

Miljöpåverkan från översvämningar

Bengt Rosen, Lovisa Moritz och Jenny Norrman SGI
Maria Nilsson och Karl-Erik Kulander Räddningsverket

Räddningsverkets kontaktperson:
Karl-Erik Kulander, Enheten för miljö och kärnenergi, telefon 054-13 50 72

Innehållsförteckning

1	SAMMANFATTNING	4
2	BAKGRUND OCH SYFTE	5
3	MILJÖPÅVERKAN VID ÖVERSVÄMNINGAR	6
3.1	HUR HAMNAR MILJÖFARLIGA ÄMNER I ÄLVVATTNET?	6
3.2	VAD KAN SKE MED FÖRORENAT ÄLVVATTEN?	6
3.3	VILKA SKADOR KAN UPPSTÅ?	7
3.4	MILJÖPOTENTIAL – INNEHÅLL I DAMMAR OCH DEPONIER	7
4	NOTERAD MILJÖPÅVERKAN FRÅN ÖVERSVÄMNINGAR	10
4.1	NATURLIGA ÖVERSVÄMNINGAR	10
4.1.1	Södra Norrland 2000	10
4.1.2	Värmland, Dalsland och områden kring Väneren 2000	11
4.2	GRUVDAMMSOLYCKOR.....	14
4.2.1	Inez, Martin County, Kentucky, USA	14
4.2.2	Baia Mare, Rumänien	15
4.2.3	Aznalcólar, Los Frailes, Spanien	15
4.2.4	Aitik.....	16
5	KARTERING OCH KLASSIFICERINGSSYSTEM FÖR MILJÖPÅVERKAN VID ÖVERSVÄMNINGAR	18
5.1	RISKOBJEKT	18
5.2	SKYDDSOBJEKT.....	19
5.3	DEFINITION AV MILJÖPÅVERKAN	19
5.4	AVGRÄNSNINGAR	19
5.5	BESKRIVNING AV ANVÄNT VIKTNINGSSYSTEM	20
5.5.1	Redovisning av klassning	21
5.5.2	Kommentarer	22
5.6	KLASSIFICERING AV GRUVDAMMAR	22
6	RESULTAT AV KARTERING	25
6.1	MILJÖPÅVERKAN VID NATURLIGA ÖVERSVÄMNINGAR	25
6.1.1	Lagan	27
	Klarälven.....	35
	Ljusnan	45
	Kalixälven.....	50
6.2	HOTBILD FRÅN GRUVDAMMAR	53
7	DISKUSSION	55

8	REFERENSER	56
9	BILAGA 1	57
9.1	TYPEN AV KLASSIFICERINGSSYSTEM.....	57
9.1.1	Viktningssystem	57
9.1.2	Riskklassificering	57
9.2	BESKRIVNA KLASSIFICERINGSSYSTEM OCH RISKANALYSMETODIKER	57
9.3	FÖRSLAG TILL UTFORMNING AV ETT RISKKLASSIFICERINGSSYSTEM.....	58
9.3.1	Händelseträäd	59
9.3.2	Sannolikhetsbedömning.....	60
9.3.3	Konsekvensbedömning.....	61
9.3.4	Osäkerheter.....	62
9.3.5	Redovisning av resultat	62
9.4	JÄMFÖRELSE MELLAN VIKTNINGSSYSTEMET OCH FÖRSLAGET TILL RISKKLASSIFICERINGSSYSTEM.....	64

1 Sammanfattning

I Sverige och utlandet har översvämningar och gruvdammsolyckor med omfattande konsekvenser inträffat under de senaste åren. Projektet syftar till att ge myndigheter, företag och kommuner information kring vilken miljöpåverkan som kan förväntas vid olyckor under översvämningar. Den allra vanligaste miljöpåverkan som förekom under översvämningarna 2000 berodde på bräddning av avloppsreningsverk och översvämning av bensinstationer.

Fyra älvdalar (Lagan, Klarälven, Ljusnan och Kalixälven) inventerades med avseende på risk- och skyddsobjekt innanför områden som översvämmas vid s k maxflöde.

Ett klassificeringssystem för miljöpåverkan vid översvämningar definieras och beskrivs för riskobjekt respektive skyddsobjekt. Efter en genomgång av för- och nackdelar med olika möjliga system beskrivs det viktningssystem som sedan använts för älvdalarna. I karteringen ingick inte de objekt som visat sig vara ett av de vanligaste orsakerna till miljöpåverkan enligt rapporter från 2000 (om än i liten omfattning om man ser till bestående skador), dvs bensinstationer (C-objekt).

Enligt karteringen var det relativt vanligt med A och B-klassade verksamheter (förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd) inom områden med översvämningrisk för alla älvdalarna medan det även fanns ett flertal förorenade markområden inom översvämningssonen för Lagan och Klarälven. De vanligaste drabbade skyddsobjekten är våtmarker, jordbruksmark och vattenskyddsområden vilket också överensstämmer med de rapporter som kommit in för översvämningarna under 2000. Vid karteringarna har bara ett A-objekt (största risken) hittats bland riskobjekten. Eftersom skyddsobjekten nedströms ligger på stort avstånd och bedöms med låga poäng vid påverkan blir den viktade summaparametern relativt låg.

Generellt ger karteringarna en blandad bild av tabellsammanställningar beroende på hur många (skydds)objekt som finns alternativt karterats av respektive länsstyrelse. För den som arbetar med den här typen av sammanställningar är det viktigt att se möjligheter till miljöföroreningar. En hög summaparameter behöver inte betyda en farlig kombination av risk- och skyddsobjekt men bör följas upp med en djupare analys.

