också ut med slagg för att skapa byggbar mark. Åns bredd minskade från 75 m till dagens 10-25 m genom flera meter tjocka slaggutfyllningar. Sammantaget rör det sig om mycket stora slaggmängder som deponerats och flyttats om och det finns inte alltid någon klar gräns mellan olika delområden.



Figur 12. Slaggupplag. Till vänster Hyttberget och till höger Vändrostarna.

AVFALLSTYPER

Slaggens egenskaper varierar beroende på vilken tidsepok den härstammar från. Den äldsta slaggen från bergsmanshyttorna är oregelbunden och porös. Nyare slagg är tät, brunsvart och ofta skivad. Metallinnehållet i slaggen varierar beroende på sammansättningen hos malmen som användes, vilken smältprocess slaggen härstammar från och hur väl smältprocessen avlöpte. Under 1500- och 1600-talet då malmen var kopparrik gjorde det inte så mycket om koppar försvann till slaggen. När malmen senare blev allt fattigare på koppar uppstod ett intresse för att nyttja äldre, kopparrik slagg. Under 1700-talet förekom så kallat sovringsbruk, där man systematiskt letade igenom (sovrade) slagghögarna efter speciellt kopparrika bitar som smältes om.

MARK- OCH VATTENFÖRHÅLLANDEN

Generellt i västra delen av Falun, utgörs den naturliga marken av relativt täta jordar i form av täta moräner, lera-silt eller torv (längs ån). Slaggupplagen och fyllningen av slagg är därför betydligt mer genomsläpplig för vatten än vad underliggande mark är. Till följd av detta sker en mycket stor del av grundvattenflödet ovanpå de naturligt lagrade jordlagren, i botten av slaggen, medan endast en begränsad del infiltrerar i de underliggande jordlagren. Grundvattentransporten är också mycket snabbare i slagglagren än i de naturliga jordlagren. Grundvattenströmningen i västra Falun är i stora drag riktad mot ost och nordost, där grundvattnet tränger fram i Faluån. Lakvatten från slaggen på område 5, 7, 8 och 9 sprids till övervägande del via grundvattnet till Faluån, endast i liten omfattning med bäckar och liknande. Däremot läcker en del av det förorenade grundvattnet in i spill- och dagvattenledningar. Dagvattensystemet avvattnas till Faluån, medan spillvattnet leds till Främby avloppsreningsverk med utlopp i Runn.

3. GENOMFÖRDA ÅTGÄRDER

Ett flertal efterbehandlingsåtgärder har redan genomförts för att minska metallläckaget från gruvavfallet i Falun. Var de olika objekten är belägna framgår av Figur 5.

3.1.1. Rening av läenspumpningsvattnet från gruvan

Rening av läenspumpningsvattnet från gruvan påbörjades **1987** i Främby avloppsreningsverk. Från början sambehandlades gruvvattnet med det kommunala avloppsvattnet genom att gruvvattnet användes som "fällningskemikalie" för avloppsvattnet. Metoden fungerade inte fullt ut och därför byggdes Främby avloppsreningsverk om med separata linjer för gruvvattnet respektive avloppsvattnet från och med år **2000**. Sedan dess renas gruvvattnet genom kalkfällning. Processen är underhållskrävande och alstrar dessutom stora mängder metallhydroxidslam, upp emot 10 000 m³/år. Slammet deponeras på Falu avfallsanläggning.

3.1.2. Återställning av Galgbergsmagasinet

1989 påbörjade dåvarande STORA återställningen av Galgbergsmagasinet (gamla sandmagasinet). Täckningen färdigställdes år 2001. Som tätskikt lades två 0,5 m tjocka lager av en ask-slamblandning från skogsindustrin speciellt framtagen för ändamålet. Som skydds- och vegetationsskikt påfördes 0,5 m morän, bark och liknande överskottsmassor. Täckningen hindrar nedträngning av syre och vatten till avfallssanden i magasinet och minskar därmed vittringen och urlakningen av metaller från magasinet.

3.1.3. Åtgärder inom Faluprojektet

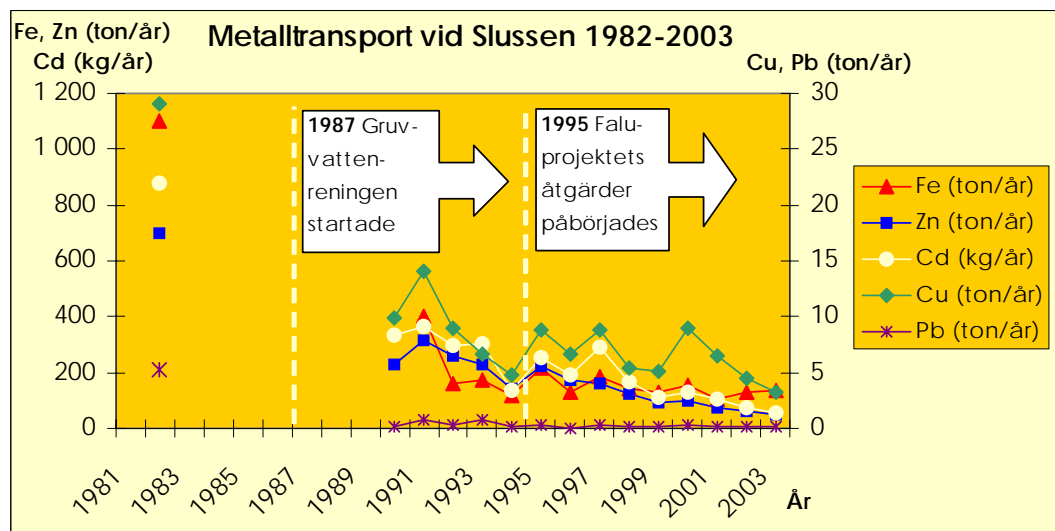
Inom ramen för Faluprojektet har flera åtgärder genomförts från år **1995** och framåt:

- Täckning av Ingarvsmagasinet (Prioriteringsgrupp 1), pågick **1997-2004**.
- Tvätt av Kisbränderna (Prioriteringsgrupp 1), start **1995**. Tvättningen beräknas pågå till och med år 2005 eller 2006 och området beräknas vara sluttäckt och återställt år 2007.
- Avskärande dränering av rent grundvatten uppströms området med rödfärgsråvara, utfördes **1996**.

Sedan 90-talets början har dessutom Rödfärgsverket successivt flyttat rödfärgsråvara närmare Stora Stöten, så att avrinningen av förorenat vatten sker ner i gruvan istället för mot Faluån.

Genom åtgärderna har metallläckaget från gruvavfallet i Falun minskat dramatiskt. I diagrammet nedan, Figur 13, visas metalltransporten genom Slussen (Tiskens utlopp, nedströms Faluån) från 1980-talet och framåt.

Innan gruvvattenreningen påbörjades 1987 låg exempelvis zinktransporten på ca 700 ton/år (varav gruvvattnet stod för ca 300 ton/år). Under år 2003 var zinktransporten nere i mindre än 50 ton/år.



Figur 13. Metalltransporten historiskt vid Slussen nedströms Falun, d v s Faluåns och sjön Tiskens utlopp i Runn. Observera att Fe och Zn (ton/år) samt Cd (kg/år) redovisas på den vänstra axeln medan Cu och Pb (ton/år) redovisas på den högra.

3.1.4. Uppsamlingsanordning längs väg 50

I samband med länsstyrelsens beredning av arbetsplanen för ombyggnad av väg 50 åtog sig Vägverket Region Mitt att anlägga och bekosta en uppsamlingsanordning för metallhaltigt grundvatten inom vägområdet (längs vägens västra sida). Vidare åtog sig Vägverket för all framtid drift- och underhållsåtgärder, jämte dess kostnader, för säkerställande av anläggningens funktion. Uppsamlingsanordningen anlades under år **2004** och har provpumpats i samband med de utredningar som utförts vid utarbetandet av föreliggande huvudstudie.

Vägverket har tecknat ett avtal med Falu kommun och fonderat medel till framtida åtgärder för att bidra till att reducera metallurlakningen från gruvavfall till Faluån. Uppsamlingsanordningen förutsätts under 2006 att anslutas till den nya gruvvattenrening som Stora Enso avser att bygga. Därmed kommer de metaller som urlakas från gruvavfall inom vägområdet att omhändertas.

4. GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

I detta avsnitt beskrivs översiktligt vilka undersökningar som är gjorda kring gruvavfallet i Falu stad och resultatet av dem. Både tidigare genomförda undersökningar och vilka kompletterande undersökningar som gjorts inom ramen för denna huvudstudie redovisas. Mer detaljer kring genomförda undersökningar redovisas i bilagd delrapport 1, "*Efterbehandling av lakvatten från gruvavfall i Falun – Kartläggning av metalläckage och miljöriskbedömning*" (GVT AB och Svensk MKB, 2004).

Undersökningsmaterialet är i sin helhet mycket omfattande - både med avseende på datamängden, på antalet uppdragsgivare och i tiden. För detaljer hänvisas till respektive undersökning.

4.1. Tidigare undersökningar

Ett stort antal undersökningar har genomförts för att kartlägga gruvavfallet i Falu stad och för att undersöka dess miljöpåverkan. Omfattningen varierar dock mellan olika delområden, vilket framgår av delrapport 1.

Undersökningarna är gjorda av eller på uppdrag av flera instanser. Nedan följer en övergripande genomgång av vad som undersökts av de olika intressenterna.

Projekt Falu Gruva

Som en följd av koncessionsnämndsförhandlingar om omhändertagande av gruvvattnet 1979 startade *projektet Falu Gruva* som genomfördes gemensamt av *Naturvårdsverket, Länsstyrelsen och dåvarande Stora Kopparbergs Bergslags AB*. Vid koncessionsnämndsförhandlingarna framförde dåvarande Stora Kopparbergs Bergslags AB att metalläckaget från gruvavfallet i Falun kunde vara väl så stort som det direkta utsläppet med gruvvattnet. Projekt Falu Gruva syftade till att klarlägga dessa förhållanden och ta fram underlag för eventuella åtgärder. Ett omfattande vattenanalysprogram genomfördes 1982-83 och det beäste misstanken om att metalläckaget från punktkällor och diffusa källor sammantaget var väl så stort som utsläppet med gruvvattnet.

Dalälvsdelegationen - Gruvavfallsprojektet

Inom ramen för *Dalälvsdelegationen* (tillsatt av *regeringen*), genomfördes undersökningar i det så kallade *Gruvavfallsprojektet*, som syftade till att kartlägga gruvavfallet inom Dalälvens avrinningsområde och komma med förslag till åtgärder för att minska dess miljöpåverkan. Projektet pågick 1988-90 och redovisas i huvudrapportern "*Gruvavfall i Dalälvens avrinningsområde – Metallutsläpp och åtgärdsomöjligheter*" (SGI rapport No 39, Linköping 1990). Det gjordes ett flertal olika delutredningar inom Gruvavfallsprojektet (21 st), och de täcker in allt från antikvariska värderingar till materialinventeringar, geohydrologiska undersökningar och studier kring vattenreningsteknik. Delutredningarna utfördes av olika tekniska konsulter samt av SGI, SGU, Stora Teknik, Dalarnas Museum och Uppsala Universitet.

Dalälvsdelegationen – MKB

Inom ramen för *Dalälvsdelegationen* gjordes även en MKB - "Miljöbedömning av metallsituationen i Dalälven och Bottenhavet: konsekvenser av att åtgärda gruvavfall" (Lennart Lindeström, Miljöforskargruppen 1991). I rapporten rekommenderades "ett stegvis åtgärdsförfarande med fortlöpande uppföljning inom ramen för en helhetssyn". Detta synsätt återkommer i avtalet som ligger till grund för Faluprojektet (se vidare nedan).

Stora Enso - Varp 89, gruvan, m m

Samtidigt med Dalälvsdelegationens gruvavfallsprojekt, drog dåvarande *Stora Kopparbergs Bergslags AB* igång projektet *Varp 89*. Varp 89 syftade till att i detalj kartlägga metallbelastningen från gruvavfall i Falun och resultaten från Varp 89 gav ett värdefullt bidrag till Gruvavfallsprojektet. Undersökningar som utfördes var bland annat borringar, lakförsök, yt- och grundvattenprovtagning samt geofysiska mätningar. Undersökningarna inom ramen för Varp 89 finns dokumenterade i rapporten "Kartläggning av källor för metalltillförsel till Faluån" (STORA TEKNIK och VIAK Falun, 1989). Dåvarande STORA hade påbörjat arbetet med att klarlägga förekomsten och omfattningen av metallläckage från gruvavfallet i Falun redan år 1968. Sedan dess har man mer eller mindre löpande gjort undersökningar kring metallläckaget från Falu gruva, bland annat borringar i mark, lakttester på gruvavfall samt vattenprovtagning. Nämnas kan t ex "Stora kopparberget – Gruvan - Hydrogeologisk undersökning" (B Ledin, GVT AB, 1997/rev1999) och "Rödfärgsråvaran – Pumpning för kontroll av utförda åtgärder" (B Ledin, GVT AB, 1998). Stora Enso har sedan 1980-talets början även gjort utredningar för att finna en bra reningsmetod för läns-pumpningsvattnet från gruvan.

Faluprojektet

1992 (samma år som verksamheten vid Falu Gruva avslutades) bildades *Faluprojektet* genom att Stora Kopparbergs Bergslags AB och miljömyndigheterna undertecknade ett avtal om att genomföra åtgärder för att minska metallutsläppen från gruvavfallet i Falun. Det var bland annat en följd av att Dalälvsdelegationen konstaterat att Faluområdet utgjorde den i särklass största metallkällan till Dalälven. I styrgruppen för Faluprojektet finns representanter från *Naturvårdsverket*, *Länsstyrelsen i Dalarnas län*, *Miljönämnden i Falu kommun* och *Stora Enso AB*. Faluprojektet innehåller åtta objekt som är grupperade i prioriteringsordning. De två objekt som prioriterades i första gruppen har nu åtgärdats eller håller på att åtgärdas: Ingarvsmagasinet täcktes under åren 1997-2004 och tvättning av kisbränderdeponin pågår sedan 1995.

Inom ramen för Faluprojektet har ett mycket stort antal undersökningar och utredningar genomförts, främst kring de objekt som åtgärdats. Undersökningar kring kisbränderdeponin dominerar. Att tillgå finns bland annat resultat av referensprovtagning och metodförsök innan åtgärderna påbörjades, samt en årlig uppföljning av genomförda åtgärder via Faluprojektets miljörapport. Faluprojektet genomför sedan början av 1990-talet ett kontrollprogram för ytvatten som innefattar provtagning och flödesmätning i ett flertal punkter i anslutning till de olika objekten, både i Faluån och i dess tillflöden (se även avsnitt 4.2 "Referensprogram"). Resultaten ingår i den årliga miljörapporten för Faluprojektet. Faluprojektets hittillsvarande arbete (den första etappen) kommer att avrapporteras under år 2006.

Stora Enso – Sluttäckning av Galgbergsmagasinet

Utöver deltagandet i Faluprojektet har dåvarande STORA genomfört sluttäckning av Galgbergsmagasinen, ett arbete som pågick 1989-2001. I samband med detta genomfördes flertalet undersökningar. Främst gjordes ett stort arbete med att ta fram en lämplig täckningsmetod för den sulfidhaltiga anrikningssanden. Man gjorde försök med att använda restprodukter från pappers- och massaindustrin som vattenhållande och syretransporthindrande täckmaterial. Undersökningarna redovisas i rapporten. "*Användning av restprodukt för täckning av avfallsupplag*" (E Mattsson och U Qvarfort, Värmeforsk rapport 301, 1988). Sluttäckningen följs bland annat upp genom ett vattenkontrollprogram (se även avsnitt 4.2 "Referensprogram") och genom årliga mätningar av syrehalten under tätskiktet i så kallade syresonder, vilket redovisas i en årlig miljörapport. Medan täckningsarbetet pågick genomfördes en geohydrologisk undersökning av magasinet, "*Geohydrologisk undersökning av sandmagasin*" (B Ledin, GVT AB, 1992).

Dalälvens Vattenvårdsförening (DVVF)

Dalälvens Vattenvårdsförening, administrerar sedan år 1990 ett samordnat recipientkontrollprogram för Dalälvens avrinningsområde. Föreningen publicerar årligen resultaten av utförd provtagning. I kontrollprogrammet ingår provpunkter i Faluån upp- och nedströms avrinningen från Falu Gruva, samt punkter vidare nedströms i vattensystemet Faluån-Tisken-Runn-Dalälven. Vattenvårdsföreningens bildande var även det en frukt av Dalälvsdelegationens arbete, som bland annat mynnade i förslaget om att starta ett gemensamt kontrollprogram för Dalälvens avrinningsområde. Medlemmar i föreningen är kommuner, industrier och andra intressenter. Se även avsnitt 4.2 "Referensprogram".

Naturvårdsverket

Naturvårdsverket genomförde redan 1970 sedimentundersökningar nedströms Falu gruva, i sjön Tisken. Ett antal PM publicerades inom ramen för projektet Falu Gruva (se ovan) i början av 1980-talet. Undersökningar av metalläckage redovisas även i rapporten "*Falu gruva: metallbalans: Gruvbäcken, Syrabäcken, Faluån*" (Anders Melin, SNV Rapport 3094, 1986). Naturvårdsverket har som en följd av sin medverkan i Faluprojektet givit ut "*Sanering av kisbränderdeponi i Falun*" (NV rapport 2001-11).

Länsstyrelsen i Dalarnas län

Länsstyrelsen i Dalarnas län gav år 2002 ut rapporten "*Falu gruva och tillhörande industrier – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark*" (Länsstyrelsen i Dalarnas län, Miljövårdsenheten rapport 2002:12). Under 2002-2003 lät Länsstyrelsen tre konsultföretag med parallella uppdrag utreda fortsatta åtgärder för att reducera metalläckaget från gruvområdet till Faluån och Tisken. Envipro Miljöteknik, GVT respektive SGI redovisade varsin utredning kring detta i början av år 2003. Utifrån resultaten från dessa utredningar, har Länsstyrelsen låtit GVT utreda möjligheterna att samla upp förorenat grundvatten i anslutning till väg 50 (redovisades 2003), samt göra en översiktlig geohydrologisk undersökning av gruvområdet i anslutning till vägen (december 2003). En ledningsinventering för gruvområdet redovisas som en del i den senare undersökningen. Under 2003-04 gjorde Svensk MKB och Mopelikan på uppdrag av Länsstyrelsen i Dalarnas län en utvärdering av mätningar i Faluån och dess tillflöden. Syftet var

att ge ett underlag inför beslut om behovet av ytterligare åtgärder för att minska metalläckaget till Faluån.

Falu kommuns miljökontor

Falu kommuns miljökontor har genomfört några utredningar med anknytning till gruvavfallens miljöpåverkan. Framförallt kan nämnas "*Gruvavfall i Falu kommun - Inventering och översiktlig miljö- och hälsoriskbedömning*" (rapport M 1999:1), samt "*Faluån - Tisken - Vattenflöden, vattenkvalité, Tiskens igenväxning*" (MH 1997:3, samt lägerrapport 1999). Dessutom utförde Falu kommun 1997 ett översiktligt provfiske med översiktsnät i Tiskens strömfåra, vilken kan sägas utgöra en förlängning av Faluån.

Falu kommuns gatukontor

Falu kommuns gatukontor lät inom ramen för det så kallade Tiskenprojektet utreda möjligheterna till att samla upp förorenat grundvatten från Galgbergsmagasinet, Ingarvsmagasinet och området med rödfärgsråvara. Utredningarna utfördes av GVT AB år 2001. På uppdrag av gatukontoret har GVT även undersökt området nedanför Galgbergsmagasinet (Nicolaiområdet, f d Timmervägen) med avseende på förekomst av gruvavfall och metalläckage från området (2003), samt projekterat en uppsamlingsanordning för grundvatten från samma område (2004).

Vägverket

Vägverket har med anledning av ombyggnaden av väg 50 låtit göra ett antal undersökningar och utredningar främst angående hantering av rödfärgsråvaran längs den planerade sträckningen genom gruvområdet. Utredningarna är utförda av Riksantikvarieämbetet, SGI, SWECO och SwedPower under åren 1997-2002.

Dalarnas museum

Dalarnas museum genomför löpande arkeologiska förundersökningar och schaktövervakningar i Falu stad. Förekomsten och karaktären på olika typer av gruvavfall dokumenteras i museets arkeologiska rapporter.

4.2. Referensprogram

Det första systematiska mät- och analysprogrammet i Faluån och dess tillflöden genomfördes i Falu Gruva-projektet 1982. Provtagning skedde veckovis under perioden 1982-03-10 –1983-05-25. Halten järn, zink och koppar analyserades varje vecka, medan bly och kadmium analyserades en gång i månaden.