En uppföljning av svenska och internationella exempel på översvämningar inkl gruvdammsolyckor visar att föroreningar i recipienter förekommit. Gruvdammsolyckor har i vissa fall lett till allvarliga ekonomiska konsekvenser. Enskilda olyckor har gett skador för 100-tals miljoner kronor enbart omfattande sanering av kontaminerad mark. Då tillkommer skador på riskobjektet, egendom och skyddsobjekt.

I det korta tidsperspektivet finns inga rapporter som visar att momentan miljöpåverkan, som inträffat i recipienten, kommer få långvarig effekt.

2 Bakgrund och syfte

Räddningsverket har som målsättning att bl.a. förebygga olyckor i samhället och om sådana ändå inträffar mildra effekterna för människor, miljö och egendom. Flera olyckor med anknytning till dammar och översvämningar har inträffat de senaste åren.

Internationellt är det ganska vanligt med översvämningar och gruvdammsolyckor som får katastrofal omfattning medan det i Sverige har fått mindre omfattning. Som exempel från Sverige kan nämnas omfattande översvämningar under två perioder 2000 och gruvdammsolycka i Aitik september 2000.

Projektet syftar till att ge myndigheter och företag information kring vilken miljöpåverkan som kan förväntas under översvämningar. En översiktlig kartering gjordes över vilka miljöfarliga verksamheter som kan drabbas av översvämning och vilken påverkan det resulterar i med utgångspunkt från vattennivån vid ett ”Högsta tänkbara flöde enligt Flödeskommitténs riktlinjer för dammdimensionering” (Statens Vattenfallsverk et al, 1990). Detta flöde kallas fortsättningsvis för **maxflöde**.

Projektet begränsas till de områden där SMHI på uppdrag av Räddningsverket redan gjort en översiktlig översvämningsskartering. Miljöfarlig verksamhet, som karteras och klassificeras efter sin sårbarhet/risk för olycka, begränsas till verksamheter som är koncentrerade kring älvar.

3 Miljöpåverkan vid översvämningar

Miljöpåverkan orsakad genom översvämning kan ske på ett antal olika sätt. Följande avsnitt försöker klargöra de principiella processer som kan leda till miljöpåverkan. Även om inte alla processer beaktas i projektet är en beskrivning viktig för förståelsen.

Översvämningar och dammbrott kan delas in i två grupper av företeelser beroende på förloppet:

- Översvämning/dammbrott där miljöeffekter kan bli en direkt följd (primär)
- Översvämning/dammbrott där miljöeffekter indirekt kan bli följden genom att miljögifter nedströms frigörs (sekundär)

Översvämningar innebär inte, med undantag av om det är en gruvavfallsdam som brister (damm med miljöfarligt innehåll), oftast inte i sig någon miljöeffekt. Men om vattnet kombineras med ansamlingar av föroreningar som deponier, reningsverk eller transport/upplag med farligt gods uppkommer en potentiell miljöeffekt av naturolyckan. Dessa typer av ansamlingar av föroreningar i kombination med vatten i form av översvämning eller skred gör att föroreningar lakar ut i vattnet och sprids till delar av samhället där dessa kan orsaka stora problem. Detta kapitel beskriver de processer som är orsak till miljöpåverkan från översvämningar.

3.1 Hur hamnar miljöfarliga ämnen i älvvattnet?

Miljöfarliga ämnen kan hamna i älvvattnet på två principiellt olika sätt.

Dels genom:

- Utlakning av mark
- Utläckage ur tankar, lager, avlopp m.m.
- Lättare erosion av mark.

Dessutom kan det ske genom:

- Skred av förorenad mark
- Ras av gruvdamm
- Byggnad med miljöfarlig verksamhet rasar
- Trafikolycka med farligt gods på grund av raserad väg
-

3.2 Vad kan ske med förorenat älvvatten?

När miljöfarliga ämnen har hamnat i vattnet så kan de transporteras till områden nedströms. Hur ämnet transporteras beror till stor del på ämnets egenskaper och förhållandena i det strömmande vattnet.

Vattenlösliga ämnen transporteras i löst form med älvvattnet. Älvvattnet kan sedan:

- Infiltrera i grundvattentäkt
- Pumpas in i intag i ytvattentäkt
- Infiltrera i skyddsvärda naturområden/rekreativsområden
- Infiltrera i jordbruksmark
- Transporteras till utflödet

Vissa ämnen är inte så vattenlösliga utan adsorberas till partiklar. Partiklarna kan vid höga flöden dras med vattnet men då vattnets flöde avstannar så kan:

- Partiklar sedimentera

Oljor räknas till en grupp ämnen kallad LNAPL – light non-aqueous phase liquids, d.v.s. icke vattenlösliga lätta vätskor. Dessa flyter på en vattenyta:

- Transport genom fri fas på vattenytan.

3.3 Vilka skador kan uppstå?

De känsligaste objekten för förorening är de som förser människor och djur med föda. Det vill säga jordbruksmark och vattenresurser. Vattenresurserna omfattar främst yt- och grundvattentäkter med fiskbestånd. Vissa särskilt värdefulla naturområden skyddas i form av nationalparker och naturreservat. Sådana områden liksom den marina miljön är naturligtvis mycket känsliga för föroreningar.

Jordbruksmarken kan skadas av tungmetaller och andra ämnen så att den blir oanvändbar för sitt ändamål. En förorenad grundvattentäkt kan bli obrukbar under lång tid eftersom omsättningstiden i ett grundvattenmagasin kan vara mycket lång (minst månader). En ytvattentäkt som skadas återhämtas snabbare men föroreningen hamnar förr eller senare i utspädd form i havet istället. Utsläpp av föroreningar påverkar i högre eller mindre grad alla arter av växter och djur i sjöar och hav.

Förorenat älvvatten eller förorenat sediment som transporteras med älvvattnet kan leda till olika typer av skador på skyddsobjekten, t.ex.:

- Vattentäkt utslagen, kort- eller långvarigt
- Skador på ekosystem (t.ex. akvatiska ekosystem eller området vid älvens utflöde), kort- eller långvarigt
- Jordbruksmark skadad, kort- eller långvarigt

3.4 Miljöpotential – innehåll i dammar och deponier

Deponier och dammar i anslutning till industrier kan oftast antas innehålla avfall och restprodukter som uppkommer i respektive industris tillverkningsprocess. Därför beskrivs i detta avsnitt några vanliga avfall och deras egenskaper från större industrigrenar. De industrigrenar som översiktligt beskrivs är stålindustrin, gruvindustrin, skogsindustrin, kemiindustrin och kraftföretagen. Dessutom upptas kommunala deponier och upplag samt avloppsreningsverk.

Stålindustrin: Stålindustrin genererar stora mängder avfall och den största delen utgörs av slagg, masugnsslagg och stålugnsslagg, men även glödskal, gasrenings slam och gasreningsstoff uppkommer. Slaggens sammansättning varierar med råvara och typ av tillverkningsprocess. Av dessa olika typer av avfall är det bara masugnsslaggen som inte deponeras i någon större utsträckning. Masugnsslaggen innehåller små mängder metaller men ganska mycket svavel som är relativt lätt urlakbart. Den deponeras sällan utan förädlas och används i vägbyggnad. Stålugnsslaggen deponeras i stor utsträckning och finns ofta i anslutning till eller på industrins egen mark. Stålugnsslaggen innehåller olika mycket metaller och tungmetaller beroende på tillverkningsprocess men generellt är det problem med utlakning av framförallt krom. Glödskal innehåller höga halter metaller och tungmetaller vilkas benägenhet för urlakning till stor del beror på rådande pH

(högt pH ger större urlakning). Detta avfall återvinns nästan helt i produktionsprocessen men mellanlagras ofta på hög inom industriernas egna områden. Gasreningsslam innehåller höga halter av framför allt zink men även andra metaller. Slammet deponeras i dagsläget. Gasreningsslag innehåller höga halter tungmetaller främst zink och bly vilka relativt lätt lakas ur stoft.

Gruvindustrin: Gråberget dvs det som ej är ekonomiskt brytbart läggs på hög utanför gruvan. I enstaka fall fylls gruvan igen med gråberget. De olika restprodukternas miljöbelastning beror på vilken typ av malm som brutits. Utöver pågående gruvverksamhet finns även ett antal nedlagda gruvor. Dessa gamla magasin innehåller en grövre sand med större metallinnehåll som dessutom hunnit vittra genom åren och därför lakar de största mängderna metaller. Det är dock de nyare magasinerna som innehåller den största volymen avfallssand vilken ännu inte hunnit börja vittra. Här finns alltså en stor framtida lakningspotential.

Skogsindustrin: Processerna i skogsindustrin genererar flera olika avfall som placeras på deponi, ofta på industriområdet. Bland dessa finns främst olika askor och olika typer av slam. Aska från förbränning av biobränsle innehåller varierande mängd näringsämnen och metaller beroende på typ av bränsle. Förutom aska från biobränslen deponeras även aska från förbränning av olika slam. Äldre deponier kan dessutom innehålla blandat hushållsavfall tillsammans med godtyckligt deponerat industriavfall från annan industri. Lakvatten från denna typ av deponier kan finnas i hela spektrummet från nästan ofarligt till mycket giftigt. Därför måste varje deponi i riskzonen utredas individuellt med avseende på innehåll och lakningsbelägenhet.

Kemiindustrin: Kemiindustrin är en mycket heterogen bransch med många olika produktionsprocesser och därmed genereras en mångfald olika typer av avfall. Många industrier deponerar sitt avfall på egen deponi och har så gjort under ganska lång tid. Äldre deponier kan även här innehålla sorterat hushållsavfall och blandade industrisopor. Det är därför omöjligt att generellt beskriva vilka föroreningar som kan förekomma i en sådan deponi. Varje deponi som är belägen i riskzonen för översvämningar måste därför utredas individuellt med avseende på innehåll och lakningsbenägenhet.

Kraftverk: De kraftverksdammar som finns i landet innehåller ytvatten med samma sammansättning som i älvar och sjöar. Om vattnet släpps okontrollerat i samband med dammbrott hotas nedanförliggande objekt, som kan vara både riskobjekt där en miljöpotential frigörs och skyddsobjekt där objektet tar skada av förorenat vatten. Sediment som samlats i dammen följer med vattenströmmen och avsätts när hastigheten avtar. Dessa sediment kan vid ett dammgengombrott, förutom att orsaka problem i turbiner och pumpar, skada skyddsobjekt nedströms.