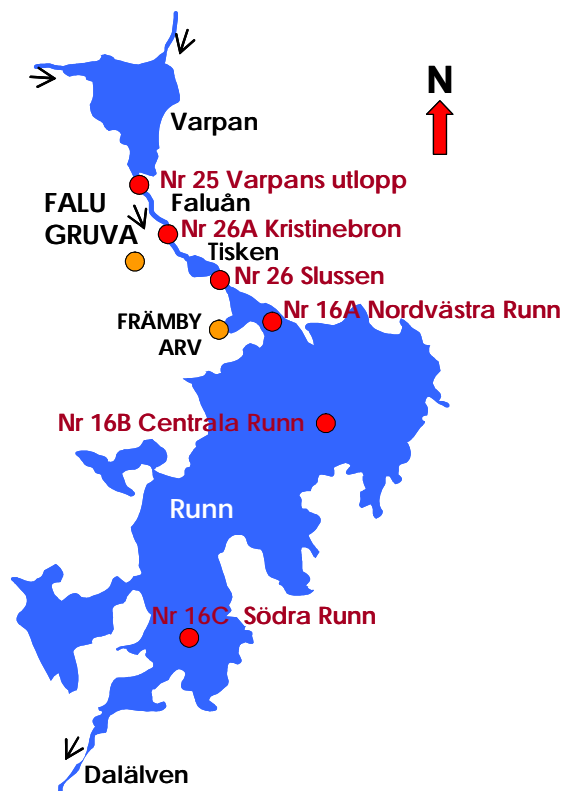
För närvarande pågår tre vattenkontrollprogram med provtagning i Faluns vattendrag, med inriktning på gruvavfallsproblematiken:

- Dalälvens vattenvårdsförening (DVVF), från och med 1990.
- Faluprojektets kontrollprogram. Analysdata finns från och med 1989.
- Stora Ensos kontrollprogram för Galgbergsmagasinet. Analysdata finns från och med 1989.

De tre vattenkontrollprogrammen är delvis samordnade för att möjliggöra en helhetssyn på gruvavfallens påverkan på vattendragen.

4.2.1. DVVF – samordnad recipientkontroll i Dalälven

DVVF bedriver sedan 1990 samordnad recipientkontroll i Dalälven och dess avrinningsområden. Totalt har DVVF 40 medlemmar i form av kommuner, företag och intresseorganisationer. Kontrollprogrammet reviderades senast 1999 och omfattar 35 st provtagningsstationer i vattendrag, 35 st i sjöar och 4 st vid Dalälvens mynning i Bottenhavet. Prover tas 6 alternativt 12 ggr/år. Olika typer av undersökningar görs: fysikalisk-kemiska, biologiska och (mer sällan) fiskundersökningar. Resultatet av den samordnade recipientkontroll redovisas årligen i DVVF:s årsrapporter.



Figur 14. DVVF:s provtagningsstationer i anslutning till Falun.

I anslutning till Falun finns tre provtagningsstationer – Varpans utlopp (nr 25, uppströms Faluån), Kristinebron (nr 26A, i Faluån) och Slussen (nr 26, Tiskens utlopp i Runn, nedströms Faluån).

Vid dessa stationer sker fysikalisk-kemiska undersökningar. De parametrar som analyseras för station Kristinebron (nr 26A) är: temperatur, färg, konduktivitet, alkalinitet, pH, TOC, totalkväve, nitratkväve, ammoniumkväve, totalfosfor, fosfatfosfor samt metallerna koppar, bly, zink, kadmium, järn och mangan. För stationerna i Varpan och Slussen tillkommer dessutom analys av klorid, sulfat, krom, nickel, kalcium, magnesium, natrium och kalium.

I Runn finns tre provtagningsstationer – nordvästra Runn (S16A), centrala Runn (nr S16B) och södra Runn (S16C). För fysikalisk-kemiska undersökningar uttas i nordvästra och södra Runn två prover per år

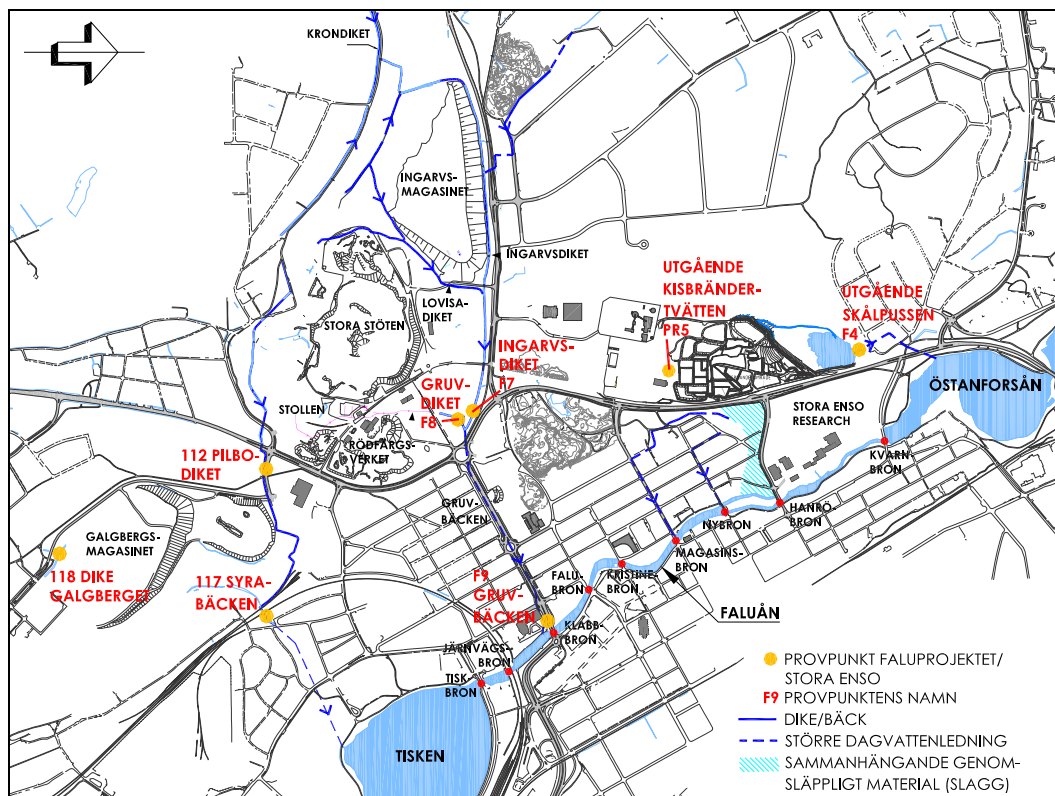
på två olika djup. I centrala Runn är omfattningen större, där tas prover på tre djup vid sex tillfällen per år. I samtliga punkter görs sedimentkemiska undersökningar vart tionde år. I centrala Runn görs ytterligare undersökningar: kvantitativ analys av växtplankton sex gånger per år, metallanalys i abborre en gång per år, provfiske med översiktsnät vart femte år samt bottenfaunaundersökningar vart tionde år.

Mer information om DVVF, mätdata o s v finns tillgängligt via föreningens webplats: www.dalalvensvuf.se.

4.2.2. Faluprojektet och Stora Enso – kontroll av Faluån och dess gruvavfallspåverkade tillflöden

Faluprojektets kontrollprogram syftar dels till att kartlägga metalltransporten i Faluån med tillflöden, dels till att följa upp de efterbehandlingsåtgärder som genomförs i projektets regi.

Programmet upprättades 1992 och var då relativt omfattande. Under 1995 tillkom dessutom ett kompletterande kontrollprogram för uppföljning av efterbehandlingen av kisbränderdeponin vid f d syrafabriken. Dessa program slogs samman och reviderades 1998. Flera provpunkter som uppvisat låga och jämna metallflöden togs bort. Provpunkten Kristinebron i Faluån fördes över till DVVF:s samordnade recipientkontrollprogram. De kvarvarande fem provtagningspunkterna framgår av figuren nedan. I figuren redovisas även tre provtagningspunkter som tillhör Stora Ensos kontrollprogram för uppföljning av Galgbergsmagasinet efterbehandling. Provtagningen enligt det programmet är samordnat med Faluprojektets provtagning.



Figur 15. Nuvarande provtagningspunkter i Faluprojektets kontrollprogram, samt i Stora Ensos kontrollprogram för Galgbergsmagasinet.

Provtagning sker en gång per månad, förutom i punkterna som berör kisbränderdeponin. Där sker provtagning tätare under tvättsäsongen (vår-höst), en till tre gånger i veckan.

Proverna analyseras med avseende på pH och syralösligt zink, koppar och kadmium (t o m 1999). Det utgående vattnet från tvättningen av kisbränderdeponin analyseras även med avseende på järn. Nedströms de sluttäckta sandmagasinen analyseras även kväve.

4.3. Kompletterande undersökningar

Här följer en kort sammanfattning av de undersökningar som utförts inom ramen för huvudstudieprojektet. Mer detaljer kring de utförda undersökningarna redovisas i delrapport 1, *"Efterbehandling av lakvatten från gruvavfall i Falun - Kartläggning av metalläckage och miljöriskbedömning"* (GVT AB och Svensk MKB, 2004).

Galgbergsmagasinet

Vid Galgbergsmagasinet har kompletterande borringar utförts. Fyra nya grundvattenrör sattes, främst nedströms magasinet. I samband med borringarna togs grundvattenprover ut ur rören och grundvattennivån mättes.

För att kartlägga var de största läckagen till ytvatten sker längs magasinet, har konduktivitetmätningar gjorts i diken runt magasinet. Det visade sig att en stor del av konduktivethöjningen sker på en relativt kort sträcka mellan Övre och Nedre dammen, där grundvatten (lakvatten) tränger fram i ett dike. Även längs Nedre dammens östra släntfot sker ett märkbart läckage till diket.

Kompletterande vattenprovtagning utfördes i juni 2004 för att få ett grepp om storleksordningen på metalläckaget kring Galgbergsmagasinet. Provtagningen samordnades med Stora Enso:s kontrollprogram, där provtagning och flödesmätning i en punkt i Syrabäcken (nedströms Galgbergsmagasinet) ingår.

Därtill har inmätning av magasinsfotens läge utförts, som underlag för eventuell detaljprojektering.

Ingarvsmagasinet med omnejd

För att få bättre underlag vid bedömning av metalläckaget till Ingarvsdiket, framför allt från slagg/varpområdet nedströms Ingarvsmagasinet (område 4b) och slaggen vid Gamla Berget (område 4c), har kompletterande mätning och provtagning utförts längs Ingarvsdiket med tillflöden vid några tillfällen under våren 2004.

Kompletterande grundvattenprover har tagits vid tre tillfällen. Dels i befintliga grundvattenrör i Ingarvsmagasinet, dels i de dräneringspunkter för lakvatten (5 st) som finns i magasinets släntfot.

Därtill har Ingarvsdikets läge längs magasinsfoten mätts in i detalj inför eventuell projektering.

Gruvan/Rödfärgsråvaran

I samband med anläggningsarbetena för väg 50 utfördes provtagning av länspumpningsvatten från ledningsschakter.

Den uppsamlingsanordning för förorenat grundvatten som Vägverket byggt längs väg 50 har provpumpats. Provpumpningen har omfattat analys av pumpat vatten, flödesmätning och mätning av grundvattennivåer i och kring uppsamlingsanordningen.

Därtill har ett par kompletterande metallanalyser och mätningar gjorts i Gruvdiket (utöver Faluprojektets kontrollprogram).

Faluån vid Stora Enso Research

Under perioden februari-mars 2004 utfördes provtagningar i Faluån vid fyra tillfällen. Vattenprover togs vid Kvarnbron, samt direkt uppströms Hanröbron och i en dagvattenledning som mynnar vid åns östra sida. Avsikten med provtagningen var att fastställa metalläckaget från Stora Research-området (område 7), under en period då vattenföringen i ån var minimal.

Fiskbestånd i Faluån och Tisken

Det översiktliga provfisket som Falu kommuns miljökontor utförde 1997 i Tiskens strömfåra upprepades i september 2004. Fisken från de båda provfiskningstillfällena har analyserats med avseende på metaller, med samma metoder som används i Runn vid DVVF:s samordnade recipientkontroll.

Gruvavfallets utbredning

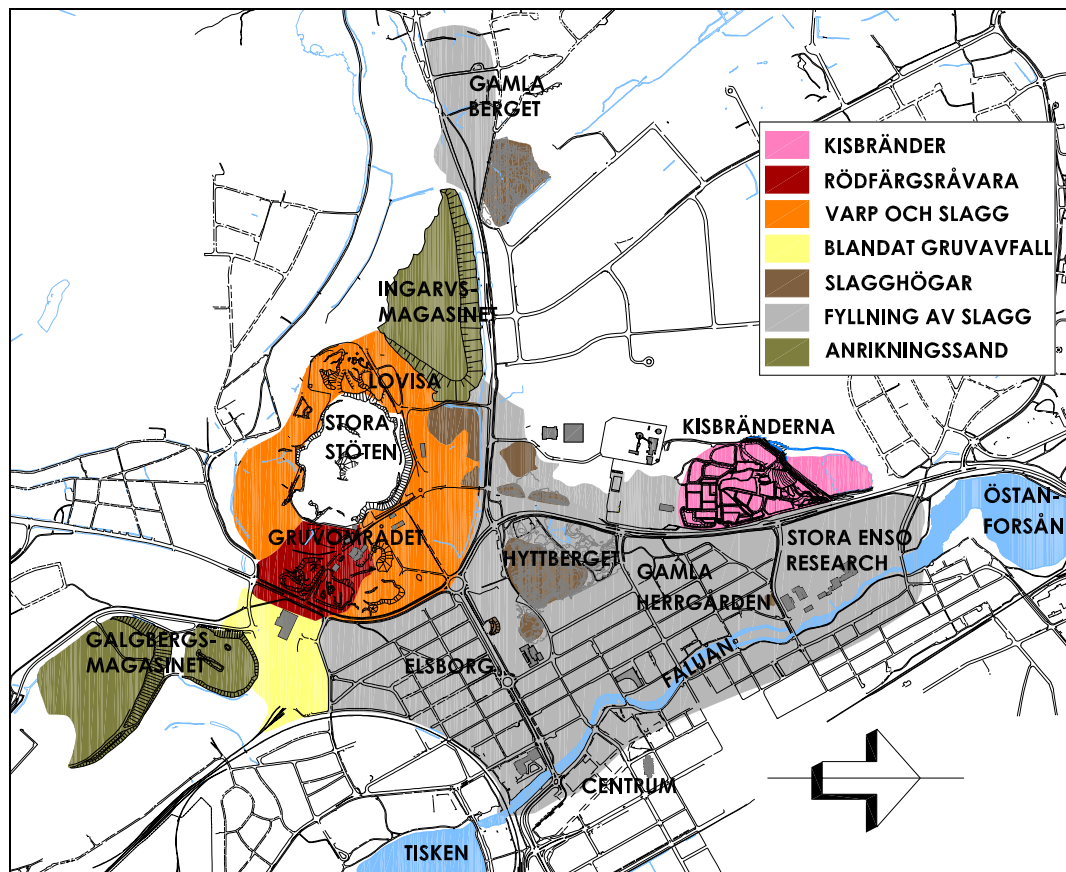
Tidigare karteringar av gruvavfallets utbredning, samt de borrhningar som gjorts i olika sammanhang under senare år, har kompletterats med kartering i fält på platser där gränsdragningen mellan olika avfallslag och naturlig mark varit osäker.

5. RESULTAT AV UNDERSÖKNINGAR

För den som vill ta del av undersökningsresultaten i detalj hänvisas till delrapport 1 "Efterbehandling av lakvatten från gruvavfall i Falun - Kartläggning av metalläckage och miljöriskbedömning" (GVT AB och Svensk MKB, 2004). Nedan följer en sammanfattning av resultaten.

5.1. Karaktärisering och avgränsning av föroreningarna

Förekomsten av gruvavfall i Falu stad har karterats bland annat i projektet Varp 89 och i Gruvavfallsprojektet i början av 1990-talet. Med utgångspunkt i tidigare karteringar, borringar som gjorts på senare år samt kompletterande karteringsarbete i fält, har en karta över gruvavfallens utbredning tagits fram, se Figur 16 nedan.



Figur 16. Gruvavfallens utbredning i Falu stad.

Gruvavfallsprojektet ("Gruvavfall i Dalälvens avrinningsområde", SGI rapport 39, 1990) redovisade följande mängder av de olika typerna av gruvavfall i Falu tätort.

Tabell 2. Gruvavfallsprojektets beräkningar av gruvavfallsmängderna i Falun (tabellen hämtad ur "Gruvavfall i Dalälvens avrinningsområde", SGI rapport 39, 1990).

Gruvarp	<i>Icke beredda massor av malm eller ofyndigt berg. Direkt avskiljt från malmen.</i>	0,2 Mm³
Råvara till Falu rödfärg	<i>Vittrad gruvvarp av särskild typ.</i>	0,15 Mm³
Gråbergsavfall	<i>Mer eller mindre sulfidhaltiga massor av ofyndigt berg i Ingarvsmagasinet dammvallar eller i dess underlag.</i>	0,25 Mm³
Slaggvarp (slagg)	<i>Rester från rostning och smältning av varp i hyttorna.</i>	3,8 Mm³
Kisbränder	<i>Rester från rostning av svavelkis (pyrit) för utvinning av svavelsyra.</i>	0,4 Mm³
Avfallssand	<i>Rester från modern anrikning av malm.</i>	2,6 Mm³
	SUMMA:	7,4 Mm³

För vissa av avfallsslagen har mer noggranna beräkningar gjorts sedan dess. Inom ramen för Faluprojektet har volymen **kisbränder** beräknats till **0,57 Mm³**.

Som underlag till beräkningarna av metallläckaget har **slaggvolymen** inom några områden uppdaterats enligt nedan.

- Hyttberget: 350 000 – 400 000 m³ (tidigare beräknat till 595 000 m³)
- Gamla Berget (nedre): ca 100 000 m³ (tidigare beräknat till 385 000 m³)

5.1.1. Gruvavfallets ursprung och karaktär

Karaktären hos de olika gruvavfallen från Falu gruva har studerats i ett flertal projekt, bland annat Falu Gruva-projektet (1982-83), Varp-89 och Gruvavfallsprojektet (1989-90), samt vidare inom Faluprojektet (1992-).

Slagg

Slagg är förglasade rester från rostning och smältning av malm. Slaggen innehåller en stor andel järn och även svavel, vilket gör att den vittrar om än i långsam takt. Faluns slaggupplag kan även innehålla varierande inslag av varp och ofullständigt smält slagg, som kan vara mer lättvittrade och innehålla högre metallhalter. Vittringstakten och metallhaltererna skiljer också mellan väl förglasad, kompakt slagg och mer porös, finkornig slagg (ofta äldre, med rester av varp och hyttsand).

Gruvvarp (varp)

Gruvvarp är rester från den gamla tidens sovring. Den utfördes genom skrädning, där malm skiljdes från ofyndigt berg genom handsortering. Utlakningen av metaller är betydligt större från varp än från slagg. Generellt ligger halterna 5-10 ggr högre i lakvatten från varp än i lakvatten från slagg. Metallhalterna i varpen varierar dock kraftigt.

Rödfärgsråvara

Rödfärgsråvaran i Falun är detsamma som vittrad gruvvarp och kallas ibland för rödmull eller slamjord. Råvara till rödfärgsverket tas fram genom att det finkorniga materialet i de vittrade varphögarna siktas ur ungefär vart tionde år. Det grövre materialet läggs tillbaka för fortsatt vittring. Rödfärgsråvaran innehåller höga halter lakbara metaller.

Gråbergsavfall

Gråbergsavfall är de massor som måste brytas för att få åtkomst till malmen. Skillnaden i metallinnehåll mellan gråbergsavfall och varp kan vara mycket liten. Generellt är gråbergsavfallet det minst lakbara gruvavfallet, men i gråberg som legat nära malmkroppen kan metallhalterna vara relativt höga.

Kisbränder

Kisbränderna i Falun är en rest från tillverkningen av svavelsyra vid Falu Svavelsyrafabriken. Råvaran utgjordes av pyrit som anrikades vid gruvan. Pyriten rostades genom upphettning till 900°C och vid rostningen förångas delvis metaller som zink och kadmium tillsammans med svavlet. De förångade metallerna kondenserar och fastnar på restprodukterna, kisbränderna, som avskiljs ur processen. Kisbränderna har en kornstorlek från finkornig sand till grus. En finkornigare variant uppstod vid avskiljning med hjälp av elektrofilter och en grövre variant kommer från mekanisk avskiljning i cyklon.

Man trodde tidigare att kisbränderna i Falun förekom i två varianter – en **svart** typ som har sitt ursprung i en äldre tillverkningsprocess som gav tvåvärt järn i form av magnetit och en **röd** typ med trevärt järn i form av hematit. Under Faluprojektets arbete med sanering av kisbränderdeponin genom tvättning, har en tredje typ av kisbränder konstaterats. Denna typ karakteriseras som **brunsvart** och innehåller en viss andel grövre material, som tidigare klassats som fyllning. De olika typerna av kisbränder har olika egenskaper och svarar olika på olika typer av lakmetoder, samt på den pågående tvättningen.

Halten lakbara metaller i kisbränderna är generellt hög, men mycket stora variationer förekommer inom kisbränderdeponin.

Avfallssand/anrikningssand

Anrikningssand (även kallad avfallssand) är en rest från anrikningsverket, där malmen avskiljdes med hjälp av flotationsteknik. Anrikningssanden är ett relativt "modernt" gruvavfall, som bildades från 1940-talet fram till gruvans nedläggning 1992. Från 1944 pumpades anrikningssand till Nedre Dammen vid Galgbergsmagasinet och från och med 1965 till Övre Dammen vid samma magasin. 1982 startade pumpning till "Nya sandmagasinet" (Ingarvsmagasinet)

och där pågick verksamheten till 1992. Anrikningssanden är sulfidhaltig och har stor vittringspotential. Både Galgbergsmagasinet och Ingarvsmagasinet har därför sluttäckts så att syretillförseln minimeras.

5.1.2. Gruvavfallens metall- och svavelinnehåll, lakbarhet

En bredare kartläggning av de olika gruvavfallens metallinnehåll och lakningsegenskaper genomfördes 1990 inom ramen för Gruvavfallsprojektet. Inom ramen för Faluprojektet har kisbrändernas egenskaper undersökts noggrannare från 1994 och framåt.

TOTALHALTER

De olika avfallsslagens innehåll av metaller och svavel (totalhalter) har sammanställts i Tabell 3 nedan.

Tabell 3. Gruvavfallens innehåll av svavel och metaller (totalhalter, avrundade värden) i Falun. Källa "Teknisk kartläggning av gruvavfall", Fällman och Qvarfort, SGI Varia 298, 1990, samt för kisbränderna även data från Faluprojektet (metallhalter innan saneringen av kisbränderdeponin).

AVFALLSSLAG	SVAVELHALT	JÄRNHALT	KOPPARHALT	ZINKHALT
Kisbränder, ref SGI	0,4-5,1%	35-57%	0,04-0,5%	0,2-3%
Kisbränder, ref Faluprojektet	-	-	0,01-2% (medel 0,2%)	0,04-10% (medel 1%)
Gruvvarp	0,9-3%	5-9%	0,2-5%	0,02-0,5%
Rödfärgsråvara	1-21%	10-26%	0,2-0,7%	0,06-0,5%
Slagg	0,02-4% (medel 2,1%)	3-47% (medel 31%)	0,02-2% (medel 0,6%)	0,02-3% (medel 1,8%)

LAKBARA MÄNGDER

Noteras ska, att för samtliga avfallstyper utgör den lakbara andelen tungmetaller endast en liten del av det totala metallinnehållet. Hur stor andel av totalhalterna som är lakbara redovisas i Tabell 4 nedan.

Tabell 4. Andel lakbara metaller av totalhalterna för de olika gruvavfallen (avrundade värden). Källa "Teknisk kartläggning av gruvavfall", Fällman och Qvarfort, SGI Varia 298, 1990, samt för kisbränderna även data från Faluprojektet (metallhalter innan saneringen av kisbränderdeponin).

AVFALLSSLAG	LAKBART SVAVEL (% av totalhalt)	LAKBAR KOPPAR (% av totalhalt)	LAKBAR ZINK (% av totalhalt)
Kisbränder, ref SGI	1-100% (medel 25%)	0,002-20% (medel 4,5%)	0,2-37% (medel 11%)
Kisbränder, ref Faluprojektet	-	0,002-16% (medel 1%)	0,002-52% (medel 6%)
Gruvvarp	0,3-1%	0,1-2%	0,3-3%
Rödfärgsråvara	1-4%	1,4-9%	1,5-12%
Slagg	0,05-6% (medel 0,4%)	0,002-2% (medel 0,1%)	0,001-0,4% (medel 0,06%)

Det finns också några undersökningar kring den årliga metallurlakningen från slagg i Dalarna. Miljökontoret i Falun har sammanställt resultatet av tre undersökningar med avseende på årlig utlakning av zink och koppar från slagg i Dalälvens avrinningsområde (se Tabell 5). Utlakningen har beräknats genom provtagning i vattendrag upp- respektive nedströms väldefinierade slaggförekomster. Den uppmätta metalltransporten i vattendragen har sedan relaterats till volymen slagg.

Tabell 5. Årlig urlakning av koppar och zink från slagg i Dalälvens avrinningsområde. Resultat från mätningar i vattendrag. Från "Gruvavfall i Falu kommun - Inventering och översiktlig miljö- och hälsoriskbedömning" (rapport M 1999:1).

ÅRLIG METALLURLAKNING FRÅN SLAGG	Zink (g/m ³ , år)		Koppar (g/m ³ , år)	
	MEDEL	MIN-MAX	MEDEL	MIN-MAX
Mätningar i vattendrag				
SGI, 1990 (varia nr 325) 3 slaggområden (Bergsgården och två vid Aspån)	3,3	0,4-8,8	3,6	1,1-6,2
STORA, projekt Falu Gruva 1983 4 större vattendrag (Varpan, Sundbornsån, Knivaån, Aspån)	4,4	2,3-6,7	1,9	1-4,2
Miljökontoret Falu kommun, 1999 (rapport M 1999:1) 17 vattendrag	4,9	1,5-21,6	1,3	0,5-3,9

Inom ramen för den tekniska kartläggning av gruvavfall i Falun som gjordes på uppdrag av Dalälvsdelegationen ("Teknisk kartläggning av gruvavfall", Fällman och Qvarfort, SGI Varia 298, 1990) gjordes ett lysimeterförsök med slagg.

En uppsamlingsanordning (lysimeter) anlades i slaggbagg vid Gamla Berget och lakvatten från den samlades upp under perioden 1989-08-16--1990-05-09. Den uppsamlade mängden i lysimetern relaterades till de lakningar som gjorts i laboratorium, vilket gav faktorn 0,34 för Cu och 0,56 för Zn (gäller slaggbagg från Gamla Berget). Den faktorn användes sedan för att räkna om laboratorielakningar från andra slaggbaggområden till "lysimetervärden". Lysimetern var inte i drift ett helt år, men dock under de årtider då den största urskolningen av metaller sker (höst och vår). Mängden uppsamlade metaller under perioden kan därför sägas vara relativt representativ för en årscykel. Dock var sommaren 1989 mycket varm med konstaterat stor vittring. Värdena från försöken (se Tabell 6) bedöms därför ligga högt jämfört med ett "normalår". Vid ett par objekt misstänks slaggen dessutom innehålla inslag av varp, något som också kan ge höga värden på urlakningen.

Tabell 6. Årlig urlakning av koppar och zink från slaggbagg i västra Falun. Resultat från lysimeterförsök kombinerat med laboratorielakning. Beräknat utifrån "Teknisk kartläggning av gruvavfall", Fällman och Qvarfort, SGI Varia 298, 1990).

ÅRLIG METALLURLAKNING FRÅN SLAGGBAGG	Zink (g/m ³ , år)		Koppar (g/m ³ , år)	
	MEDEL	MIN-MAX	MEDEL	MIN-MAX
Lysimeterförsök och laboratorielakning				
SGI, 1990 (varia nr 298) 11 slaggbaggområden i Falu stadskärna.	11,3	0,7-26	6,5	0,4-15

5.2. Metallurlakning från gruvavfallet

Tyngdpunkten i undersökningarna som gjorts inom ramen för denna huvudstudie har legat på att kartlägga metalläckaget till ytvatten från Faluns gruvavfall idag och på att göra en prognos för läckaget efter det att Faluprojektets pågående efterbehandlingsåtgärder är slutförda. Arbetet följer Faluprojektets intentioner om ett stegvis åtgärdsförfarande, med kontroll och uppföljning efter varje genomförd åtgärd. Enligt avtalet som ligger till grund för Faluprojektet ska ambitionsnivån och teknikvalet för fortsatta åtgärder preciseras under projektets gång. Även prioriteringsordningen för vilka objekt som ska åtgärdas ska enligt avtalet kunna omprövas med tiden, efterhand som ny kunskap vinn.

5.2.1. Resultat av tidigare kartläggningar

Kartläggning av metalläckaget från olika gruvavfallsobjekt i Falun vid olika tidpunkter har utförts i tidigare utredningar. **Falu Gruva-projektet** kartlade metalltransporten på olika avsnitt i Faluån under 1983, det vill säga innan gruvvattenreningen togs i drift. Gruvvattnet släpptes vid den tiden ut i Ingarvsdicket. I Falu Gruva-projektet togs även stickprover i vissa tillflöden till Faluån.

Man konstaterade att gruvvattnets andel av metalltransporten vid Slussen var 640 av 1 100 ton/år (58%) för järn, 300 av 700 ton/år (43%) för zink, 6,7 av 29 ton/år (23%) för koppar, 510 av 5 200 kg/år (10%) för bly och 280 av 880 kg/år (32%) för kadmium. Dagvattenutsläppen på östra sidan om ån bedömdes vara så små att de inte märkbart påverkade metallhalten i Faluån.

Dalälvsdelegationens Gruvavfallsprojekt och dåvarande STORA:s projekt Varp 89 kartlade metalläckaget från gruvavfall 1989-90, innan Faluprojektets åtgärder påbörjades. Kartläggningen låg till grund för prioriteringen av åtgärder inom Faluprojektet. Projektet angav dels transporten av metaller från gruvavfall i Faluån, Tisken och Runn – dels uppmätta/beräknade metalläckage från olika gruvavfallsobjekt i Falun. Man kom fram till att de största metallkällorna med avseende på zink och kadmium var kisbränderdeponin, Ingarvsmagasinet samt gruvvarp och rödfärgsråvara inom gruvområdet.

Tabell 7. Resultat av Gruvavfallsprojektets mätningar/beräkningar av metalläckaget från olika avfallsenheter (källor) i Falun (källa: SGI rapport nr 39, 1990).

Avfallsenhet/Källa	Koppar (ton/år)	Zink (ton/år)	Kadmium (kg/år)
Varpan	1,4	3	-
Kisbränder	2,1	145	160
Norra industriområdet (nuvarande Stora Enso Research)	1,0	7	1,5
Slaggfyllning, östra stadsdelen	<0,02	<0,1	<0,1
Slaggfyllning, västra stadsdelen	0,3	2,5	1,5
Slagg, fria högar	0,5	3	4
Vällan + slagghögar Korsgården	0,3	2	0,1
Ingarvsmagasinet	7	90	150
Gruvvarp, gruvområdet	1,5	10	19
Rödfärgsråvara	2	20	10
Galbergsmagasinet	1	10	17
Främbyverket (utsläpp till Runn av renat gruvvatten)	0,4	25	20
SUMMA PRIMÄRUTSLÄPP	17,5	318	ca 400

Någon fullständig kartläggning av metalläckaget från olika källor har inte gjorts därefter. Dock har några översiktliga beräkningar genomförts för zink- och järnläckaget från delområdena Ingarvsmagasinet och rödfärgsråvaran ("Uppsamling av förorenat grundvatten från Ingarvsmagasinet och rödfärgsråvaran", GVT AB, 2001) samt för Galbergsmagasinet ("Uppsamling av förorenat grundvatten från Galbergsmagasinet", GVT AB, 2001). Resultat redovisas i Tabell 8.

Tabell 8. Resultat av metalläckageberäkningar för Ingarvsmagasinet, rödfärgsråvaran och Galgbergsmagasinet (från GVT, 2001).

METALLÄCKAGE	Zink (ton/år)	Järn (ton/år)
Ingarvsmagasinet	20-33	30-45
Rödfärgsråvaran	9-11	55-65
Galgbergsmagasinet	2-5	30-50

Årligen redovisas resultaten av de tre vattenkontrollprogram som har anknytning till gruvavfallets metalläckage (DVVF, Faluprojektet och Stora Enso). En samlad utvärdering av dessa mätningar gjordes 2003-04 av Svensk MKB och Mopelikan på uppdrag av Länsstyrelsen i Dalarnas län. I utredningen ges en samlad bild av metalltransporten i Faluån och dess tillflöden.

Någon samlad utvärdering av all provtagning i form av kartläggning av metalläckaget från olika gruvavfallsobjekt har dock inte genomförts sedan Faluprojektet startade.

5.2.2. Resultat av nuvarande kartläggning

Undersökningarna och beräkningarna som ligger till grund för kartläggningen redovisas i sin helhet i Delrapport 1, "Efterbehandling av lakvatten från gruvavfall i Falun - Kartläggning av metalläckage och miljöriskbedömning" (GVT AB och Svensk MKB, 2004).

Till grund för den nu utförda kartläggningen ligger:

- Mätningar gjorda enligt Faluprojektets och Stora Ensos kontrollprogram.
- Enstaka mätningar i yt- och grundvatten som gjorts på vissa områden i samband med utredningar utförda på uppdrag av Falu kommun och Länsstyrelsen i Dalarnas län.
- Tidigare undersökningar av den årliga metallurlakning från slagg till vattendrag i Dalälvens avrinningsområden, enligt avsnitt 5.1.2.
- Kompletterande undersökningar enligt avsnitt 4.3.

Resultaten från kartläggningen av metalläckaget från de olika delområdena framgår av Tabell 9 nedan, samt grafiskt i Figur 17 till Figur 19. Delområdenas läge framgår även av Figur 5 på sidan 8.

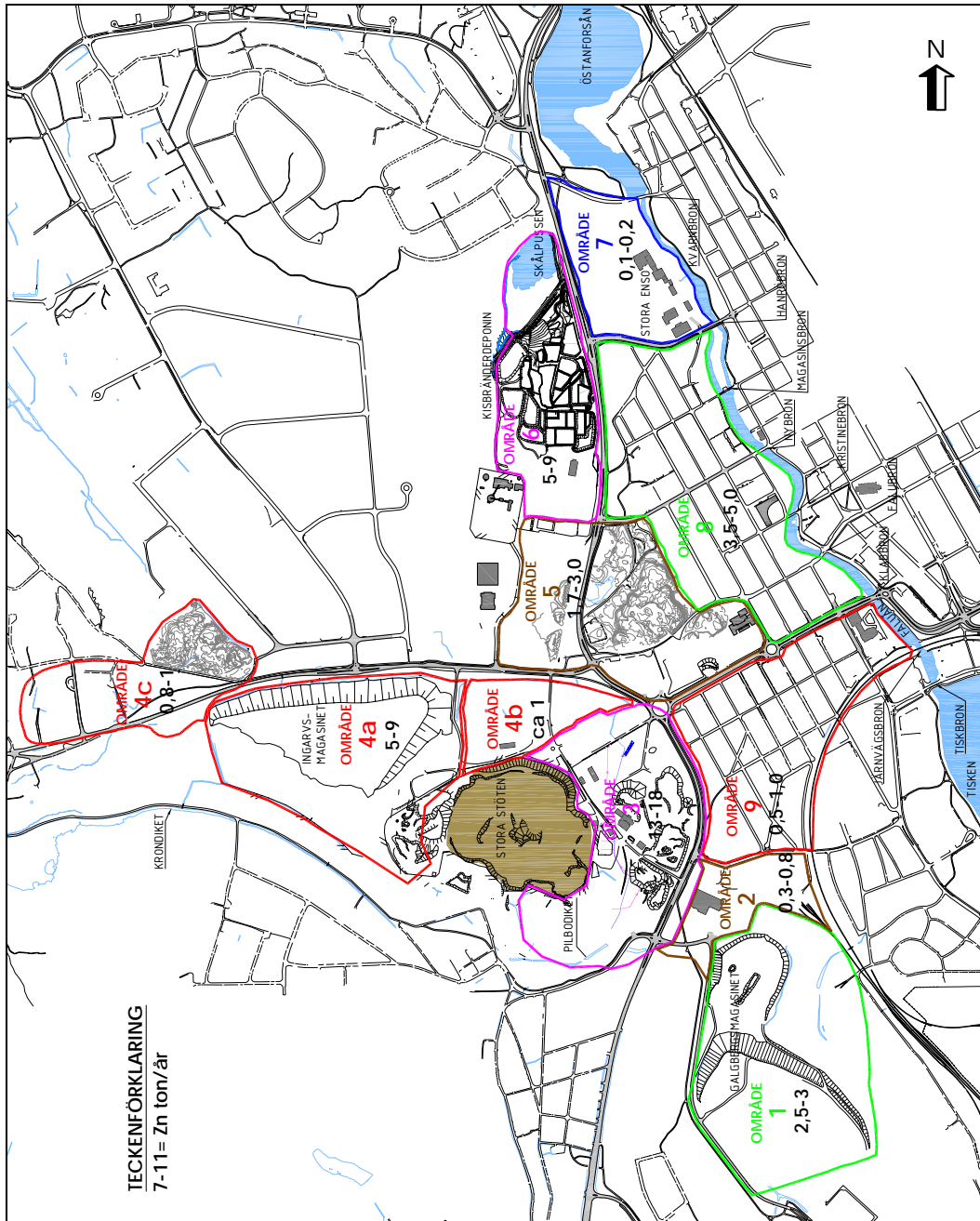
Tabell 9. Beräknad storleksordning* på dagens metalläckaget från gruvavfall på olika områden i Falu stad, samt när efterbehandlingen av kisbränderdeponin är avslutad.

OMRÅDE	Zink (ton/år)	Koppar (ton/år)	Järn (ton/år)	Kadmium (kg/år)	Bly (kg/år)
1. Galgbergsmagasinet	2,5-3	ca 0,2	30-40	ca 2	ca 2
2. Nicolaiområdet	0,3-0,8	0,03-0,05	1,0-1,5	ca 0,5	ca 0,5
3. Gruvan/Rödfärgsråvaran	13-18	2-3	90-120	30-40	4-5
4. Ingarvsmagasinet m m	7-11	0,3-0,9	30-50	ca 8-10	ca 8-10
5. Hyttberget/Vändrostarna	1,7-3,0	0,5-0,8	1,7-3,0	ca 4-8	ca 5-9
6. Kisbränderdeponin					
– läge idag	20-27	0,4-0,9	12-16	20-30	40-100
– efter tvättning/täckning	5-9	0,1-0,3	4-8	4-10	10-60
7. Stora Enso Research	0,1-0,2	<0,01	0,1-0,2	<0,5	<0,5
8. Gamla Herrgården	3,5-5,0	0,9-1,3	3-5	ca 3-9	ca 4-12
9. Elsborg	0,5-1,0	0,2-0,4	0,5-1,0	<0,5	<0,5
TOTALT OMRÅDE 1 till 9					
– läge idag	48-69	5-8	165-239	68-100	64-139
– efter tvättning/täckning av Kisbränderdeponin	33-51	4-7	157-231	52-80	37-94

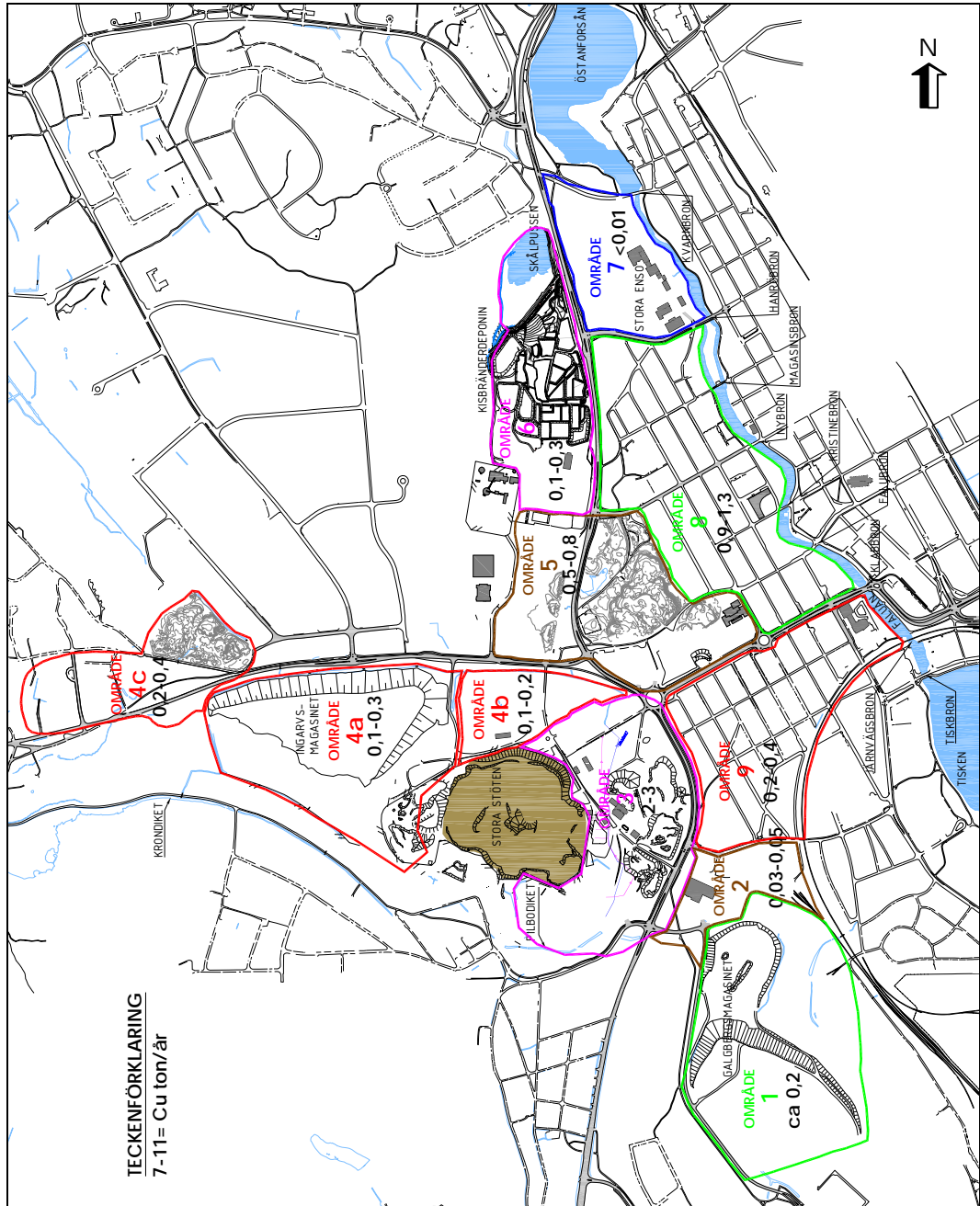
* Mängden underlagsdata för beräkningarna varierar kraftigt. Generellt finns överlagset mest data för zink och koppar. Kadmium och järn har analyserats relativt ofta för de mest undersökta områdena (Ingarvsmagasinet, Kisbränderdeponin, Gruvan/Rödfärgsråvaran), medan bly endast analyserats vid enstaka tillfällen. För slaggområdena (område 5 samt 7 till 9) finns generellt väldigt lite underlagsdata. Halter med ca-angivelser framför är behäftade med stor osäkerhet.