Kommunala deponier och upplag: Kommunala deponier kan innehålla alla typer av avfall från både hushåll och industri beroende på när avfallet deponerades, närhet till industri etc. För de deponier som har tillstånd att ta emot avfall har bestämmelserna skärpts i samband med tillståndsgivning så att emissionerna begränsas bla så att oönskad lakning till recipient hålls under kontroll. Deponier som ligger inom översvämningshotade områden bör betraktas som riskobjekt. Inom deponiområden eller på andra särskilda platser mellanlagras farligt avfall i väntan på vidaretransport för förbränning, destruering eller deponering. Sådana upplag är också tillståndspliktiga.

Avloppsreningsverk: Avloppsreningsverk är normalt lokaliserade nedströms tätorter i närheten av större vattendrag som utgör recipient. Reningsverken utgör ett miljöhot i samband med översvämning genom att stora mängder avloppsvatten samlas här tillsammans med kemikalier. I reningsprocessen ingår olika steg som är känsliga för störningar.

4 Noterad miljöpåverkan från översvämningar

I detta avsnitt beskrivs allmän översvämningspåverkan i samband med kraftig nederbörd över södra Norrland, Värmland och Dalsland under hösten 2000. Rapporter från länsstyrelser och räddningstjänst samt medias rapportering har använts för att se över vilken miljöpåverkan som noterats. Två exempel från Ljusnan och Bengtsbrohöljen exemplifierar problemen med miljöpåverkan vid översvämningar lite mer detaljerat. Detta projekt behandlar främst miljöpåverkan i samband med naturliga översvämningar. Gränsdragningen till gruvdammsolyckor är oklar och i avsnitt 4.2 redovisas exempel på inträffade gruvdammsolyckor. Sådana olyckor har ofta ett samband med kraftig nederbörd, eventuellt i kombination med snösmältning.

4.1 Naturliga översvämningar

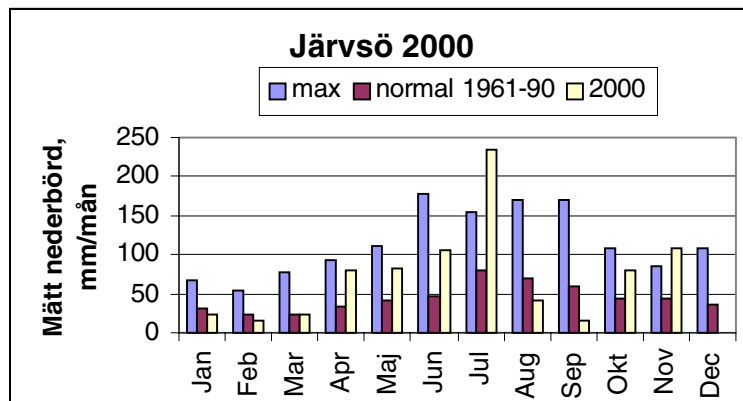
Nedanstående sammanställning är inte en komplett lista över vilka miljöproblem som följde av översvämningarna 2000 utan skall tjäna som exempel på de vanligaste formerna av miljöpåverkan som skedde under översvämningarna.

4.1.1 Södra Norrland 2000

Överhängande fara för skada på miljön ansågs föreligga vid några tillfällen, bl a genomfördes tömning av tank för eldningsolja med stöd av räddningstjänstlagen. Andra effekter och skador var mer eller mindre allvarliga störningar där räddningstjänsten bara delvis berördes eftersom skyddsåtgärder vidtogs av andra. Följande skador noterades:

- Avloppsreningsverk bräddades eller slogs ut i samband med höga flöden
- Flera reningsverk var hotade och skyddades med invallningar
- 100-tals källare översvämmades pga baktryck i spillvattensystemet
- Vattentäkter översvämmades och blev otjänliga
- En del badvatten förorenades av avlopp eller inrinnande smutsigt vatten
- Färskvattenledningar slets av i Bispgården och Hammarstrand
- På något håll ville man akut öka uttag av bergkross till fördämningsvallar. Uttagen skulle bli större än man hade tillstånd till
- Risk för att avloppsledning på Indalsälvens botten skulle dras med av den starka strömmen

Ljusnans älvdal får stå som symbol för svåra översvämningar omfattande södra Norrland i samband med kraftig nederbörd under sensommaren 2000. Som framgår av figur 4.1 var månadsnederbörden i Järvsö som störst under juli.



Figur 4.1 Registrerad nederbörd (SMHI) i Järvsö längs Ljusnan.

Det som kommunerna rapporterat om i samband med översvämningarna är att flera mindre **reningsverk** måste brädda inkommande avloppsvatten och släppa det orenat till recipienten. Bräddning förekommer för övrigt ganska ofta i samband med kraftiga regn. Som en följd av detta föreskrev myndigheterna **förbud mot att dricka eller att bada** i sådant vatten. Räddningstjänster/hemvärn har hjälpt till med att tömma **olje- och bensincisterner** i förebyggande syfte. I Torpshammar (Ljungan) brändes ett hus ner för att förhindra att det skulle rasa ner i vattendraget och utgöra en riskfylld belastning på en bro alternativt orsaka fördämning och värre översvämningar. I Ragunda befarades att en **avloppsledning** tvärs Indalsälven skulle brista i den strida strömmen, men ledningen klarade sig.

För närvarande pågår arbete hos Livsmedelsverket (Håkan Wahren) med att beskriva smittspridningsriskerna i samband med översvämningar.