Från område 3 och område 4 sker en del av metallurlakningen till gruvan. Denna del har inte räknats med i Tabell 9. Orsaken är att den delen av metalläckaget inte sker till Faluån/Tisken, utan ingår i läns pumpningsvattnet från gruvan som renas i Främby avloppsreningsverk. Det renade vattnet släpps ut i Runn.

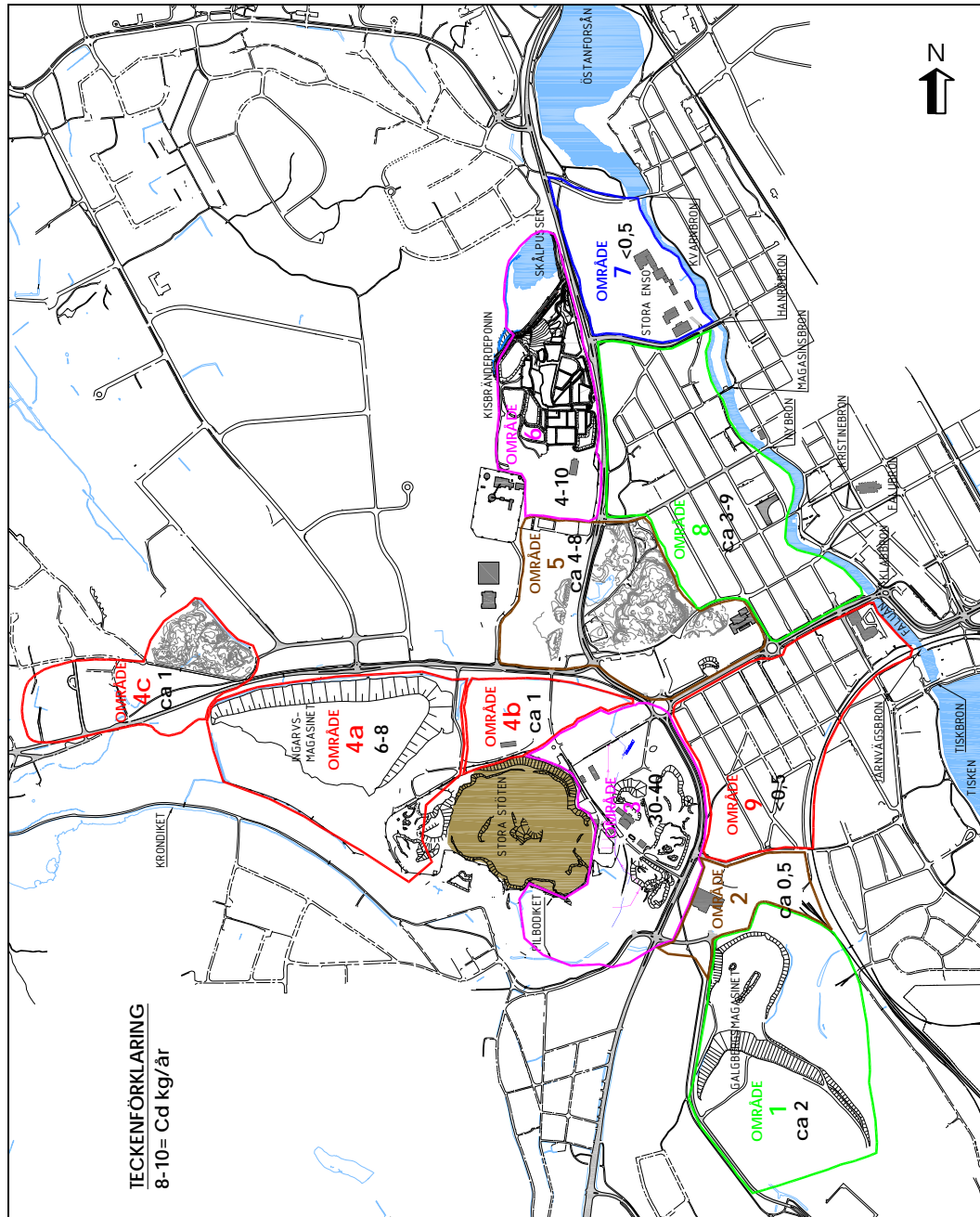
På de följande sidorna redovisas metalläckaget från de olika delområdena grafiskt.



Figur 17. Beräknad storleksordning på dagens zinkläckage från gruvavfall på olika områden i Falu stad, samt när efterbehandlingen av kisbränderdeponin är avslutad.



Figur 18. Beräknad storleksordning på dagens kopparläckage från gruvavfall på olika områden i Falu stad, samt när efterbehandlingen av kisbränderdeponin är avslutad.



Figur 19. Beräknad storleksordning på dagens kadmiumläckage från gruvavfall på olika områden i Falun stad, samt när efterbehandlingen av kisbränderdeponin är avslutad.

I Tabell 10 nedan har en förenklad metallbalans för Falu stad ställts upp. I tabellen jämförs det beräknade metalläckaget från gruvavfall med vad som transporteras ut från staden. I huvudsak sker uttransporten med Faluån, men viss del av det metallförorenade grundvattnet dräneras bort i avloppsledningar och hamnar i kommunens reningsverk. Där fastläggs metallerna i avloppslammet genom kemisk fällning. Det finns självklart andra källor till metaller i avloppslammet än gruvavfallet, men i Falun är det den dominerande källan för många metaller.

Tabell 10. Beräknad storleksordning på metalläckage från gruvavfall på olika områden i Falu stad jämfört med "uttransporten" av metaller från staden år 2003.

OMRÅDE	Zink (ton/år)	Koppar (ton/år)	Järn (ton/år)	Kadmium (kg/år)	Bly (kg/år)
Transport m Faluån*	47	2,6	130	49	140
Transport via avloppsnätet**	7	1,5	14	10	30
TOTAL TRANSPORTERAT 2003	54	4,1	144	59	170
BERÄKNAT LÄCKAGE 2003 (enl Tabell 9)	48–69	5–8	165–239	68–100	64–139
DIFFERENS: BERÄKNAT LÄCKAGE minus UPPMÄTT TRANSPORT	-6–15	1–3	21–95	9–41	-106–-31
KVOT: DIFFERENSEN delat med BERÄKNAT LÄCKAGE	-12–22%	11–45%	13–40%	13–41%	-167–-23%

* DVVF:s mätstationer Slussen (nedströms Falun) minus station Vällan (uppströms Falun), medelvärden för år 2003.

** Metallmängder i inkommande avloppsvatten 2003 (Fe) och medelvärde för slam 2000-2002 (Zn, Cu, Cd, Pb) vid Främby ARV 2003, mätningar Falu Energi & Vatten.

Skillnaderna mellan beräknat läckage och uppmätt transport speglar osäkerheterna i beräkningar och mätningar, men har även andra orsaker. Negativa differenser i tabellen (röd text) betyder att beräkningen av metalläckaget ligger lågt jämfört med den uppmätta metalltransporten i Faluån. För bly beror den stora skillnaden på att andra källor än gruvavfall bidrar märkbart till metalltransporten i ån. Detta framgår även när man tittar på sambandet mellan olika metaller i Faluåns nedre del (mätstation Slussen), där blyhalten uppvisar dålig korrelation med zink- och kadmiumhalterna. När det gäller järn är det beräknade läckaget från gruvavfall större än den uppmätta transporten. En förklaring är att järn faller ut i vattendragen under passagen genom Falun. När järnet faller ut sker även en medfällning av andra metaller, vilket kan förklara att det även "fattas" kadmium och koppar i Slussen jämfört med det beräknade läckaget från gruvavfall. Tilläggsas bör också att inte hela metallmängden som transporteras via avloppsnätet härrör från gruvavfallet. Metaller tillförs också via spillvatten från hushåll och industrier, samt till exempel via kopparledningar. Hur stora mängder övriga källor bidrar med är inte undersökt inom ramen för denna studie.

I tabellen har inte läns-pumpningsvattnet från gruvan tagits med. Vattnet pumpas idag till Främby reningsverk och renas där i en separat gruvvattenlinje. Det

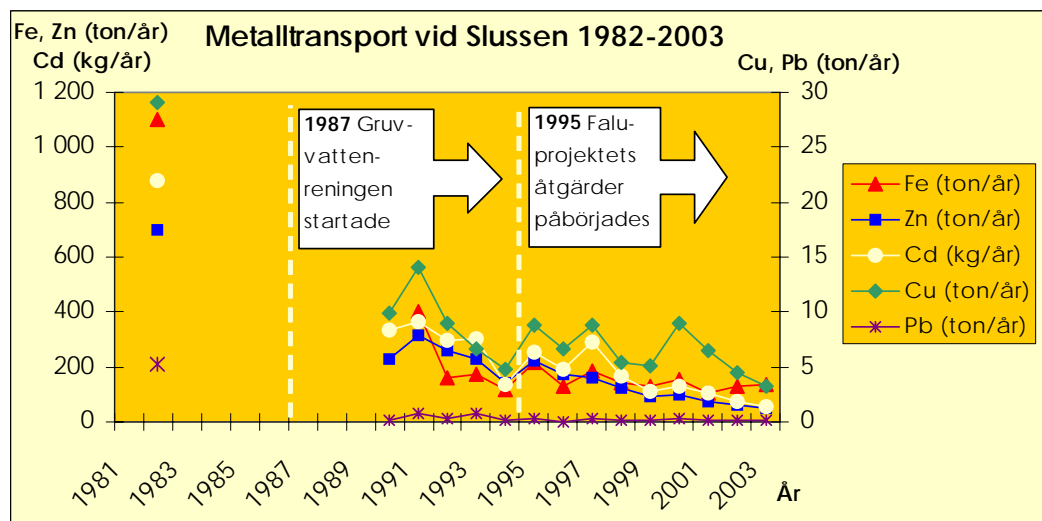
renade vattnet innehåller fortfarande metaller, vilka släpps ut i Runn – det vill säga nedströms mätstationen Slussen.

5.3. Miljöeffekter i recipienter

De metaller som urlakas från gruvavfall vid Falu gruva och i Falu tätort avrinna via grund- och ytvatten till vattendraget Faluån/Tisken och vidare till den nedströms liggande sjön Runn.

5.3.1. Metallhalter och transporter

I Delrapport 1, "Efterbehandling av gruvavfall i Falun - Kartläggning och riskbedömning" (GVT AB och Svensk MKB, 2004) konstateras att metalltillförseln till Faluån och Runn reducerats väsentligt de senaste två årtiondena, vilket framgår av nedanstående diagram, Figur 20. Reduktionen är störst för zink, från ca 700 ton per år i början av 1980-talet innan renings- och efterbehandlingsåtgärder påbörjades till nivån 50-70 ton år 2003.



Figur 20. Utvecklingen av metalltransporten i Slussen under de senaste decennierna.

Trots att de genomförda åtgärderna resulterat i en betydande minskning av metalltillförseln till recipienten så är koncentrationen av flera metaller fortfarande hög i både vatten och sediment. I Runns ytvatten är t ex zinkhalten 50-100 gånger högre än i jämförbara mellansvenska sjöar (jämför nedanstående Tabell 11). I sediment är förhöjningen ännu större, men här måste man räkna med en långsammare reduktion efter åtgärder än i vatten, beroende på att det nya materialet blandar sig med tidigare sedimenterat material.

Tabell 11. Metallhalter (medelvärden) i Faluån, Runn och Dalälven år 2002. Med "normalhalt" menas nuvarande halt i norra Sveriges sjöar och vattendrag (från Dalälven och norrut) som inte är påverkade av lokala utsläpp. Referens: Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet (rapport 4913).

µg/l	Zink	Kadmium	Koppar	Bly	Järn
Faluån uppströms Falun (Varpan)	11	0,014	7,3	0,24	85
Faluån nedströms Falun (Slussen)	710	0,81	35	1,5	1 400
Runns ytvatten (centrala sjön)	91	0,10	8,5	0,36	280
Runns bottenvatten	140	0,17	11	0,34	320
Dalälven uppströms Runns utflöde	4,0	0,007	0,58	0,16	290
Dalälven nedströms Runns utflöde	9,2	0,013	1,1	0,15	270
Nedre Dalälven vid Gysinge	9,6	0,015	1,4	0,28	300
Normalhalt i sjöar och vattendrag	1-3	0,003-0,009	0,3-0,9	0,04-0,12	-

Korrelationsberäkningar mellan de olika metallerna indikerar att kadmium urlakas från samma gruvavfallsobjekt som zink, medan järn till betydande del kommer från andra källor. Koppar intar en mellanposition och bedöms till viss del komma från samma gruvavfallsobjekt som zink.

Trots att en viss andel av metallerna fastläggs i bl a Runns bottensediment så är framför allt zinkhalten betydligt högre i Dalälvens mynnig än i Gävlebukten i den aktuella delen av Östersjön. Även koppar- och blyhalten är något högre i Dalälvens vatten än i havsområdet utanför mynningen, medan förhållandet är det motsatta för kadmium.

5.3.2. Biologiska effekter i vattendraget Faluån – Runn – Dalälven - Östersjön

Faluån har sannolikt under århundraden och fram till in på 1980-talet haft både extremt höga metallhalter och starkt surt vatten, vilket orsakat grava skador på det biologiska livet. I takt med att vattenkvalitén förbättrats har djur och växter börjat återetablera sig – även om artsammansättningen idag (2004) visar att miljön fortfarande är i obalans. Växtligheten i sjön Tisken i nedre Faluån domineras t ex av en enda art - löktåg - som har massutvecklats. Mört förekommer endast som storvuxna individer, vilket tyder på att den inte kan reproducera sig i Tisken.

I Runn har biologiska effekter i form av småväxta bottenlevande djur och frånvaro av småmört noterats i recipientundersökningarna. Orsaken till dessa förändringar bedöms främst bero på "fysiska" effekter i form av utfällda järnföreningar. I övrigt uppvisar Runns plankton- och fisksamhällen i stort den artsammansättning, biomassa, tillväxt etc man kan förvänta sig i denna typ av sjö.

Halten av flera metaller är påtagligt förhöjd i fisk från Tisken i förhållande till referenssjöar. Även i Runn har förhöjda halter av i synnerhet kadmium registretats i abborre (muskel och lever). Kadmiumhalten uppvisar dock en minskande trend under tidsperioden 1996 – 2004. Blyhalten har istället ökat under senare år. Detsamma verkar gälla kvicksilver, som dessutom förekommer i synnerligen låga halter i fisk från Tisken. Anledningen till detta är troligtvis konkurrens med vissa andra metaller.

Det har inte observerats några effekter på växter och djur i den aktuella delen av Östersjön som kan kopplas till den förhållandevis höga uttransporten av zink från Dalälven. De något förhöjda koppar- och blyhalterna i Dalälvens vatten i förhållande till Östersjön bedöms inte orsaka några miljöeffekter.

6. RISKBEDÖMNING OCH BEDÖMNING AV SANERINGSBEHOV

6.1. Föroreningarnas farlighet

Zink är en essentiell metall som alla levande varelser behöver. Den har visat sig kunna konkurrera med icke essentiella metaller som kadmium och bly om upptag i organismer. Trots dessa positiva egenskaper kan zink i höga koncentrationer vara giftigt för växter och djur. I Runn och nedre Dalälven är zink den metall som uppvisar störst haltförhöjning. I Runns vatten förekommer zink i halter som enligt naturvårdsverkets bedömningsgrunder kan skada växter och djur. Någon påverkan på ekosystemet som kan hänföras till förhöjda zinkhalter har dock inte noterats i Runn eller Dalälven.

Även **koppar** är en essentiell metall. Den verkar dock inte konkurrera med kadmium och bly på samma sätt som zink. Även koppar förekommer i Runns vatten i halter som enligt bedömningsgrunderna kan innebära risk för toxiska effekter. Avgörande för koppars giftighet är dock andelen metall i jonform. Så länge stora mängder järn tillförs Runn (se nedan) är troligtvis lejonparten av kopparn komplexbunden och därmed inte biotillgänglig.

Kadmium räknas till de icke essentiella metallerna som aldrig är nyttiga utan endast kan innebära skada². Liksom för koppar är kadmiumhalten i Runns vatten på en nivå som enligt bedömningsgrunderna kan innebära risk för toxiska effekter. Kadmium är också den metall som uppvisar den största haltförhöjningen i fisk. Även om det inte går att peka på några effekter i Runn som kan härledas till kadmium, så är det främst denna metall som det bedöms angeläget att minska förekomsten av i Runn.

En annan icke essentiell metall är **bly**. Av de hittills nämnda metallerna uppvisar bly den minsta haltförhöjningen i Runns vatten. Emellertid har blyhalten i fisk ökat under senare år, vilket gör det angeläget att minska blytillskottet till vattensystemet.

En förhöjd förekomst av **järn** bedöms inte leda till några toxiska effekter. Däremot kan stora mängder sedimenterade järnkomplex orsaka fysisk skada för växter och djur. Dels utgör dessa bottnar ett ogynnsamt substrat, dels kan utfällda järnföreningar täcka och kväva fiskrom m.m. Detta är den troligaste förklaringen till de negativa effekter som observerats i Runn. Samtidigt har järnföreningarna den positiva egenskapen att de binder till sig och faller ut många av de andra metallerna, som därmed inte blir tillgängliga för det biologiska livet. En minskad tillförsel av järn under nuvarande förhållanden kan därmed få såväl positiva som negativa effekter.

² Eventuellt finns det några svampar som behöver kadmium.

6.2. Föroreningsnivåer

Enligt naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljökvalitet (Sjöar och vattendrag, NV rapport 4913) föreligger en stor risk för biologiska effekter av zink i Faluån (klass 5), risk för effekter av koppar och kadmium i Faluån och av zink i Runn (klass 4) och en möjlig risk för effekter av bly i Faluån och kadmium och koppar i Runn (klass 3).

Med hänsyn till risken för biologiska effekter grupperar sig därmed metallerna med fallande risk i ordningen zink, kadmium/koppar, bly sett till nuvarande koncentrationer i Faluån och Runn.

6.3. Spridningsförutsättningar

Urlakningen av metaller från gruvavfall till Faluån och vidare till Dalälven har pågått under årtusenden. Ingen ytterligare fastläggning i mark kan därför förväntas. I Faluån sker ingen slutlig sedimentation och sjön Tisken i åns nedre ände är redan full med metallhaltigt slam. Först i Runn sker en reell fastläggning av metaller, enligt beräkningar vid mitten av 1990-talet 25-75 % beroende på metall. Därefter sker ytterligare sedimentation i de nedre delarna av Dalälven, där älven passerar ett fjärdområde innan den mynnar i Gävlebukten.

En fråga som aktualiseras är om, och i så fall när, sedimenten i olika delar av älven övergår från att vara fälla till att bli en källa för metaller. Höga metallkoncentrationer i äldre sedimentlager från tidigare stora metalltillskott kan under vissa omständigheter läcka metaller och därmed bli en reell metallkälla när övriga källor reduceras. Detta är dock något som i så fall inträffar under en övergångsperiod och i framtiden kommer att minska i betydelse i takt med att metallfattigare material efterhand täcker de gamla sedimenten.

6.4. Känslighet/skyddsvärde

Runn, med sin stora örikedom och inlandsskärgård och belägenhet mellan Falun – Borlänge är ett viktigt friluftsområde för lokalbefolkningen. Sjön används för både bad, båtfärder och fiske.

En bidragande orsak till att de biologiska effekterna i Runn enligt gjorda undersökningar är så pass små, är att ekosystemet anpassat sig till förhöjda metallhalter. Därmed är systemet mindre känsligt för metaller än "normala" vattenområden. Huruvida detta ger Runn och nedre Dalälven ett minskat eller ökat skyddsvärde är en värderingsfråga som det inte finns något givet svar på.

6.5. Samlad riskbedömning – bedömning av saneringsbehov

Det biologiska livet i Faluån är och kommer även fortsättningsvis att vara tydligt påverkat av metaller.

Sett ur ett övergripande perspektiv bedöms risken för miljöeffekter nu och i framtiden vara störst för kadmium följt av koppar och zink. Koncentrationen av

kadmium har sjunkit påtagligt men är ännu påtagligt förhöjd i exempelvis fisk. Detta innebär för den skull inte att fisk från Runn skulle vara hälsovådligt att konsumera beroende på haltnivån för kadmium i fiskkött.

Både koppar och zink är till skillnad mot kadmium essentiella metaller. Kopparhalten har endast reducerats marginellt till följd av Faluprojektets åtgärder. Zink är emellertid den metall som är mest förhöjd jämfört med opåverkade sjöar och även förekommer i koncentrationer som enligt gängse kriterier och bedömningsgrunder kan skada vissa växter och djur. Men risken för miljöeffekter av zink bedöms ha avtagit till följd av de senaste årtiondenas åtgärder, som resulterat i minskade zinkhalter i vattnet med 85-90 %. I en riskbedömning ska även zinkens skyddande förmåga vägas in, vilket innebär att det är viktigt att beakta balansen mellan zink och andra metaller och inte alltför mycket förändra denna till zinkens nackdel.

Eventuellt kan den betydande zinkreduktionen vara en delförklaring till att blyhalten under senare år stigit i fisk trots att tillförseln av bly inte ökat.

Risken för miljöeffekter av järn är främst kopplat till att utfällda järnföreningar överlagrar botten, vilket påverkar vissa växter och djur negativt och även orsakar olägenheter för människan (uppgörning etc). Samtidigt kan järnföreningarna begränsa toxiciteten hos andra metaller. Dessa effekter bedöms i stort balansera varandra.

Orsaken till de trots allt begränsade miljöeffekterna i det aktuella vattenområdet bedöms vara en kombination av flera faktorer. Genom den rikliga tillgången på utfällda järnföreningar bör en stor del av metallerna ha förekommit, och förekomma, i en form som inte är direkt tillgänglig för det biologiska livet. Vidare har ekosystemet, eller åtminstone delar av det, troligtvis hunnit anpassa sig till förhållandena genom att det exponerats under så lång tid. Ytterligare en förklarande faktor kan vara att det föreligger en gynnsam balans mellan vissa essentiella metaller och andra.

Den samlade slutsatsen av den miljöriskbedömning som genomförts är att det är miljömässigt motiverat att genomföra åtgärder för att ytterligare minska metallurlakningen till Faluån, trots de miljöförbättringar som registrerats under senare år. Dessa åtgärder ska inriktas mot att i första hand efterbehandla objekt/områden som läcker förhållandevis mycket kadmium. De åtgärder som är föreslagna ger samtidigt en reduktion av betydande kvantiteter koppar, zink och järn.

7. ÖVERGRIPANDE ÅTGÄRDSMÅL

7.1. Underlag till åtgärds mål

Som underlag för att ta fram åtgärds mål för fortsatt efterbehandling av gruvavfall i Falu stad, ligger de nationella och regionala miljö kvalitetsmålen. Framförallt är det miljö kvalitetsmålet "Giftfri miljö" som har beaktats. Nedan redovisas ett utdrag ur "Dalarnas miljö mål" (*framtagna och beslutade av Länsstyrelsen Dalarna och Skogsvårdsstyrelsen Dalarna-Gävleborg, 2003*) som anger hur detta miljö kvalitetsmål brutits ned och preciserats för att gälla Dalarna:

Dalarnas miljö mål

Miljö kvalitetsmålet Giftfri miljö

Miljön ska vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden.

Vad innebär det?

I ett generationsperspektiv bör enligt regeringens bedömning miljö kvalitetsmålet innebära bland annat följande **preciseringar**:

1. Halterna av ämnen som förekommer naturligt i miljön är nära bakgrunds nivåerna.

Tillägg för Dalarna: I omgivningen till gruvområden förekommer metaller i så låga halter att de inte innebär risk för människors hälsa eller miljön.

...

4. Förorenade områden är undersökta och vid behov åtgärdade.

Tillägg för Dalarna: Vid beslut om åtgärder i gruvområden tas särskild hänsyn till kulturhistoriska värden.

Steg på vägen

...

Delmål 6. Förorenade områden

Förorenade områden i Dalarna ska vara identifierade och för minst sex av de områden som är mest prioriterade i länet med avseende på riskerna för människors hälsa och miljön ska arbetet med sanering och efterbehandling ha påbörjats senast år 2005. Minst tre av de områden där arbete påbörjats ska dessutom vara åtgärdade. Vid sanering och efterbehandling av förorenade områden ska kultur miljö värden särskilt beaktas.

7.2. Förslag till övergripande åtgärds mål

Med utgångspunkt från avsnittet 6.5 "Samlad riskbedömning – bedömning av saneringsbehov" har projektgruppen beslutat att följande övergripande åtgärds mål ska utgöra underlag för värdering och prioritering av åtgärdsförslag – se vidare avsnitt 8 "Åtgärdsutredning".

- Miljöpåverkan på ekosystemen i Faluån och Runn ska minska.
- Faluån och Runn ska hysa livskraftiga bestånd av fisk, som inte har markant högre metallhalter än i regionens övriga vattenområden.
- Faluområdet ska inte längre betecknas som en "hot spot" i frågan om metalltillförseln till Östersjön.
- Efterbehandlingsåtgärderna ska utformas så att Världsarvet Falun inte skadas och övriga kulturvärden i största möjliga utsträckning bibehålls.

Urlakning av metaller till yt- och grundvatten från olika typer av gruvavfall har förekommit under mycket lång tid och inom stora områden i Falun. Grundvattnet har generellt mycket höga metallhalter - både inom och "nedströms" gruvavfallsområdena. Sannolikt finns också betydande metallmängder bundna eller adsorberade till markpartiklar, både ovan och under grundvattennivån. I vissa delar av Falu tätort är grundvattnet så surt och "aggressivt" att det orsakar förhöjda kostnader för grundläggning av byggnader.

Falu tätorts topografi, belägen i en dalgång, medför att grundvattnet söker sig ner genom staden mot Faluån – Tisken. Men en hel del grundvatten och därmed även metaller läcker också in i avloppsledningsnätet och förs vidare till Främby avloppsreningsverk där metallerna fastläggs i avloppsslammet.

Grundvattnet i Falu tätort har inte nyttjats som vare sig dricksvatten eller för andra ändamål sedan "urminnes" tid. Falu tätorts råvattentäkt är Rogsjön som är belägen drygt 1 mil norr om tätorten. Det har bedömts orimligt att genomföra så omfattande efterbehandlingsåtgärder att grundvattnet kan nyttjas för exempelvis dricksvattenförsörjning. Mot den bakgrunden har inga övergripande åtgärds mål definierats för grundvattenkvalité.

Projektgruppen har vidare bedömt att det inte heller är rimligt att genomföra så omfattande efterbehandlingsåtgärder att det kan förväntas uppkomma mer normala växt- och djursamhällen i Faluån – Tisken. Ett livskraftigt fiskbestånd med acceptabla metallhalter är det mest ambitiösa mål för biologisk mångfald som bedöms realistiskt.

8. ÅTGÄRDSUTREDNING

Till grund för åtgärdsutredningen ligger en beskrivning av möjliga åtgärder för att minska metalläckaget från olika objekt, samt av åtgärdernas konsekvenser. Denna detaljerade och så långt som möjligt objektiva beskrivningen av möjliga åtgärder presenteras i delrapport 2. I föreliggande huvudstudie värderas även konsekvenserna av olika åtgärdsalternativ mer subjektivt och utifrån det presenteras ett åtgärdsförslag.

8.1. Riskvärdering

Till grund för riskvärderingen ligger en kartläggning av metalläckaget från olika delområden i Falu stad (*"Efterbehandling av gruvavfall i Falun Delrapport 1 - Kartläggning av metalläckage och miljöriskbedömning"*, GVT AB och Svensk MKB, 2004). Utifrån kartläggningen har sex av nio områden, de med störst metalläckage, valts ut för riskvärdering.

Vid riskvärderingen har nyttan med att reducera riskerna (d v s minska metalläckagen) för varje område vägts mot konsekvenserna (tekniska, ekonomiska, juridiska, konsekvenser på kulturmiljön o s v).

8.1.1. Möjliga åtgärdsmetoder

De efterbehandlingsåtgärder som redan slutförts eller pågår i Falun (j f r avsnitt 3 "Genomförda åtgärder") omfattar avfallstyper som producerades under 1900-talet, d v s anrikningssand (Galbergsmagasinet och Ingarvsmagasinet) och kisbränder. Gemensamt för dessa objekt är att de dels har utgjort de största källorna när det gäller metallurlakning till Faluån/Runn och dels att de har ett begränsat kulturhistoriskt värde.

De nu återstående avfallstyperna slagg, gruvvarp och rödfärgsråvara utgör viktiga karaktärsdrag för världsarvet Falun. Inte minst i gruvlandskapet runt Falu gruva/Stora Stöten, där de stora högarna med olika typer av gruvavfall vittnar om en världsunik industrihistoria. Starka kulturhistoriska värden är knutna till själva gruvavfallet och därmed kommande generationers möjlighet att uppleva ett tusenårigt gruvlandskap.

Mot den bakgrunden är det inte möjligt att genomföra efterbehandling av dessa objekt med konventionella metoder såsom bortschaktning, övertäckning eller liknande. Länsstyrelsen har redan tidigare genomfört en analys av olika efterbehandlingsmetoders lämplighet, varvid framkom att den enda realistiska åtgärdsmetoden som kvarstår är att samla upp och behandla lakvatten från gruvavfallet. I föreliggande åtgärdsutredning har således primärt åtgärden lakvattenuppsamling för olika alternativa områden/objekt värderats mot varandra. Eventuella andra åtgärdsalternativ har dock kommenterats övergripande i några fall.

Metoder för rening av lakvatten

Noteras kan att SGI redan i Gruvavfallsprojektet 1990 (SGI rapport 39) bedömde att uppsamling och rening av lakvatten har hög effektivitet, måttlig kostnad och är skonsamt mot kulturmiljön. SGI föreslog att metoden skulle användas för rödfärgsråvaran och att det metallhaltiga vattnet skulle renas tillsammans med gruvvattnet vid Främby reningsverk.

Uppsamling och rening av lakvatten är en metod som kräver fortlöpande underhåll för lång tid framöver. Det är tvärt emot nuvarande grundprinciper för efterbehandling, eftersom man i första hand eftersträvar åtgärder av engångskaraktär med obefintligt eller så litet underhåll som möjligt. Men Falun är inget "vanligt" efterbehandlingsobjekt – det miljömässiga behovet av ytterligare åtgärder för att reducera metallurlakningen i kombination med de mycket starka kulturmiljöintressena motiverar att andra metoder aktualiseras. I synnerhet idag (2004), då det har utvecklats en miljömässigt bra reningsmetod samtidigt som det finns långsiktiga garantier för dess drift.

Falu gruvas världsarvsstatus medför ett långsiktigt åtagande och ansvar att bevara gruvmiljön intakt till kommande generationer. För att hålla besöksgruvan och Stora Stöten öppna krävs kontinuerlig läns-pumpning av gruvvattnet. Dåvarande Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag (nuvarande Stora Enso) åtog sig vid koncessionsförhandling 1984 att fortsättningsvis rena länshållningsvattnet från Falu gruva - det så kallade "gruvvattnet". Under tidsperioden 1988–2000 renades gruvvattnet tillsammans med avloppsvattnet från Falu tätort, men 2000 togs en ny reningsanläggning för separat gruvvattenrening genom kalkfällning i drift vid Främby. Bägge dessa reningsmetoder ger upphov till i storleksordningen 10 000 m³ metallhaltigt slam per år – vilket måste deponeras som farligt avfall.

Stora Enso har nu, efter många års arbete, utvecklat en helt ny reningsprocess för gruvvattnet - där metallerna kan nyttiggöras som olika metallråvaror. Stora Enso har under 2004 ansökt om miljötillstånd för att bygga en ny reningsanläggning i anslutning till rödfärgsverket vid Falu gruva. Miljöprövning pågår (november 2004) och byggstarten är planerad till 2005. Den nya gruvvattenreningen kräver dagligt underhåll och skötsel, vilket borgar för att Stora Enso kommer att ha en organisation för detta under mycket lång tid framöver. Möjlighet finns att dimensionera anläggningen för att även rena metallförorenade lakvatten från olika gruvavfallsobjekt.

Alternativ till att behandla uppsamlat lakvatten från gruvavfall i Stora Ensos nya reningsanläggning är:

- Rening i en separat ("egen") anläggning som möjliggör metallåtervinning på samma sätt som i Stora Enso:s anläggning.
- Rening genom konventionell teknik - kalkfällning i Främbyverket (befintlig gruvvattenlinje).
- Rening genom kalkfällning på annan plats.

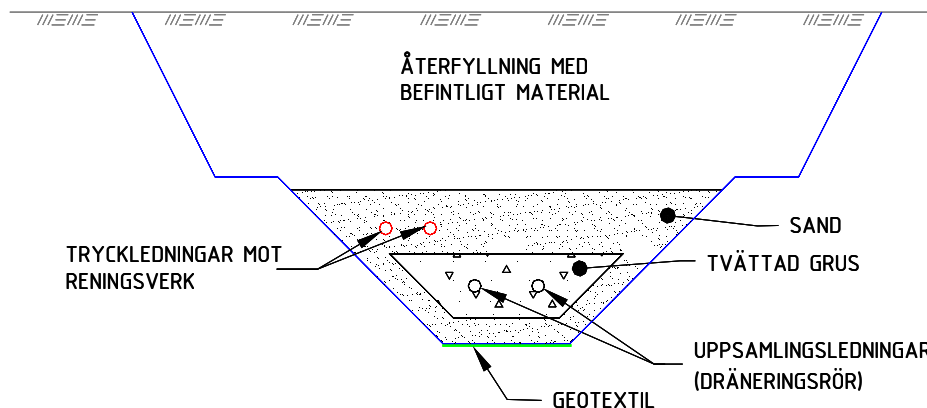
Metallinnehållet i gruvvattnet är fem till tio gånger högre än den sammanlagda metallmängden i lakvatten från de sex, i åtgärdsutredningen, prioriterade gruvavfallsområdena. Att anlägga en separat anläggning för återvinning av metaller i lakvatten är inte kostnadseffektivt i jämförelse med att "köpa in sig" på kapacitet i Stora Enso:s anläggning. Samordningsvinsterna vid gemensam drift (byggnad, utrustning, personal, kompetens o s v) får anses vara mycket stora.

Att rena uppsamlat lakvatten från ytterligare gruvavfallsobjekt på konventionellt sätt, dvs genom kalkfällning, bidrar till att skapa ett nytt avfallsproblem i form av stora mängder metallhydroxidslam som måste deponeras miljösäkert. Deponering stoppar inte metallurlakningen, utan flyttar problemet till en ny plats och skjuter metallurlakningen på framtiden. Deponering innebär dessutom stora kostnader för all framtid. Även om den befintliga gruvvattenlinjen vid Främbyverket kan användas för kalkfällning och avvattning, krävs en ny ledning dit eftersom befintlig gruvvattenledning kommer att användas som utloppsledning för renat vatten från Stora Enso:s reningsverk. Uppsamling och rening av lakvatten fanns med som ett åtgärdsalternativ redan i Gruvavfallsprojektet 1990 (SGI rapport 39), men avfärdades just på grund av kalkfällningen (som då ansågs vara den billigaste och tillförlitligaste reningsmetoden) som medför att lösningen blir "temporär". Med samma motiv avskrivs kalkfällning från vidare utredning även i denna huvudstudie.

Metoder för uppsamling av lakvatten

Uppsamlingsalternativet innebär att anordningar byggs (i mark) för att samla upp lakvatten från gruvavfallet. För att hålla nere mängden förorenat vatten som måste behandlas, kan det också finnas behov att hindra "rena" yt- och grundvattenflöden från att blandas med lakvattnet. Sådana åtgärder kan vara avskärande dräneringar i marken uppströms gruvavfallet, skärmar i mark för att styra undan grundvattenflödet, samt tätningar av botten i diken med opåverkat ytvatten. Uppsamling kan ske i dräneringsledningar och/eller jordlagerbrunnar (horisontella respektive vertikala brunnar), varifrån det uppsamlade vattnet pumpas i tryckledningar till en reningsanläggning. På dränerings- och tryckledningarna installeras brunnar med regelbundet avstånd, för att möjliggöra rensning av ledningssystemet. Som säkerhet mot framtida igensättningar på grund av järnutfällningar, läggs dubbla uppsättningar av dränerings- respektive tryckledningar.

Nedan visas ett tvärsnitt av en uppsamlingsanordning bestående av dubbla dräneringsledningar kringfyllda med dräneringsgrus.



Figur 21. Tvärsnitt genom en uppsamlingsanordning i mark med dubbla dräneringsledningar.

8.1.2. Beskrivning av åtgärdsalternativ

Utifrån kartläggningen av metalläckagen från delområdena (avsnitt 5.2.2), har sex av nio områden valts ut för fortsatt riskvärdering. De sex områdena är de som bidrar med störst metalläckage till vattenrecipienterna och som därför är prioriterade att komma ifråga för åtgärder. Områdena är:

- Galgbergsmagasinet (område 1)
- Gruvan/Rödfärgsråvaran (område 3)
- Ingarvsmagasinet inklusive Lovisadiket (område 4a)
- Hyttberget/Vändrostarna (område 5)
- Kisbränderna (område 6) och
- Gamla Herrgården (område 8).

I delrapport 2 beskrivs hur uppsamlingsanordningar för lakvatten kan utformas mer i detalj för de olika områdena. Där beskrivs också "objektiva" konsekvenser av åtgärdsförslagen, i form av riskreduktion (minskat metalläckage), kostnader, tekniska aspekter, inverkan på kulturmiljön m m. Konsekvensbeskrivningen ligger till grund för riskvärderingen nedan.

Vid konsekvensbeskrivning och värdering har lakvattenuppsamlingen vid Ingarvsmagasinet delats upp i två delar. Dels uppsamling vid magasinets norra släntfot mot väg 293, dels uppsamling vid den östra släntfoten, mot Lovisadiket. Anledningen är att det ur teknisk synpunkt är mycket svårt att anlägga en uppsamlingsledning längs magasinets norra släntfot på grund av det korta avståndet till Ingarvsdicket och väg 293, vilket gör att åtgärden blir mycket dyr. Om åtgärden begränsas till lakvattenuppsamling vid Lovisadiket, kan en relativt stor del av metalläckaget samlas upp med begränsad insats, varför det bedömts intressant att skilja delarna åt.

8.1.3. Värderingsmodell

I åtgärdsutredningen har kostnadseffektiviteten hos åtgärder i form av lakvattenuppsamling jämförts mellan olika områden/objekt. Därtill värderas andra konsekvenser av åtgärderna, t ex inverkan på kulturmiljön, juridiska konsekvenser, krav på driftunderhåll o s v.

Åtgärdsalternativen har värderats utifrån följande aspekter:

- **MILJÖ/HÄLSA** (t ex riskreduktion, d v s reducering av metallläckaget)
- **EKONOMI** (anläggningskostnad, driftkostnad).
- **TEKNIK** (t ex tekniska möjligheter att genomföra åtgärder på platsen, infrastruktur, kunskaps-/erfarenhetsnivå, beprövad/ny teknik)
- **KULTUR/NATUR/FRITID** (t ex påverkan på kulturmiljön, naturmiljön och friluftslivet)
- **BESTÄNDIGHET/LÅNGSIKTIGHET** (t ex åtgärdens livslängd, krav på underhåll)
- **JURIDIK/AVTAL** (t ex krav på tillstånd, avtal med markägare och verksamhetsutövare).

Riskvärderingen bygger på uppmätta och beräknade data, men värderingen är i viss mån subjektiv.

Vid värderingen har en "betygsskala" från minus tre (---) till plus tre (+++) använts. Betyget noll (O) innebär att åtgärdens konsekvenser inte medför någon förändring jämfört med nollalternativet som är att inte göra någon åtgärd. +++ innebär en klar förbättring/positiv effekt jämfört med nollalternativet, medan --- innebär en klar försämring/negativ effekt. Betygsskalan innebär att det främst är aspekten MILJÖ/HÄLSA som får plusbetyg, medan övriga aspekter (som t ex EKONOMI eller KULTUR) får minusbetyg eftersom de innebär en negativ konsekvens jämfört med nollalternativet. Exempelvis är även en kostnadseffektiv åtgärd dyrare än nollalternativet (som innebär att ingen åtgärd görs).