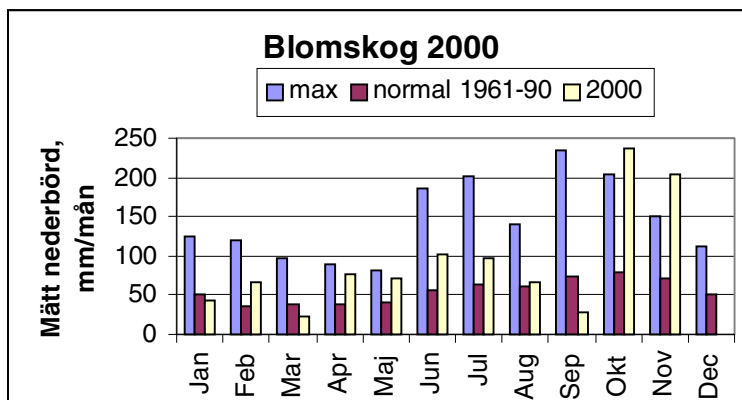
I det korta tidsperspektivet finns inga rapporter som visar att allvarlig miljöpåverkan inträffat.

4.1.2 Värmland, Dalsland och områden kring Vänern 2000

Liksom i Norrland var det främst fastigheter och vägar som drabbades av översvämning men det var även ett antal miljö känsliga verksamheter som drabbades. Ett flertal avloppsreningsverk fick bräddas, bensinstationer översvämmades och dricksvattnet var hotat. Följande skador och risker noterades:

- Översvämmade bensinstationer, Oljespill och diesel i vattnet (Arvika, Skee)
- Risk för översvämning av förorenad mark (Bengtsbrohöljen)
- Översvämmade källare och privata oljetankar som flyter fritt i vattnet
- ~1000 ha åkermark under vatten i Skaraborg, höstsådda grödor förlorade
- Bräddning av avloppsreningsverk (Arvika, Billingsfors, Bengtsfors, Dals-Långed), restriktioner för användandet av vatten (Arvika)
- Risk för översvämning av avloppsreningsverk (Lidköping, Åmål, Gullspång, Mariestad, Götene) och avfallsvärmeverk (Lidköping), dricksvatten hotat
- Lager med foder, bensin, vägsalt och konstgödsel hotat av översvämning (Lidköping)

Nedan följer en mer detaljerad beskrivning av förhållandena vid Bengtsbrohöljen. Uppgifterna är hämtade från en arbetsrapport och Länsstyrelsens noteringar. Sjön Bengtsbrohöljen vid Bengtsfors i Bengtsfors kommun i Dalsland ingår i vattensystemet Le-lång-Laxsjön, som parallellt med Dalslands kanal mynnar i västra delen av Vänern. Området har under hösten 2000 drabbats av höga flöden och översvämning. Nederbörden var extremt hög under oktober-november, se figur 4.2. I kombination med liten avdunstning och vattenmättad jord betyder det att i stort sett all nederbörd bildat ytavrinning. Ett industriområde längs Bengtsbrohöljens östra sida är känt för omfattande markföroreningar, som vid högvatten löper ökad risk för att spridas till recipienten.



Figur 4.2 Registrerad nederbörd (SMHI) i Blomskog ca 30 km nordnordväst om Bengtsfors.

Sammandrag av arbetsrapport "Förslag till efterbehandling av förorenat industriområde vid Bengtsbrohöljen, Bengtsfors kommun". Kemakta (2000))

På industriområdet invid sjön Bengtsbrohöljen drev EKA, en kloralkalifabrik från 1897-1922 med produktion av klorgas och lut. Föroreningsproblemet inom området domineras av kvicksilver och dioxin från den tiden. Stora delar av landområdet är alltför kraftigt förorenat. Till följd av spridning med grund- och ytvatten är även sedimenten i Bengtsbrohöljen förorenade. På grund av senare verksamheter på området (bl.a. träimpregnering och kemptvätt) förekommer även andra föroreningar såsom tungmetaller, PAH och tetrakloretylen (perkloretylen).

Hälsorisker bedöms föreligga i det mycket kraftigt förorenade området i nordvästra hörnet av området. Transport av föroreningar sker i löst och partikulär form med grundvattnet och inträngande sjövattnet. Spridningen från området till Bengtsbrohöljen har uppskattats för;

- dioxin (30-250 mg/år innebärande stor miljörisk för vattenmiljön),
- kvicksilver (100-200 g/år innebärande risker för miljön),
- övriga metaller (ingen risk f n),
- tetrakloretylen (ingen risk f n).

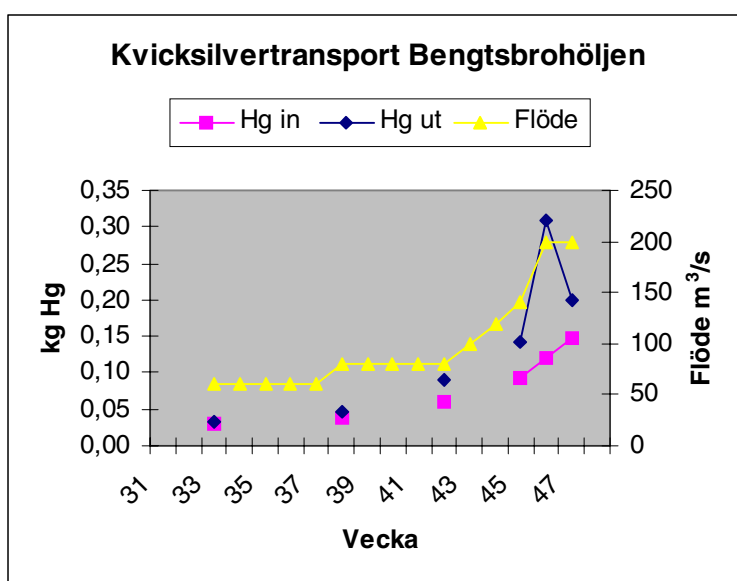
Det är oklart om enstaka händelser i form av perioder med extremt hög vattenföring kan ge kraftigt förhöjda utsläpp.