8.1.4. Sammanfattande värdering med kommentarer

Konsekvenserna av att vidta efterbehandlingsåtgärder i form av lakvattenuppsamling och lakvattenrening har värderats område för område. I Tabell 12 har värderingarna utifrån olika aspekter sammanställts.

Tabell 12. Sammanfattning av de områdevisa värderingarna. Varje aspekt betygssätts med en skala från minus tre (---) till plus tre (+++), där noll (o) innebär "ingen förändring jämfört med nollalternativet" (som är att ingen åtgärd genomförs).

ASPEKT	NOLL- ALTERNATIVET	Galbergs- magasinet	Gruvan/ Rödfärgsråvaran	Ingarvsmagasinet Norra delen	Ingarvsmagasinet Lovisadiket	Hyttberget	Kisbränderna	Gamla Herrgården
Område nr		1	3	4a	4a	5	6	8
MILJÖ/HÄLSA	o	+	+++	+	++	++	++	+
EKONOMI	o	--	---	---	-	--	--	--
TEKNIK	o	--	-	---	--	-	-	--
KULTUR/NATUR/FRITID	o	o	o	o	--	-	o	-
BESTÄNDIGHET/ LÅNGSIKTIGHET	o	--	--	--	--	--	--	--
JURIDIK/AVTAL	o	o	-	-	-	--	-	--

Utifrån varje aspekt kan betygen för de olika alternativen jämföras sinsemellan. Någon summering av poängen för varje alternativ med avseende på de olika aspekterna har inte gjorts. Ska man summera olika typer av konsekvenser, måste aspekternas betydelse graderas inbördes. En sådan "viktning" är mycket subjektiv, och glöms lätt bort när man jämför den slutliga poängsumman för alternativen. Här lämnas istället öppet för var och en att själv göra viktningen mellan olika aspekter, alltså att göra jämförelsen "mellan äpplen och päron".

Miljö/hälsa

Den beräknade reduktionen av metalläckage från de olika delområdena ifall uppsamlingsåtgärderna genomförs listas nedan.

Tabell 13. Beräknad möjlig reduktion av metalläckage från olika delområden om uppsamlingsåtgärder genomförs. Lilla tabellen nedan visar metallkvoter.

RISKREDUKTION (Minskat metalläckage)	Zn ton/år	Cu ton/år	Fe ton/år	Cd kg/år	Pb kg/år	Flöde m ³ /h
OMR 1 Galbergsmagasinet	2,3-2,7	ca 0,2	27-36	ca 1,8	ca 1,8	3-4,5
OMR 3 Gruvan/ Rödfärgsråvaran	12-17	1,9-2,9	86-114	29-38	4-5	4-6
- utom vägområdet	11,4-15,7	1,7-2,6	79-105	26-35	3,5-4,4	3,5-5,2
- inom vägområdet	1,0-1,4	0,15-0,23	7-9	2,3-3,0	0,30-0,38	0,3-0,5
OMR 4a Norra delen Ingarvsmagasinet	3,4-6,8	0,03-0,3	17-34	ca 2	ca 2	2-3
OMR 4a Lovisadiket Ingarvsmagasinet	ca 2	0,1-0,2	5-10	4-6	4-6	2-4
OMR 5 Hyttberget	1,4-2,6	0,5-0,7	1,4-2,6	3-7	4-8	5-8
OMR 6 Kisbränderna	5-8	0,1-0,2	4-7	4-9	12-50	3-6
OMR 8 Gamla Hergården	2-3	0,5-0,8	2-3	2-5	2-7	2-6
TOTALT OVANSTÄENDE	28-42	3,3-5,2	141-206	45-68	29-78	20-36
TOTAL URLAKNING FRÅN GRUVAVFALLET (OMR 1-9) efter sanering av kisbränderdeponin	33-51	4-7	157-231	52-80	37-94	-

* Reduktionen av metalläckaget från område 3 har delats upp på vad som härrör från vägområdet för väg 50 (beräknat till 8% enligt delrapport 1) och vad som härrör från övriga området. Uppdelningen är nödvändig ur ansvarssynpunkt då Vägverket ansvarar för vägområdet.

RISKREDUKTION (Minskat metalläckage)	KVOT Cd/Fe (*1000)	KVOT Cd/Zn (*1000)
OMR 1 Galbergsm.	0,06	0,73
OMR 3 Gruvan/ Rödfärgsråvaran	0,33	2,3
OMR 4a Norra delen Ingarvsmagasinet	0,07	0,33
OMR 4a Lovisadiket Ingarvsmagasinet	0,67	2,5
OMR 5 Hyttberget	2,5	2,6
OMR 6 Kisbränderna	1,2	1,0
OMR 8 Gamla Hergården	1,5	1,4

Det område där det överlägset största totala metalläckaget av zink, kadmium, koppar och järn kan samlas upp för behandling är område 3 (Gruvan/Rödfärgsråvaran). Enligt gjorda beräkningar svarar detta område ensamt för drygt 40 % av den totalt uppsamlingsbara mängden från de prioriterade områdena (se Tabell 13) för zink, samt upp emot 60 % för koppar, kadmium och järn.

Om fokus i enlighet med miljöriskutredningen läggs vid att främst åtgärda objekt som innehåller en hög andel kadmium (se tabellen till vänster), framträder även Lovisadiket (område 4a),

Hyttberget (område 5), Kisbränderdeponin (område 6) och Gamla Herrgården (område 8) som lämpliga kandidater. Från de två slaggområdena Hyttberget och Gamla Herrgården kan även förhållandevis mycket koppar samlas upp.

Det bör poängteras att mätningar av bly och kadmium (inom vissa områden) endast skett mycket sporadiskt, vilket gör att osäkerheten är stor kring dessa metaller.

Av den uppsamlade metallmängden bedöms mer än 90 % kunna renas med den nya reningsmetoden, och därmed återvinnas i form av olika metallråvaror. Troligen blir reningseffekten i verkligheten över 95 %, speciellt vid höga inkommande metallhalter. I tillståndsansökan för det nya reningsverket har man ansökt om följande riktvärden för utgående vatten: <5 mg/liter för zink och <15 mg/l för järn. Dessa riktvärden gäller för det befintliga reningsverket i Främby och uppfylls med god marginal idag. Liksom idag kommer det renade vattnet att släppas ut i Runn, via gruvvattenledningen till Främby ARV. Det innebär att restmetallerna som blir kvar i vattnet efter rening, inte kommer att belasta Faluån och Tiskan (mätstation Slussen), utan bidra till metalltransporten först i Runn och nedströms.

Ekonomi – anläggs- och driftkostnader

En preliminär kostnadskalkyl för uppsamling av lakvatten i uppsamlingsanordningar, samt rening av lakvattnet i den planerade reningsanläggningen för gruvvatten redovisas i Tabell 14. Kostnaderna är uppdelade på anläggnings- respektive driftkostnader. I tabellerna nedan redovisas kostnaden för att åtgärda vägområdet inom område 3 (Gruvan/Rödfärgsråvaran) separat från övriga området. Orsaken är att Vägverket redan har åtagit sig att anlägga och bekosta en uppsamlingsanordning för metallhaltigt grundvatten inom vägområdet, samt fonderat medel och tecknat ett avtal med Falu kommun om åtgärder för att bidra till att reducera metallurlakningen från gruvavfall till Faluån. Uppsamlingsystemen kommer dock att vara sammankopplade rent fysiskt och därför har utredningen i övrigt hanterat lakvattenuppsamlingen från område 3 som en helhet.

Tabell 14. Uppskattade kostnader för uppsamling och rening av lakvatten för olika områden. Uppsamlingskostnaden är baserad på medelvärden av intervallen för uppsamlingsbara metallmängder och flöden, reningskostnaden är baserad på maxvärden. Reningskostnaderna har uppskattats av Stora Enso.

KOSTNADER FÖR ÅTGÄRDER		UPPSAMLINGSANORDNINGAR		RENINGSANLÄGGNING		TOTALT	
Delområde	Beskrivning (nr enligt karta)	Anläggnings- kostnad uppsamling	Driftkostnad uppsamling	(Del i) anläggnings- kostnad för reningsanl.	Driftkostnad reningsanl.	Summa anläggnings- kostnad	Summa driftkostnad
		(Mkr)	(kkr/år)	(Mkr)	(kkr/år)	(Mkr)	(kkr/år)
Område 1	Galgberget	5,2	70	2,2	192	7,4	262
Område 3	Gruvan/Rödfärgsråvaran	4,7	75	8,0	804	13	879
	delen utöver vägområdet väg 50	4,7	75	7,4	740	12,1	815
	delen vägområdet väg 50	-*	-*	0,6	64	0,6	64
Område 4a	Ingarvsmagasinet	15	70	3,9	360	19	430
	del av 4a Ingarvsmag. Norra delen	13	70	2,9	280	16	350
	del av 4a Lovisadiket	1,7	70	0,83	78	2,5	148
Område 5	Hyttberget/Vändrostar	7	60	0,72	70	7,7	130
Område 6	Kisbränder	3,2	80	2,2	210	5,4	290
Område 8	Ga Herrgården	5,5	125	0,88	80	6,4	205

* För den del av område 3 som utgör vägområdet för väg 50, ansvarar Vägverket för anläggande, drift och underhåll av uppsamlingsanordningar (uppsamlingsanordningarna färdigställdes under år 2004).

Beroende på att det är tekniskt mer eller mindre komplicerat att gå fram med uppsamlingsanordningarna på olika områden, varierar kostnadsbilden för anläggningsarbetet. Driftkostnaderna för uppsamlingsanordningarna är relativt lika för de olika områdena. Huvuddelen av driftkostnaderna utgörs av tillsynskostnader och kostnader för rensning av brunnar och ledningar.

Anläggnings- och driftkostnaderna för reningsanläggningen har beräknats av Stora Enso. Både anläggnings- och driftkostnaderna är i stort sett proportionella mot mängden metaller som ska renas. Det är dock viss skillnad mellan olika metaller. Framförallt är det billigare att rena järn än övriga metaller, tack vare att rensningsprocessen är mindre resurskrävande. Anläggningskostnaden för varje område är beräknad som en del i den totala anläggningskostnaden för reningsanläggningen, och andelens storlek är beroende på hur stort tillskott av metaller området ger.

Vad kostnaden för rening av lakvattnet blir är i slutänden en förhandlingsfråga, som exempelvis inbegriper hur framtida årliga kostnader ska kapitaliseras till ett nuvärde. I Tabell 15 nedan visas kostnadsbilden då de årliga kostnaderna kapitaliserats till nuvärden. Beräkningarna är utförda av Stora Enso. Utgångspunkten är en ränta på 5 % (avkastning på kapital), samt separata avskrivningstider för byggnader (25 år), processutrustning (10 år) och uppsamlingsanordningar (10-33 år).

Tabell 15. Kostnaderna för anläggning och drift kapitaliserade till ett nuvärde.
Beräkningar utförda av Stora Enso.

OMRÅDE	Uppsamlings- anordningar (Mkr)		Renings- anläggning (Mkr)		Totalt (uppsamling och rening) (Mkr)		
	Anlägggn.- kostnad inkl avskrivning	Drift- kostn.	Anlägggn.- kostnad inkl avskrivning	Drift- kostn.	Anlägggn.- kostnad inkl avskrivning	Drift- kostn.	SUMMA
1. Galgberget	11,0	1,4	6,0	3,8	17,0	5,2	22,2
3. Gruvan/Rödfärgsråvaran	10,0	1,5	22,2	16,1	32,3	17,6	49,8
- exkl vägområdet*	10,0	1,5	20,4	14,8	29,7	16,2	45,8
- vägområdet *	-*	-*	1,8	1,3	2,6	1,4	4,0
4a. Ingarvsmagasinet, Norra delen	25,1	1,4	8,1	5,6	33,2	7,0	40,2
4a. Ingarvsmagasinet, Lovisadiket	3,4	1,4	2,2	1,6	5,7	3,0	8,6
5. Hyttberget/Vändrostar	13,4	1,2	1,9	1,4	15,3	2,6	17,9
6. Kisbränderna	5,7	1,6	6,2	4,2	11,9	5,8	17,7
7. Gamla Herrgården	10,3	2,5	2,5	1,6	12,7	4,1	16,8

* För den del av område 3 som utgör vägområdet för väg 50, ansvarar Vägverket för anläggande, drift och underhåll av uppsamlingsanordningar (uppsamlingsanordningarna färdigställdes under år 2004 och betalades av Vägverket).

Ekonomi - kostnadseffektivitet

För att bedöma åtgärdernas kostnadseffektivitet, har den totala kostnaden för uppsamling och rening ställts mot hur mycket metaller som kan samlas upp från respektive område. Här vägs alltså bedömningen av miljönyttan mot de beräknade kostnaderna (MILJÖ/HÄLSA mot EKONOMI i Tabell 12). Resultatet framgår av Tabell 16.

Tabell 16. Kostnadseffektivitet för de olika områdena, redovisat som det kapitaliserade nuvärdet av drift- och anläggningskostnader (Tabell 15) per uppsamlat årston av de olika metallerna.

KOSTNADSEFFEKTIVITET		Järn	Zink	Koppar	Kadmium	Bly
Delområde	Beskrivning	Kostnad som nusumma (Mkr) per uppsamlat årston				
Område 1	Galgberget	0,7	9,0	123	12 300	12 300
Område 3	Gruvan/Rödfärgsråvaran	0,5	3,4	21	1 500	11 700
Område 4a	Ingarvsmagasinet	1,5	6,9	171	7 500	7 500
del av 4a	Ingarvsmag. Norra delen	1,6	7,9	287	23 600	23 600
del av 4a	Lovisadiket	1,2	4,5	61	1 800	1 800
Område 5	Hyttberget/Vändrostar	8,9	8,9	31	3 500	3 000
Område 6	Kisbränder	3,3	2,8	109	2 800	580
Område 8	Ga Herrgården	7,0	6,6	26	4 700	3 500

Generellt är det mest kostnadseffektivt att åtgärda område 3 (Gruvan/Rödfärgsråvaran), sett till samtliga metaller.

Om man fokuserar på uppsamling av kadmium och koppar, så är kostnadseffektiviteten för dessa metaller bra även för Lovisadiket (område 4a) och slaggområdena - Hyttberget (område 5) och Gamla Herrgården (område 8). För uppsamling av zink är åtgärder vid kisbränderdeponin och Lovisadiket (Ingarvsmagasinet) kostnadseffektiva. Kostnadseffektiviteten för bly bedöms inte vara relevant för val av uppsamlingsåtgärd. Dels bygger värdena på mycket osäkra läckagemängder (få analyser), dels finns andra betydande källor till bly i Falun utöver gruvavfallet. En bredare kartläggning (inte bara med avseende på gruvavfall) måste göras ifall man vill göra kostnadseffektiva åtgärder för att reducera blyläckaget i Falun.

Teknik

Att anlägga uppsamlingsledningar ("dränering") för lakvatten från gruvavfall är relativt beprövad teknik. I Falun har en 500 m lång uppsamlingsledning redan anlagts genom rödfärgsråvaran, med anledning av den pågående ombyggnaden av väg 50. Den provpumpas för närvarande och uppvisar hittills god funktion. Vid Kisbränderdeponin finns sedan 1995 uppsamlingsledningar och brunnar för det lakvatten som bildas vid kisbrändertvätten.

Det är dock tekniskt mer eller mindre komplicerat att gå fram med anläggningsarbetet på olika områden. Framförallt är det komplicerat längs Ingarvsmagasinet släntfot mot väg 293, där det är ont om utrymme. Ingarvsdiket rinner mellan magasinet och vägen och det tidvis stora vattenflödet i diket vill man inte ha in i uppsamlingsanordningen. Samtidigt kan man inte lägga uppsamlingen direkt i släntfoten, eftersom risken att skada magasinet syretäta täckning är stor.

Från Ingarvsmagasinet och Lovisaområdet är det en lång sträcka (drygt 700 m) att gå med pumpledning till reningsverket. Tekniskt sett skulle en betydligt enklare lösning vara att leda ner vattnet i gruvan för att därifrån pumpa upp det till reningsverket med länshållningsvattnet.

Vid Galgbergsmagasinet finns mer utrymme, men höjdskillnaderna inom området gör att det blir tekniskt något komplicerat att styra grundvattenflödet med uppsamlingsledningar. Som helhet bedöms dock de tekniska svårigheterna vara måttliga inom detta område.

Inom gruvområdet/Rödfärgsråvaran bedöms det måttligt komplicerat att anlägga uppsamlingsanordningar och erfarenhet finns nu från Vägverkets uppsamlingsanordning längs väg 50. Det är också nära till reningsverket, som kommer att ligga inom området, vid Rödfärgsverket.

Vid kisbränderdeponin finns redan idag en färdig uppsamlingsanordning för det tvättvatten som för närvarande påförs deponin. Här behöver man endast komplettera med tryckledningar från uppsamlingsbrunnarna till det nya reningsverket.

Nedströms Hyttberget finns relativt goda tekniska möjligheter att anlägga uppsamlingsanordningar, dock krävs anläggningsarbeten i gatumark.

Inom område 8, Gamla Herrgården, ligger den tekniska utmaningen i att hitta de stora läckagestråken för grundvattenflödet och kunna samla upp huvuddelen av vattnet med hjälp av horisontella och vertikala brunnar. Uppsamlingseffektiviteten bedöms inte kunna bli lika stor här som på övriga områden (ca 60% jämfört med 85-95% för övriga områden).

Kultur/natur/fritid

Samtliga uppsamlingsanordningar ger i färdigt skick en mycket begränsad inverkan på kulturmiljön, vilket är av stor vikt i världsarvet Falun och det har också varit en utgångspunkt för hela åtgärdsutredningen. Lovisaområdet, vid Ingarvsmagasinet östra släntfot, är intressant ur kulturhistorisk synvinkel och anläggningsarbeten där kräver arkeologisk övervakning. Slaggområdena (Hyttberget och Gamla Herrgården) bedöms också vara kulturhistoriskt intressanta.

Natur- och fritidsintressena bedöms inte påverkas i något av fallen.

Beständighet/långsiktighet

Att samla upp utläckande föroreningar istället för att vidta åtgärder vid källan medför automatiskt att åtgärdens beständighet och långsiktighet kan ifrågasättas. Att driva uppsamlingsanordningar och reningsanläggning kräver relativt omfattande tillsyn och driftunderhåll. Tekniskt sett har uppsamlingsanordningar och reningsverk en begränsad livslängd, vilken har bedömts till ca 10-33 år för uppsamlingsanordningarna och 10-25 år för reningsanläggningen.

Eftersom Stora Enso ansvarar för gruvvattenreningen, finns en säkerhet när det gäller underhåll och reinvesteringar i reningsanläggningen. Falu gruvas status av världsarv, där länsdumpning är en förutsättning för besöksgruvans fortlevnad, medför att långsiktigheten i projektet är mycket god.

Juridik/avtal

I samtliga fall krävs att det nuvarande avtalet mellan myndigheterna och Stora Enso, som ligger till grund för Faluprojektet, uppgraderas eller följs av en ny överenskommelse om kostnads- och genomförandeansvar. En ansvarsutredning har genomförts av Länsstyrelsen i Dalarnas län parallellt med denna åtgärdsutredning.

8.1.5. Åtgärdsförslag

Utifrån riskvärderingen föreslås som förstahandsalternativ att **uppsamlingsanordningar anläggs för lakvattnet från gruvavfallet inom område 3, Gruvan/Rödfärgsråvaran**. Stora mängder metaller kan samlas upp inom detta område. Kostnadseffektiviteten (kostnad per uppsamlad mängd metall) är dessutom god för samtliga metaller vid en åtgärd på området. Andelen kadmium i lakvattnet är relativt hög, samtidigt som i storleksordningen 12-17 ton zink och 2-3 ton koppar kan samlas upp årligen, vilket ligger i linje med det angivna saneringsbehovet.

Att åtgärda område 3 medför inga betydande negativa konsekvenser i övrigt. Inverkan på kulturmiljön blir mycket begränsad, vilket är en förutsättning för att genomföra åtgärden. Sedan tidigare finns goda erfarenheter av att bygga uppsamlingsanordning inom detta område. Därtill är ansvars- och avtalsfrågan relativt väl utredd, eftersom området ingår i avtalet som ligger till grund för Faluprojektet.

Slutsatsen (åtgärdsförslaget) ligger i linje med vad som sagts i tidigare utredningar. I enlighet med Faluprojektets ursprungliga prioriteringsgrupper har grupp 1 (Ingarvsmagasinet och Kisbränderna) åtgärdats eller håller på att åtgärdas, och grupp 2 (Gruvan/Rödfärgsråvaran) står på tur. De övergripande "åtgärdsutredningarna" från 2003 utförda av Envipro miljöteknik och SGI pekar också ut uppsamling vid rödfärgsråvaran som prioriterat, eventuellt tillsammans med uppsamling vid Ingarvsmagasinet och Kisbränderdeponin, beroende på hur Faluprojektets pågående åtgärder utfaller.

Åtgärder inom område 3 är således ett klart förstahandsalternativ. Utifrån dagens kunskaper föreslås en prioriteringsordning för uppsamlingsåtgärder inom övriga områden enligt följande:

- **PRIORITET 2.** Lovisadiket (del av området 4a).
- **PRIORITET 3.** Kisbränderdeponin (område 6), Hyttberget (område 5) samt Gamla Herrgården (område 8).