PM från länsstyrelsen i Västra Götaland till Bengtsfors kommun, 2000-12-01: "Effekter av höga flöden på uttransport av föroreningar från Bengtsbrohöljen – preliminär bedömning"

Sedan juni 1999 har mätningar av kvicksilver och andra metaller i Bengtsbrohöljens utlopp och inlopp genomförts. Detta för att få ett bättre underlag för att bedöma utläckage av bl.a. kvicksilver från det förorenade området vid den f.d. kloralkalifabriken i Bengtsfors. I samband med de extrema högflöden som uppmätts under senare tid har provtagning skett varje vecka.

Här lämnas en preliminär bedömning av i vilken utsträckning det höga vattenflödet medfört en ökad uttransport av föroreningar från Bengtsbrohöljen.

Uttransporten av föroreningar från det förorenade markområdet till sjön har i tidigare utredningar uppskattats till mellan 100–160 g/år. Hur stor uttransporten blir påverkas bl.a. av vattenståndsförändringar i Bengtsbrohöljen.



Figur 4.3 Kvicksilvertransport till och från Bengtsbrohöljen vid översvämning.

Kvicksilvertransporten ut från Bengtsbrohöljen har ökat väsentligt under högflödesperioden i november, figur 4.3. Vecka 46 var uttransporten 10 ggr så stor som under mer normala förhållanden. Beräkningarna är preliminära eftersom flödesuppgifter är mycket osäkra.

Under de tre senaste veckorna (ca november 2000) har det totala utflödet av kvicksilver från Bengtsbrohöljen varit mer än ett halvt kilo, nettoutflödet har varit ca 300 g, dvs. dubbelt så stort som det beräknade årliga läckaget från det förorenade området. **Trots det stora vattenflödet har också halterna av kvicksilver i vattnet ökat. Halterna är dock fortfarande på en relativt låg nivå.**

Den kraftiga ökningen av kvicksilvertransporter ut från Bengtsbrohöljen kan ha två orsaker. Den höga vattenföringen kan åstadkomma en ökad turbulens och därmed en ökad uttransport av förorenade **yt**sediment från delar av sjön. Det är inte heller uteslutet att de ökade vattenståndsförändringarna, erosionseffekter och annat kan medföra en ökad uttransport från det förorenade **mark**området. Länsstyrelsen bedömer det därför som angeläget att en närmare bedömning av erosionsrisken för det mest förorenade området görs och att åtgärder vidtas om det bedöms motiverat för att skydda strandlinjen för fortsatt erosion.

Länsstyrelsen har också för avsikt att om möjligt genomföra en hydrologisk utredning av strömningsförhållanden i Bengtsbrohöljen under pågående högvatten. En sådan utredning blir ett värdefullt komplement till de undersökningar som redan pågår i sjön och som skall ligga till grund för förslag till eventuella saneringsåtgärder i sjön.

4.2 Gruvdammsolyckor

Internationellt inträffar gruvdammsolyckor med katastrofala konsekvenser nästan en gång per år. En förteckning uppdateras efterhand på www.antenna.nl/~wise/uranium/mdaf.html. Under det senaste året har fem stycken tillförts på listan. Fyra av dessa har valts ut för att belysa orsak, konsekvenser och kostnader. Även gruvdammsolyckan i Aitik ingår i katastroflistan trots att konsekvenserna, relativt sett, blev mycket begränsade.

4.2.1 Inez, Martin County, Kentucky, USA



Figur 4.4 Område översvämmat med kolslurry. Inez, Martin County, Kentucky, USA. Observera basketkorgen i nedre vänstra hörnet.

En gruvdammsolycka, som beskrivs som den värsta miljökatastrofen i sydöstra USA, inträffade 2000-10-11. Ca 800 000 m³ kolslurry från en slamdamm störtade ner i en gruva och spreds vidare till två floddalar, figur 4.4. Den omedelbara miljökonsekvensen blev fiskdöd och kontaminering av vattentäkter. Kostnaderna för att återställa floddalarna uppskattas till 500-600 miljoner SEK.

4.2.2 Baia Mare, Rumänien



Figur 4.5 Genombrott i sedimentationsdamm. Baia Mare, Rumänien.

En sedimentationsdamm vid en gruva för produktion av koppar, bly och zink i Baia Mare brast 2000-03-10. En sektion på ca 100 m brast på grund av översvämning i samband med kraftig nederbörd och snösmältning, figur 4.5. I dammen fanns 100 000 m³ vätska med cyanidrester från anrikningsprocessen. Cyanid är akut toxiskt men bryts ner relativt snabbt. I recipienten uppmättes förhöjda metallhalter i samband med utsläppet, se tabell 4.1.

Tabell 4.1 Tungmetallhalter i recipienten, Baia Mare.

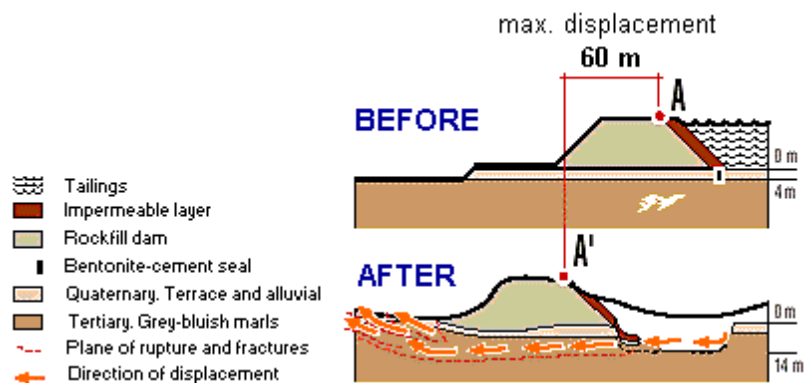
µg/l	Bly	Zink	Koppar
Maximalt	337	731	209
före olyckan	0,5	2,51	0,54
Mycket hög halt*	>15	>300	>45

*/ Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag (1999b)

Rapporterade skador omfattar fiskdöd och förgiftning av dricksvatten för 1 miljon människor. Kostnaderna för sanering uppskattas till 28 miljoner SEK.

4.2.3 Aznalcólar, Los Frailes, Spanien

Ett omfattande utsläpp skedde från sedimentationsdammen vid gruvan i Aznalcólar i samband med ett dammbrott 1998-04-25. I gruvan utvinns bly, koppar och silver från pyrit. Pyrit är vittringsbenägen och ger därför restprodukter, som är besvärliga ur miljösynpunkt. I sedimentationsdammen med kapacitet för 33 miljoner m³ fanns vid olycks-tillfället 16 milj m³ anrikningssand. Ca 7 milj m³ sand och vatten rann ut vid olyckan. Som orsak till brottet i magasinet uppges att dammvallen orsakade sättningar, som skadade en bentonit/cement-tätning under dammen. Därmed sattes lera i rörelse och utlöste ett skred i dammen, jämför med figur 4.6.



Figur 4.6 Illustration till händelseförloppet vid gruvdammsolyckan i Los Frailes.

Recipienten Río Grio påverkades 35 km nedströms, bl a uppmättes låga pH-värden (pH 4). Hotet mot ett naturreservat kunde avväjas men tusentals hektar jordbruksmark översvämmades av vatten och slam. Saneringskostnaderna uppskattades till ca 1200 miljoner SEK.

4.2.4 Aitik

Drift

Aitikgruvan ligger ca 15 km sydost Gällivare i Norrbottens län och ägs av Boliden Mineral AB. Gruvdriften startade 1968 och produktionen ligger på ca 20 Mton malm per år. I malmen utvinns 0,4 % koppar, 0,02 % guld och 0,3 % silver. Fyndigheterna bryts i ett dagbrott och transporteras upp till ett anrikningsverk.

Boliden Mineral AB redovisar kvartals- och årsrapporter till länsstyrelsen omfattande analysresultat från vattenprover, suspension i vatten och stoft i luften. Koncession finns sedan ca 1990 med villkor beträffande avsänkning och dämning. Materialet i sandmagasinet har jämfört med andra gruvor låg vittringsbenägenhet. Avgörande för vittringen är svavelhalten i avfallssanden som är låg (<1 %). pH regleras från 6 à 7 till ca 8. Naturlig morän i omgivningen har högre lakbara kopparhalter än gruvavfallet i sandmagasinet.

Dammolycka

En gruvdammsolycka inträffade 2000-09-08 och omfattade ras av 150 m i sedimentationsbassängens damm så att man fick ett plötsligt utsläpp av preliminärt 1,8 miljoner m³ vätska till främst klarningsbassängen. En del av vätskan rann förbi klarningsbassängen och en del rann genom och bredvid bräddande betongrör i övre delen av klarningsbassängens dammvall.

Gruvområdet avbördas till Leipojoki (ca 2 km), Vassaraälven (6 km), Linaälven och slutligen Kalixälven. Om inte klarningsbassängens dammvall hade klarat av trycket skulle 15 (+2)-miljoner m³ vatten orsakat en vattenvåg med ca 6 m höjd inledningsvis.

Enligt DTU-manualen klassas Aitik som en klass 1b damm (näst högsta konsekvensklassen). Det innebär ”icke försumbar risk för förlust av människoliv eller allvarlig personskada, beaktansvärd risk för allvarlig skada på viktig trafikled, viktig dammbyggnad, betydande miljövärde eller uppenbar risk för stor ekonomisk skadegörelse”.

Orsaken till dammbrottet uppges preliminärt vara att filtret satt igen sig. Det vatten som normalt läcker genom tätkärnan skall avbördas via filtret men kan i stället ha förts vidare till stödfyllningen. En vattenmättad stödfyllning tappar snabbt sin stödjande funktion. Boliden kan heller inte utesluta att munken med sin vattenledning under dammen kan ha läckt så att material från dammen spolats bort.

Miljöpåverkan

Preliminära bedömningar visar att 23 kg koppar läckte ut i samband med olyckan. I recipienten uppmättes 12 µg koppar jämfört med normala halter i klarningsbassängen på 4-5 µg/l. Tillskottet bedöms ha kommit från omgivande naturlig mark där vattnet tog ny väg. Den naturliga jorden innehåller nämligen mer koppar än materialet i sedimentationsdammen. Normala utsläpp är 15-50 kg koppar per år till recipienten att jämföra med riktvärdet 100 kg/år och maximalt tillåtna 300 kg/år.

Suspenderat material har observerats som en gråbrun beläggning på botten ner till ca 10 km nedströms Aitik. Man kan spekulera i att fiskeleken kommer att störas.