Att anlägga uppsamling vid Lovisadiket (prioritet 2) är kostnadseffektivt, speciellt med avseende på kadmium. Sett till helheten är dock metallmängderna som kan samlas upp vid Lovisadiket begränsade. Dessutom är området känsligt ur kulturmiljösynpunkt, vilket sammantaget gör att Lovisadiket inte tagits med i föreliggande åtgärdsförslag.

Som prioritet 3 förordas lakvattenuppsamling från *Kisbränderdeponin (område 6)*, samt slaggområdena *Hyttberget (område 5)* och *Gamla Herrgården (område 8)*. Detta åtgärds paket ger en betydande reduktion av metalläckaget, men medför samtidigt relativt stora kostnader. Kostnadseffektiviteten är generellt lägre för dessa områden, framförallt med avseende på kadmium, än för de högre prioriterade områdena. För slaggområdena tillkommer dessutom viss osäkerhet i det tekniska genomförandet, samt att ansvarsfrågan för dessa områden inte berörts i tidigare avtal.

8.2. Mätbara åtgärds mål

De övergripande åtgärds målen har brutits ner till mätbara åtgärds mål enligt följande:

- Den uppsamlade och renade metallmängden från området Gruvan/Rödfärgsråvaran ska uppgå till minst:
 - 31 kg kadmium per år
 - 2,3 ton koppar per år och
 - 14 ton zink per år.

De mätbara åtgärds målen har satts utifrån riskvärderingen; alltså vad de föreslagna åtgärderna (uppsamling av förorenat grundvatten inom område 3, Gruvan/Rödfärgsråvaran) kan uppnå miljömässigt med rimliga tekniska, ekonomiska och övriga insatser. De angivna metallmängderna har beräknats som medelvärde av det angivna intervallet för uppsamlingsbara metallmängder (Tabell 13), reducerat med det uppskattade utsläppet från reningsanläggningen (uppskattad reningseffekt 95 %).

Uppföljning av målet kan ske genom mätning av uppsamlad mängd vatten (summering av inkommande flöde till reningsverket) i kombination med analyser av metallhalten i inkommande och utgående vatten från reningsanläggningen.

9. GENOMFÖRANDE

9.1. Projekteringsdirektiv

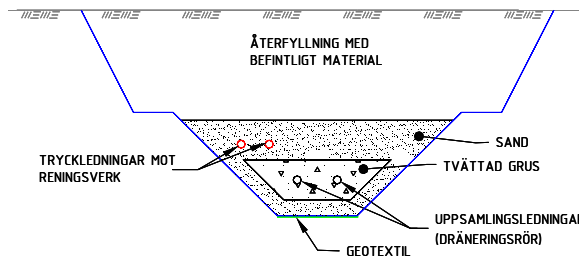
En förprojektering av föreslagen uppsamlingsanordning har genomförts inom ramen för delrapport 2 ("Efterbehandling av gruvavfall i Falun - Beskrivning av åtgärdsalternativ", GVT AB 2004).

Uppsamlingsanordningens projekterade utformning i plan framgår av Figur 24 på följande sida och i sektion av figurerna nedan.



Figur 22. Anläggningsarbeten för uppsamlingsanordning vid väg 50.

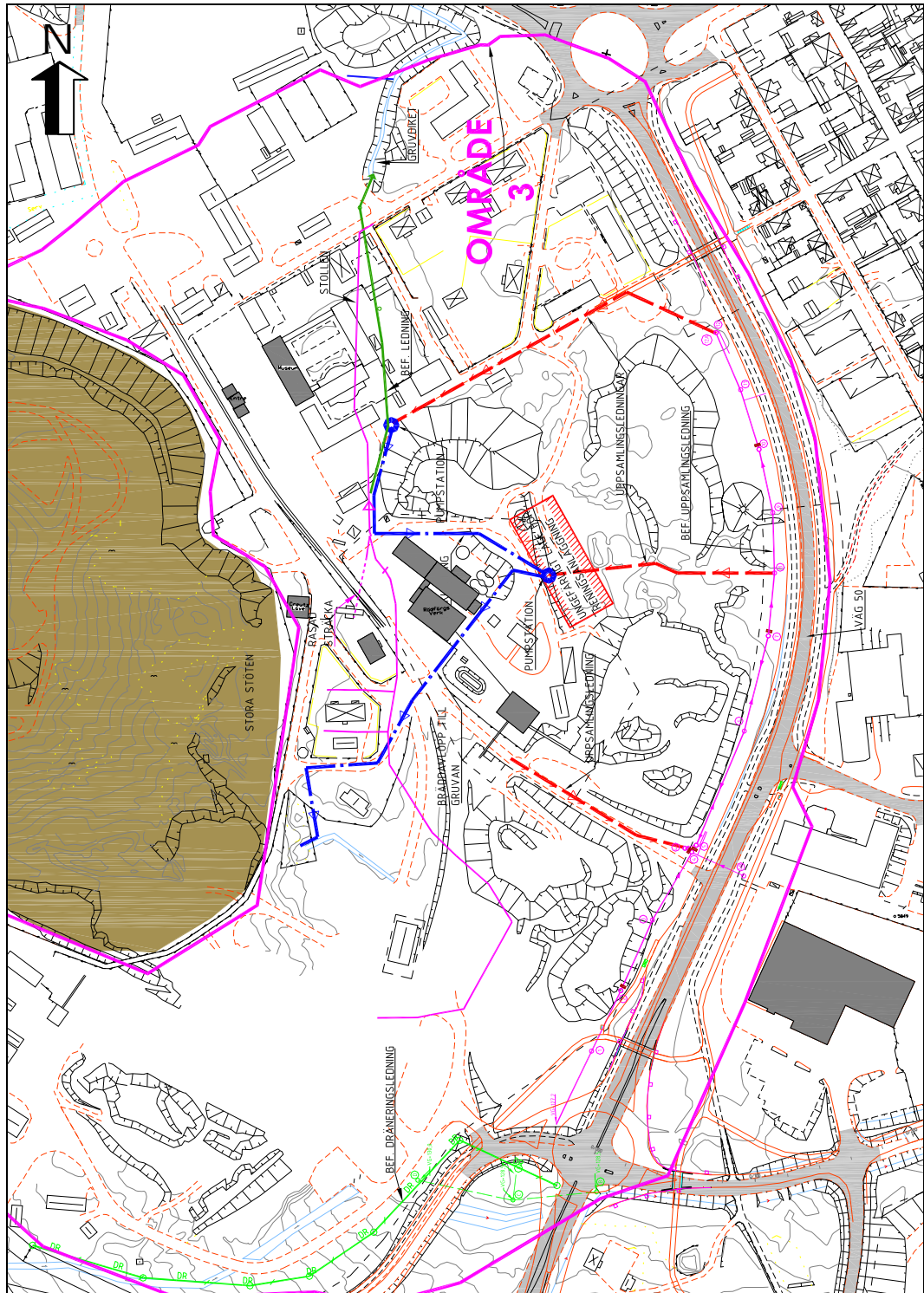
Vid detaljprojektering av uppsamlingsanordningen ska hänsyn tas till erfarenheter från den uppsamlingsledning som redan byggts i anslutning till väg 50, se foto och principsektion till vänster och nedan.



Figur 23. Principskiss för motsvarande tvärsnitt.

Att ta största möjliga hänsyn till områdets kulturmiljö är mycket viktigt vid detaljprojektering och utförande.

Ur teknisk synpunkt är det mycket viktigt att lägga uppsamlingsledningarna på "rätt" nivå i marken. För att kunna samla upp så mycket som möjligt av lakvattnet bör dräneringsledningarna läggas djupt i de vattenförande jordlagren. Samtidigt får inte för stor grundvattenavsänkning ske, eftersom det medför att syre kommer ner i tidigare vattenmättade massor med ökad vittring som följd. För att åstadkomma detta läggs dräneringsledningarna djupt, men nivån i uppsamlingsanordningen styrs så att den bara ligger betydligt under lägsta naturligt förekommande grundvattenyta. Dräneringsledningarna kringfylls med grövre material (grus respektive sand) upp till nivån för högsta naturligt förekommande grundvattenyta, så att grundvattenflödet helt kan fångas upp av uppsamlingsanordningen.



Figur 24. Förslag till utformning av uppsamlingsanordning för område 3, Gruvan/Rödfärgsråvaran.

Järnhalten i grundvattnet är mycket hög, vilket innebär att igensättning av ledningarna kan ske mycket snabbt. För att minska risken för igensättningar gäller det att få en så låg inströmningshastighet som möjligt till ledningarna. Därför läggs två parallella dräneringsledningarna. De parallella dräneringsledningarna bör vara av olika typ, eftersom man idag inte har erfarenhet av vilken sorts ledning som ger minst risk för igensättningar. Vid val av ledning bör man välja en konventionell dräneringsledning med en mängd mindre hål (typ DSA-rör eller likvärdigt) och en typ av ledning där man har ett stort intag och som bör klara igensättningar bättre (typ ESS-drän). På en av ledningarna, t ex DSA-röret, bör rostfria filterrör (längd 3 m) med kontinuerlig slits läggas ca var 24:e meter. Den öppna arean på ett rostfritt filterrör är ca 35-40% (slitsareans andel av den totala mantelarean), vilket vida överstiger andelen för ett vanligt dräneringsrör. Filterrören är även utformade för att kunna spolats effektivt. På det sättet kan man tvätta ur utfällningar i kringliggande sand och i slitsarna.

Under entreprenadtiden kommer läns hållning av schakter att krävas. Vattnet är mycket korrosivt och hänsyn måste tas till det vid val av pumputrustning. Avtal bör träffas med Stora Enso om bortledning av läns hållningsvattnet till gruvan (eller reningsanläggningen om den är i drift och det är lämpligt med hänsyn till processen).

Inför och i samband med detaljprojektering krävs en löpande dialog med ansvariga för den nya gruvvattenreningsanläggningen.

Entreprenadtyper som kan vara lämpliga för denna typ av anläggningsarbete är en generalentreprenad eller en hårt styrd totalentreprenad.

9.2. Direktiv för andra markarbeten inom området

Markarbeten inom området som uppsamlingsanordningarna dränerar, kan lätt påverka grundvattenförhållandena och därmed nedsätta uppsamlingens effektivitet. Förekomsten av inhomogen fyllning i området gör det svårt att förutsäga grundvattenflödet i detalj. Anläggs ledningsgravar och liknande som får hydraulisk kontakt med uppsamlingsanordningar, eller med partier av grov sammanhängande fyllning, kan de dränera av stora mängder metallförorenat grundvatten.

Direktiv för markarbeten inom området bör därför upprättas. Planbestämmelser, utnämning till miljöriskområde, samt avtal med markägare är verktyg som kan användas för att styra framtida markarbeten inom området.

9.3. Tillstånd – anmälningar – lov

Stora Enso har hos länsstyrelsen ansökt om tillstånd för den nya reningsanläggningen för gruvvattnet och eventuellt tillkommande metallförorenat grund-/ytvatten från andra gruvavfallsobjekt.

För att samla upp metallförorenat grund-/ytvatten inom delområde 3 i enlighet med vad som redovisas i åtgärdsförslag och projekteringsanvisningar behövs följande myndighetsprövningar:

- Tillstånd enligt kulturminneslagen.
- Anmälan till tillsynsmyndigheten om efterbehandlingsåtgärd enligt förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd.

9.4. Miljökontroll

9.4.1. Samlad kontroll av metalläckaget från gruvavfall i Falun

Uppföljningen av metallurlakningen från gruvavfallet som helhet, förutsätts ske genom fortsatt samordning av Faluprojektets kontrollprogram, Stora Ensos kontroll av Galbergsmagasinet samt Dalälvens Vattenvårdsförenings kontrollprogram (se avsnitt 4.2 "Referensprogram"). Inom dessa program finns redan långa mätserier och det är viktigt med fortsatt kontinuitet i dessa.

Metalltransporten och den biologiska effekten i recipienten kommer att variera mellan olika år beroende naturliga variationer i klimat och andra bakgrundsfaktorer, som i sin tur påverkar såväl grundvattennivåer och metallurlakning som metallernas biotillgänglighet i recipienten. Mot den bakgrunden måste uppföljning av både enskilda åtgärder och Faluområdet som helhet fortgå i nuvarande omfattning i åtminstone 10-15 år efter det att Faluprojektets åtgärder avslutats.

Faluprojektets kontrollprogram och kontrollprogrammet för Galbergsmagasinet

Faluprojektets kontrollprogram är fokuserat på provtagning i ytvattendrag nedströms åtgärdsobjekten och de historiskt största föroreningskällorna. Zink har använts som indikator på åtgärdseffekten. Den miljöriskbedömning som nu utförts visar på ett saneringsbehov för i första hand kadmium.

Mot bakgrund av Faluprojektets angreppssätt med stegvisa åtgärder bedöms det angeläget att kontrollprogrammet utformas så att det både särskiljer effekten av nu genomförda/planerade åtgärder och metallurlakningen från de objekt som eventuellt kan bli föremål för åtgärder på längre sikt (10 - 15 år framåt i tiden). Det senare gäller i första hand: Lovisadiket (del av område 4a) samt slaggområdena Hyttberget (område 5) och Gamla Herrgården (område 8).

I Ingarvsdiket har kadmiumhalten det senaste året legat under analysmetodens detektionsgräns, vilket motiverar val av annan analysmetod. Järnanalysen ingår inte i kontrollprogrammet sedan revideringen 1999. Eftersom järn påverkar

tungmetallernas omsättning, bör järnanalyser återinföras i kontrollprogrammet. Det finns indikationer på att blyhalten kan ha ökat i Runn – varför programmet även bör kompletteras med blyanalyser.

Mot denna bakgrund bör kontrollprogrammet generellt revideras så att alla provpunkter omfattar samtliga "gruvavfallsmetaller" och att analysnoggrannhet förbättras för bland annat kadmium.

I länsstyrelsens beslut 2004-09-20 vad avser avslutningsplan för Ingarvsmagasinet föreskrivs att provtagning av yt- och grundvatten ska ske i enlighet med tillämpliga delar i Naturvårdsverkets föreskrifter NFS 2001:14 §9, samt att förslag till kontrollprogram ska inlämnas till länsstyrelsen senast 2005-01-03.

Faluprojektets nuvarande kontrollprogram bör omgående bli föremål för uppdateringar så att ett reviderat kontrollprogram kan tas i drift från och med januari 2005. Revideringen ska både omfatta provtagningspunkter och analysparametrar.

DVVF – samordnad recipientkontroll

Den samordnade recipientkontrollen i DVVF:s regi förutsätts fortsätta enligt gällande program. Av stor vikt för referens- och uppföljningsmätning av efterbehandlingsåtgärder i Falun är stationerna Varpans utlopp (nr 25, uppströms Faluån), Kristinebron (nr 26A, i Faluån) och Slussen (nr 26, Tiskens utlopp i Runn, nedströms Faluån), samt stationerna i Runn och Dalälven. För att belysa de övergripande åtgärdsmålen i föreliggande huvudstudie bör programmet även kompletteras med årliga undersökningar av metallhalter i abborre från Tisken, samt provfiske med översiktsnät vart femte år. DVVF:s kontrollprogram, som är fastställt av länsstyrelsen, innehåller redan dessa moment i bl a Runn.

Övrig miljökontroll

Eftersom vattenavrinningen från det område som föreslås efterbehandlas (Gruvan/Rödfärgsråvaran) till viss del sker via grundvattnet ner genom stadskvarteren, där det läcker in i avloppsledningar, fastläggs en del metaller i slammet vid Främby avloppsreningsverk. För den framtida uppföljningen av metallbalanser i Falun är det viktigt att både avloppsslammet och utgående vatten från reningsverket analyseras med avseende på samtliga "gruvmetaller" inom ramen för Falu Energi & Vattens egenkontroll.

Sammanfattning – ytvatten och recipientkontroll

Om den revidering av Faluprojektets kontrollprogram som förordas i det ovanstående genomförs – vilket är motiverat oberoende av om ytterligare åtgärder genomförs eller ej – så behövs ingen ytterligare komplettering, vad avser ytvatten/bäckar för att följa upp nu föreslagen efterbehandlingsåtgärd.

Dalälvens vattenvårdsförenings recipientkontrollprogram behöver inte heller kompletteras – fränsett eventuell fiskundersökning i Tisken enligt förslaget ovan.

I nedanstående avsnitt 9.4.3 "Åtgärdsuppföljning" redovisas det kontrollprogram som behövs för att följa upp de i kapitel 8.2 angivna åtgärdsmålen.

9.4.2. Kontroll under byggtiden

Under entreprenadtiden kommer läns-pumpning av schakter att krävas. Kontroll av läns-pumpningsvattnet bör utföras, även om det rör sig om små vattenmängder. I övrigt bedöms inte någon kompletterande miljökontroll krävas under entreprenadtiden.

9.4.3. Åtgärdsuppföljning

När reningsanläggningen tagits i drift införs flödes- och haltmätningar av det uppsamlade lakvattnet, vilket krävs som ingångsdata för driftstyrning av reningsanläggningen. Omfattningen av driftkontrollen (frekvens, val av analysparametrar) kommer att vara tillräcklig för att möjliggöra beräkning av årlig uppsamlad och renad mängd metaller. Analysparametrar och analysnoggrannheter samordnas i tillämpliga delar med vad som i ovanstående avsnitt sagts om Faluprojektets kontrollprogram.

Kontroll och uppföljning ska även inkludera mätning av grundvattennivåer kring uppsamlingsledningar och vattennivån i nivåregleringsbrunnar. Dessa mätningar är viktiga både för driftstyrning och för uppföljning av uppsamlingseffektiviteten och grundvattennivåns inverkan på vittringsförloppet.

Uppföljningen av metalltransporten i Gruvdiket och Gruvbäcken inom ramen för Faluprojektets kontrollprogram förutsätts fortsätta, liksom DVVF:s mätningar i Faluån, Runn och Dalälven.

9.5. Myndighetskontakter och information

Information om huvudstudien till myndigheter och berörda har skett genom att en projektgrupp bildats, som sammanträtt löpande under projektets gång. I projektgruppen har ingått representanter för Länsstyrelsens miljövårdsenhet, Länsstyrelsens kulturmiljöenhet, Gatukontoret i Falu kommun, Stora Enso, SGU, samt konsulter från GVT och Svensk MKB.

9.6. Slutlig ansvarsutredning

I delrapport 3 "Ansvarsutredning för efterbehandling av metallurlakning från gruvvarp och rödfärgsråvara gruvavfall vid Falu gruva" sammanfattas länsstyrelsens bedömning av ansvarsförhållandena enligt följande:

"Den 24:e september 1992 undertecknades "Avtal avseende åtgärder för att minska metalläckage från gruvavfall i Falun" mellan Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag (nuvarande Stora Enso) och de tre tillsynsmyndigheterna dvs. Statens naturvårdsverk, Länsstyrelsen i Kopparbergs län och Miljönämnden i Falun. De efterbehandlingsåtgärder (dvs. rening av metallförorenat grund-/ytvatten från gruvvarp och rödfärgsråvara) som föreslås i huvudstudien 2004-11-25 ingår i detta avtals prioritetsgrupp 2 dvs. de objekt som Stora Enso och tillsynsmyndigheterna

enligt avtalet är ense om att åtgärda när kisbränderna och Nya Sandmagasinet efterbehandlats.

Stora Enso har fullgjort sina ekonomiska förpliktelser enligt avtalet. Det finns inte någon verksamhetsutövare/fastighetsägare som har ett ekonomiskt ansvar för de efterbehandlingsåtgärder som föreslås i huvudstudien 2004-11-25.

Kostnaden för de efterbehandlingsåtgärder som föreslås i huvudstudien 2004-11-25 dvs. i storleksordningen 45 miljoner kronor inryms inom den ram som regeringen godkänt 1992-12-17. Naturvårdsverket har genom sitt regleringsbrev fått i uppdrag att fullgöra statens ekonomiska förpliktelser enligt avtalet.

Faluprojektets styrgrupp har att ta ställning till huvudstudien 2004-10-15 och dess förslag till efterbehandlingsåtgärder samt initiera de åtgärder som bedöms angelägna inom ramen för avtalet 1992-09-24 och statens ekonomiska åtagande genom regeringsbeslutet 1992-12-17."

9.6.1. Huvudmannaskap

Länsstyrelsen har i ansvarsutredningen (delrapport 3) bedömt att det är Faluprojektet som bör ta initiativ till att genomföra efterbehandlingsåtgärder i enlighet med föreliggande huvudstudie.

Stora Kopparbergs Bergslags AB är det företag inom Stora Enso-koncernen som ansökt om tillstånd för drift av reningsanläggningen för gruvvatten.

Mot den bakgrunden bör en samordning ske så att Faluprojektet initierar den föreslagna efterbehandlingsåtgärden hos länsstyrelsen (för senare beslut hos naturvårdsverket) men Stora Kopparbergs Bergslags AB ansvarar både för anläggning av uppsamlingsanordningarna och dess framtida underhåll samt den långsiktiga reningen av uppsamlat lakvatten, inklusive drift- och miljökontroll.