Uppgifterna om Aitikgruvan har inhämtats i samband med studiebesök hos länsstyrelsen i Luleå och Boliden, Aitik i oktober 2000.

5 Kartering och klassificerings-system för miljöpåverkan vid översvämningar

För att få en överblick över vilka miljörisker som föreligger vid en översvämning och vilka skyddsobjekt som kan komma att påverkas bör varje kommun utföra en översvämningsskartering med tillhörande riskbedömning. I de följande avsnitten har fyra älvdalar inventerats med avseende på risk- och skyddsobjekt för att exemplifiera vilka risk och skyddsobjekt som är utsatta för översvämningssrisk. Den klassificeringsmetod som använts är enkel och alltefter behov finns mer eller mindre avancerade klassificeringsmetoder att använda. Älvdalarna har valts så att de representerar vattendrag i både södra, mellan och norra Sverige. Dessa är;

- Lagan från Karlsfors till mynningen. Älvsträckan berör Jönköpings, Kronobergs och Halmstads län,
- Klarälven från Höljes till Vänern. Älvsträckan berör Värmlands län,
- Ljusnan inom Gävleborgs län,
- Kalixälven från Männikönsaari till mynningen. Älvsträckan berör Norrbottens län.

På grund av ett fel i underlagsmaterialet från Klarälven redovisas vattennivån vid högsta flödet 1995 i stället för nivån vid maxflödet.

5.1 Riskobjekt

Med riskobjekt avses sådana verksamheter som hanterar eller lagrar miljöfarliga ämnen. De riskobjekt som karterats i projektet är:

- A- och B-klassade verksamheter. A-klassade verksamheter¹ är sådana som behöver söka tillstånd hos Miljödomstolen för att få bedrivas. B-klassade verksamheter² prövas av länsstyrelsen medan C-klassad verksamhet³ endast har anmälningsplikt till respektive kommunal nämnd. C-klassad verksamhet beaktas endast undantagsvis i projektet.
- Förorenade markområden. Där miljöfarliga verksamheter har bedrivits kan marken vara förorenad av de ämnen som hanterades under verksamhetstiden.
- Gruvdammar. Vid brytning av mineraler produceras en stor mängd gruvavfall (Tailings på engelska) som i Sverige ofta lagras i vattentäckta dammar för att förhindra oxidation.
- Fiskodling (B-objekt) är både risk- och skyddsobjekt. De näringsämnen som sprids runt anläggningen betraktas som miljöfarliga.
-

¹ Exempel på A-klassade verksamheter är gruvor och massaindustrier.

² Exempel på B-verksamheter är ytbehandling och större sågverk.

³ Exempel på C-verksamhet är bensinstation.

5.2 Skyddsobjekt

Med skyddsobjekt avses sådana objekt som har särskilda skyddsvärden. Inom det här projektet har följande objekt karterats:

- Nationalparker
- Naturresevat och naturskyddsområden
- Vattenskyddsområden
- Jordbruksmark
- Områden med flodpärlmusslor
- Lekplatser för fisk
- Fiskodling
- Våtmarker
- Hag- och ängsmarker

5.3 Definition av miljöpåverkan

Den miljöpåverkan som beaktas i projektet är: miljöfarliga ämnen härstammande från riskobjekt kan nå skyddsobjekt via översvämmat älvvatten och ge upphov till negativa effekter på miljön. Det som utreds är endast miljöpåverkan av de riskobjekt som tidigare nämnts. Enligt synsättet i projektet ger inte alla skred upphov till miljöpåverkan. Vägar har inte karterats inom ramen för detta projekt.

5.4 Avgränsningar

Det finns ett antal faktorer som ligger utanför projektets ramar men som inte desto mindre bör omnämnas. Översvämningar innebär även andra effekter än negativ miljöpåverkan. Det kan innebära stora materiella skador på grund av direkta vattensador, men även genom ras och skred. I vissa fall uppstår personskador och till och med dödsfall. Dessutom uppkommer indirekta kostnader på grund av förlorade inkomster genom att infrastrukturen och näringslivet kan påverkas. Dessa aspekter är inte behandlade i ett klassificeringssystem för miljöpåverkan vid översvämningar.

Vägar där farligt gods transporteras kan ses som riskobjekt då olycka kan ske och påföljande utläckage av miljöfarliga ämnen. Vägar har dock ej tagits med som riskobjekt inom ramen för detta projekt.

Hälsoeffekter på människan av miljöpåverkan behandlas inte direkt. Däremot finns vattenskyddsområden med som skyddsobjekt. Förutom att de kan ha ett direkt miljövärde så är förmodligen den största anledningen till att skydda vattenskyddsområden en eventuell påverkan på människors hälsa genom intag av dricksvatten.

Älvarnas utlopp är ej behandlat. Utloppet kan dock ha en viss påverkan på ett totalt skyddsvärde. Östersjöns övergödning och bottendöd är ett flitigt omdebatterat ämne. I vissa fall kan älvmyningar skapa en speciell miljö som har ett visst skyddsvärde.

Älvens *eget* skyddsvärde är inte beaktat i projektet utan endast specifika skyddsobjekt längs med älven.

5.5 Beskrivning av använt viktningsssystem

Inom ramen för projektet har ett enklare viktningsssystem använts för klassning av riskobjekten längs med älvarna. För att göra en mer noggrann utvärdering av föreliggande risker behövs mer avancerade metod, exempel på olika metoder att använda beskrivs i Bilaga 1. Alla