9.6.2. Finansiering

I enlighet med länsstyrelsens ansvarsutredning (delrapport 3) finns inte någon fastighetsägare eller verksamhetsutövare som kan anses ha något ansvar att delfinansiera uppsamling och rening av metallförorenat grund-/ytvatten från området med rödfärgsråvara/gruvvarp mellan väg 50 och Stora Stöten.

Stora Enso har genom delfinansiering med 60 miljoner redan fullgjort sina ekonomiska förpliktelser när det gäller de efterbehandlingsåtgärder som omfattas av avtalet, d v s bland annat nu aktuellt område med rödfärgsråvara/gruvvarp. Den nu föreslagna åtgärden till en totalkostnad av ca 45 miljoner kr (exklusive vägområdet för väg 50) ska helt (100 %) finansieras med statliga efterbehandlingsmedel.

9.7. Planering och budgetering av fortsatta arbeten

9.7.1. Planering

Följande aktiviteter ska ingå i det fortsatta arbetet.

Förberedelseskedet

- Upprätta förfrågningsunderlag (detaljprojektering, bygghandlingar)
- Upprätta anmälningar/ansökningar om tillstånd och genomföra de samråd som krävs.
- Genomföra referensmätningar.
- Genomföra upphandling av entreprenadarbeten.

Genomförandeskedet - anläggningsfas

- Genomföra entreprenadarbeten, inklusive egenkontroll.
- Utföra byggledning, d v s utförandekontroll, resultatkontroll, miljökontroll, mängdreglering m m.
- Utföra kontroll enligt miljökontrollprogram.
- Upprätta relationshandlingar.
- Genomföra slutbesiktning och åtgärda eventuella besiktningssanmärkningar.

Genomförandeskedet - driftfas

- Utföra löpande drift- och underhåll av uppsamlingsanordningar och reningsanläggning, med tillhörande egenkontroll.

Uppföljningsskedet

- Utföra garantibesiktning och åtgärda eventuella besiktningssanmärkningar.
- Genomföra uppföljningsmätningar enligt kontrollprogram
- Utvärdera efterbehandlingsresultatet och bedöma dess miljöeffekter.

9.7.2. Budgetering

Kostnaden för uppsamling och rening av metallförorenat grundvatten inom delområde 3 har delats upp i anläggnings- och driftkostnader. Baserat på avskrivningstider på mellan 10 och 33 år för skilda delar av anläggningarna samt en ränta på 5 % beräknas totalkostnaden till närmare 50 miljoner kronor – som ett kapitaliserat nuvärde. Det utgör således det engångsbelopp som Stora Enso (Stora Kopparbergs Bergslags AB) beräknar erfordras för att de ska kunna åta sig att för all framtid svara för underhåll av anläggningar och rening av metallförorenat lakvatten från detta område. Även kostnaden för drift- och miljökontroll ingår i detta belopp.

Enligt beräkningar redovisade i delrapport 1 härrör 8 % av uppsamlad metallmängd inom delområde 3 (och därmed motsvarande kostnadsandel) från vägområdet till väg 50. Vägverket har redan åtagit sig att anlägga och bekosta en uppsamlingsanordning för metallhaltigt grundvatten inom vägområdet, samt fonderat medel och tecknat ett avtal med Falu kommun om åtgärder för att bidra till att reducera metallurlakningen från gruvavfall till Faluån.

Kostnaden för resterande del (92 %), d v s den åtgärd som föreliggande ansvarsutredning avser, utgör då i storleksordningen 45 miljoner kronor. Kostnader för projektering och upphandling inklusive ansökningshandlingar tillkommer – den bedöms uppgå till ca 0,3-0,4 Mkr.

Stora Enso (Stora Kopparbergs Bergslags AB) avser att påbörja projektering och byggnation av den nya reningsanläggningen för gruvvatten under 2005. Anläggningen kommer att kunna tas i drift under 2006. Statliga medel för den efterbehandlingsåtgärd som föreslås i föreliggande huvudstudie erfordras således under 2006.

Miljövårdsenhetens rapportserie

1969:1	Naturinventering av fyra domän-reservat i Älvdalens kommun	1976:8	Alderängarna, inventering samt förslag till skötselplan, Mora kn	1982:4	Skyddsvärda fågelmyrar i Kopparbergs län
1970:1	Dalälven, den preglaciala älvfåran från Mora till Avesta	1976:9	Naturinventering av Styggforsen, Rättviks kn	1982:5	Inventering av skjutbanor i Kopparbergs län
1971:1	Översiktlig naturinventering av Nedre dal-älvområdet	1976:10	Översiktlig naturinventering av Borlänge kn	1982:6	Naturinventering av Juttulslätten, Älvdalens kn
1971:2	Naturvårdsinventering av Sugnet, Rödberg, och Norra Trollegrav i Älvdalens kn	1977:1	Rommeled, naturinventering med förslag till dispositions- och skötsel-plan, Borlänge kn	1982:7	Skyddsområden för grundvattentäkter inom Kopparbergs län
1971:3	Naturvårdsinventering av Gyllbergsområdet i Borlänge kommun	1977:2	Dokumentation av Furudalsdeltat i Ore, Rättviks kommun	1982:8	Inventering och planering av Finnbo-Kårarvsbrotten i Falu kommun
1972:1	Allmän översiktlig naturvårdsinventering av Falu kommun	1977:3	Sälenfjällen, inventering av natur och friluftsliv, Malungs kommun	1983:1	Översiktlig naturinventering för Dalafjällen, Malungs- och Älvdalens kommun
1972:2	Inventering av Fulufjällsområdet. Älvdalens kn.	1977:4	Inventering av naturreservatet Långfjället - geologi, geomorfologi, friluftsliv, Älvdalens kn	1983:2	Naturinventering av Nybrännberget - Styggberget - Råklacken, Ludvika kommun
1972:3	Översiktlig naturvårdsinventering av faunan vid Hovran och Trollbosjön, Hedemora kn	1977:5	Skyddsområden för grundvattentäkt inom Kopparbergs län	1983:3	Översiktlig naturinventering för Leksands kommun
1972:4	Inventering av Säterdalen, del 1	1977:6	Eggarna, Näset, Öjarna, geoveten-skapliga naturvårdsobjekt vid Yttermalung, Malungs kn	1983:4	Inventering av Limsjön, Leksands kommun
1972:4	Inventering av Säterdalen, del 2	1977:7	Försurning av sjöar i Kopparbergs län	1984:1	Översiktlig naturinventering för Malungs kn
1973:1	Inventering av naturreservatet Lugnet-Sjulsarvet, Falu kommun	1978:1	Holmsjöarna - en naturinventering, Borlänge och Sätters kommuner	1984:2	Översiktlig naturinventering för Orsa kommun
1973:2	Inventering av Stora Rensjön, Långsjöblecket och Södra Trollegrav i Älvdalens kommun	1978:2	Inventering av grottor i Kopparbergs län	1984:3	Geovetenskapliga naturvärden inom Dal-älvområdet mellan älvsamman-flödet och Avesta
1973:3	Fågelinventering av Fulufjället, Älvdalens kn	1978:3	Inventering av Vedungsfjällen - geomorfologi, zoologi och rörligt friluftsliv, Älvdalens kn	1984:4	Dokumentation av istida landformer, isavsmältning och högsta kustlinje i Våmådalen och Orsasjöns randområden
1974:1	Bäverförekomsten i Kopparbergs län	1978:4	Harmsarvet, inventering av naturförhållanden, jämte förslag till dispositions- och skötselplan, Falu kommun	1985:1	Översiktlig naturinventering för Älvdalens kn
1974:2	Frostbrunnsdalen, inventering och planering, Borlänge kommun	1978:5	Naturinventering av Hällaområdet, Malungs kn	1985:2	Översiktlig naturinventering för Mora kommun
1974:3	Botanisk inventering av urkalks-områden i Kopparbergs län	1978:6	Översiktlig naturinventering av Sätters kommun	1985:3	Nedre Dalälvområdet - en inventering av fem objekt i W-län, delen Tyttbo och Jugansboforsen
1974:4	Dalälven: rapport över 1972-73 års vattenundersökning	1978:7	Inventering av naturreservatet Hartjärn, Gagnefs kn	1985:4	Nedre Dalälvområdet - en inventering av fem objekt i W-län, delen Oxholmen, Storgundet och Mestaön
1974:5	Grustillgångar och grusförbrukning i Kopparbergs län	1978:8	Inventering av naturreservatet Bösjön, Mora kn	1985:5	Morafältet - Skandinavians största fossila flygsandfält - en sammanställning av geologiska litteraturuppgifter
1974:6	Naturvårdsinventering av Tvärstupet, Borlänge kommun	1978:9	Skyddsområden för grundvattentäkter inom Kopparbergs län	1986:1	Översiktlig naturinventering för Vansbro kn
1974:7	Naturvårdsinventering av Realsbo hage, Hedemora kommun	1979:1	Översiktlig naturinventering av Avesta kommun	1986:2	Inventering av grus och alternativa material i södra W-län
1974:8	Fågelsjöar i Kopparbergs län	1979:2	Översiktlig naturinventering av Gagnefs kn	1986:3	Värdefull natur i W-län - sammanställning inför naturvårdsprogram
1975:1	Blocksänkorna i Hytting, Borlänge kommun	1979:3	Vattentäkter i Kopparbergs län	1986:4	Gåsberget - en skogsbiologisk inventering i W-län
1975:2	Siljansbygden runt, planering av vandrings-, rid- och cykelled i siljansbygden, Mora, Leksand, Rättviks och Orsa kommuner	1979:4	Kalkningsresultat i Trysjön, St. Låsen och N Almsjön, Gagnefs, Ludvika och Malungs kommuner	1988:1	Naturvårdsprogram för Kopparbergs län
1975:3	Översiktlig naturvårdsinventering av Hedemora kommun	1979:5	Naturinventering av Grövdalen, Älvdalens kn	1988:2	Dalälvens vatten 1965 - 86
1975:4	Inventering av idrotts- och fritidsanläggningar i W län	1979:6	Naturinventering av Tandövala-området, Malungs kommun	1989:1	Kalkningseffekter i Hävlingens vattensystem
1975:5	Geomorfologisk utredning av Kungsgårdsholmarna, Avesta kn	1979:7	Försurning av sjöar del II (del I - 1977:7)	1989:2	Kalkningseffekter i Foskan och Brunnan
1975:6	Inventering av Byåsen, Avesta kn	1980:1	Avloppsförhållanden i Kopparbergs län	1989:3	Regional miljöanalys för Kopparbergs län
1975:7	Inventering av Trollaldalen, Gagnefs kommun	1980:2	Översiktlig naturinventering av Smedjebackens kommun	1990:1	Transtrandfjällens skogar - en naturvårdsinventering av vårt sydligaste fjällområde
1975:8	Murbodäljorna, Borlänge kommun	1980:3	Inventering av Skattungbyfältet, en israndbildning kring högsta kustlinjen, Orsa kommun	1990:2	Våtmarker i Kopparbergs län
1975:9	Kopparbergs läns sjöar	1980:4	Gårans framtida utnyttjande som recepiet för avloppsvatten, Hedemora kommun	1991:1	Försurningsituationen i några sjöar och vattendrag i Kopparbergs län. En studie av bottenfauna 1969 till 1989.
1975:10	Skattlösbergs by och dess slätterängar, Ludvika kommun	1980:5	Entomologisk inventering av Birtjärnsberget, Vansbro kommun	1991:2	Försurningsutvecklingen i Kopparbergs län. En jämförande studie av bottenfaunamaterial insamlat 1975 - 81 och 1990.
1976:1	Inventering och planering av sjön Ärten "ametistsjön", Vansbro kommun	1981:1	Dalälven. Den preglaciala älvfåran från Mora till Avesta	1993:1	Dalarnas ängar och betesmarker
1976:2	Bysjöholmarna, Avesta kommun	1981:2	Naturvårdsinventering av Hykjeberget, Älvdalens kommun	1993:2	Inventering av grus och krossberg i Vansbro och Malungs kommuner
1976:3	Översiktlig natur- och landskaps-vårdsinventering av Österdalälvens dalgång från Idre till Mora, Älvdalens och Mora kommuner	1981:3	Naturvårdsinventering av Lybergsgnupen, Malung och Mora kommuner	1994:1	Värdefulla odlingslandskap i Dalarna
1976:4	Översiktlig naturinventering av Ludvika kn	1981:4	Översiktlig naturvårdsinventering av Långfjället - Rogenområdet, Älvdalens och Härjedalens kommuner	1994:2	Hovran. En utredning om CW-området
1976:5	Inventering och analys av den odlade bygden runt Siljan. Leksands, Rättviks, Mora och Orsa kommuner, del 1	1982:1	Bonäsället en inventering av insektlivet, Mora kommun	1994:3	Mossor och lavar vid Jätturn
1976:5	Inventering och analys av den odlade bygden runt Siljan. Leksands, Rättviks, Mora och Orsa kommuner, del 2	1982:2	Flodpärlmusslan <i>Margaritifera margaritifera</i> - en litteraturstudie	1994:4	Skyddsvärd naturskog i Mora. En inventering 1991-1992
1976:6	Avfallsanläggningar i Kopparbergs län	1982:3	Översiktlig naturinventering av Rättviks kommun	1994:5	Kalkningseffekter i Hävlingens vattensystem
1976:7	Inventering samt förslag till skötselplan för naturreservatet Stådan-Nipfjället, Älvdalens kn			1994:6	Valuable nature in the Loodi area, Viljandi county

1995:1	Koppången En inventering av de skogliga naturvärdena inom Koppångenområdet	2000:14	Pappersindustrin i Dalarna – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark	2004:08	Inventering av sandödda i Dalarnas län.
1995:2	Skyddsvärd naturskog i Orsa			2004:20	Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Industriområden längs Runns norra strand.
1995:3	Inventering av grus och krossberg inom Siljansregionen	2000:15	Aluminiumfabriken i Månsbo – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark	2004:21	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2003. DVVF.
1996:1	Tjåberget. En inventering av de skogliga naturvärdena inom Tjåbergområdet	2000:16	Månsbo kloratfabrik – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark	2004:22	Ämnes transporter i Dalälven 1990-2003. Temarapport, DVVF.
1996:2	Kallbolsfloten. En inventering av de skogliga naturvärdena på Kallbols-floten	2000:17	Gruvavfallsundersökningar i Stollbergsområdet.	2004:23	Avloppsreningsverk i Dalarnas län.
1996:3	Markens och det ytliga grundvattnets försurningskänslighet i W-län	2000:18	Vattenundersökningar i Nyängsån	2004:24	Program för regional uppföljning av miljömål och åtgärder i Dalarna 2004-2006.
1996:4	Inventering av glacialrelikta kräftdjur i Dalarna	2000:19	Vattenundersökningar i Stollbergsområdet	2005:01	Brand i Fulufjällets nationalpark.
1996:5	Järv, lodjur och varg i renkötsel-området. Inventeringsresultat 1996	2000:20	1997 års regnkatastrof i Fulufjällsområdet	2005:5	Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Kemiindustrisektorn – kemtvättar.
1997:1	Tillståndet i Dalarnas sjöar i oktober 1995	2001:01	De mest värdefulla och skyddsvärda naturskogarna i Mora och Orsa. En prioritering och värdering.	2005:7	Rättvikhsheden Inventering av naturvärden inom Enån - Gärdöfältet – Ockrandalgången, förslag till skydd och skötsel.
1997:2	Regional övervakning av skogs-områden i Dalarna	2001:03	Grunuflot. En skoglig naturvärdesinventering av ett myrområde i Orsa kommun.	2005:10	Trädgränsen i Dalafjällen, del 1 o 2.
1997:3	Övervakning av faunan i fjällen, programföreläsa	2001:04	Vattenkemiska förändringar i ett 40-tal sjöar i Dalarna mellan 1934, 1974 och 1996.	2005:13	Regional förvaltningsplan för stora rovdjur i Dalarnas län.
1997:4	Dalarnas urskogar	2001:08	Vattentäkter i Dalarnas län	2005:14	Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – Gruvindustri.
1997:5	Dalälvens vattenkvalitet 1990 - 1995	2001:14	Dalarnas landmollusker	2005:16	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2004.
1997:6	Smådjuren i Dalarnas vattendrag	2001:15	Bedömningsgrunder för fysisk påverkan – Pilotprojekt med Dalälvens avrinningsområde som exempel	2005:19	Metallhalter i dricksvatten från borrhållar i Dalarnas län
1997:7	Karaktärisering av tre sjöar i Dalarna med hjälp av System Aqua - inventering av makrofyter	2001:17	Järv, lodjur och varg i renkötsel-området. Inventeringsresultat 2001	2005:21	Fisk- och kräftodlingsverksamhet i Dalarnas län – nulägesbeskrivning 2004.
1997:8	Exploatering och miljöpåverkan i ett fjällområde - historik och utveckling i Transtrandsfjällen	2001:18	Vattenkemiska effekter av våtmarkskalkning i Skidbådbäcken		
1997:10	Järv, lodjur och varg i renkötsel-området, resultat från 1997 års inventering	2001:19	Årsrapport för samordnad recipientkontroll i Dalälven 2000. Dalälvens vattenvårdsförening.		
1997:11	Censusing spring population of willow grouse and rock ptarmigan	2002:03	De rinnande vattnen på Fulufjäll - fiskbestånd, bottenfauna, och lavar i vattendrag på Fulufjället. Inventeringar 2000-2001.		
1998:3	The environmental status of the river Dalälven drainage basin	2002:04	Fulufjällets omland, reserapport Abruzzo		
1998:4	1997 års provfisker inom naturreservaten i norra Dalarna	2002:10	Skalbaggsfaunan på Fulufjället		
1998:5	Miljön i Dalarna – strategi för regional miljö (STRAM), ca 150 sidor.	2002:12	Falu gruva och tillhörande industrier - industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.		
1998:6	Miljön i Dalarna – kortversion, 17 sidor	2002:13	Fågelfaunan på Fulufjället		
1998:7	Årsredovisning för "Typområde på jordbruksmark" (JRK), Dalarnas län	2002:16	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2001. DVVF.		
1998:7	Försurat eller naturligt surt? En undersökning av den historiska pH-utvecklingen i tre sjöar i Gyllbergen	2002:17	Närsalter i Dalälven 1990-2000. Temarapport, DVVF.		
1998:11	Fulufjällets omland	2002:18	Fjällförvaltningen. Ansvarig Hasse Ericsson		
1998:12	Nätverksaktion färgkemikalier	2002:20	Fulufjällets omland. Etapp III. Slutrapport.		
1998:14	Samordnad vattendragskontroll 1997. Dalälvens vattenvårdsförening	2003:05	Inventering av näringsläckage från små vattendrag i Dalarnas jordbruksområden.		
1998:17	Järv, lodjur och varg i renkötselområdet, rapport från 1998	2003:09	Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Massa- och pappers-industri, träimpregnering och sågverk.		
1999:2	Årsredovisning för "typområde på jordbruksmark" (JRK) – Mässingsboån och observationsfältet Haganäs, 1997-98	2003:10	Dalarnas miljömål, remissupplaga.		
1999:3	Svaveladsorbition i morän på Gyllbergen.	2003:15	Kemiska och biologiska effekter vid sodabehandling av försurade ytvatten i Dalarnas län		
1999:5	Förorenad mark i Dalarnas län	2003:18	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2002.		
1999:9	Rapport om jaktfalken i W Z AC och BD län.	2003:19	Dalarnas miljömål		
1999:13	1998 års provfisker inom naturreservaten i norra Dalarna. Delrapport II	2003:22	Beslut om och yttranden över Dalarnas miljömål		
1999:14	Fulufjällsringen. En vision och framtidsstrategi	2003:23	Användning av fjärranalys och GIS vid tillämpning av EU:s ramdirektiv för vatten i Dalälvens avrinnings-område.		
1999:16	Metaller i Dalälven – förekomst & ursprung, trender & samband, naturligt & antropogent. Dalälvens vattenvårdsförening.	2003:24	Provfiskade sjöar i Dalarnas län 2000 – 2002 – Biologisk uppföljning av kalkade vatten.		
1999:17	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 1998. Dalälvens vattenvårdsförening.	2003:25	Provfiskade vattendrag i Dalarnas län 2000 – 2002 – Biologisk uppföljning av kalkade vatten.		
2000:7	Gyllbergens sjöar och vattendrag	2003:26	Analys av skogarna i Dalarnas och Gävleborgs län. - Prioriteringsstöd inför områdesskydd.		
2000:9	Årsrapport för samordnad recipientkontroll i Dalälven 1999. DVVF	2003:27	Utvärdering av metod för övervakning av skogsbiotoper.		
2000:10	1999 års provfisker inom naturreservaten i Norra Dalarna. Delrapport III.	2004:07	Surstötter i norra Dalarna 1994-2002.		
2000:11	Fredriksbergs pappersbruk – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark				
2000:12	Falu gasverk – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark				
2000:13	Turbo pappersbruk – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark				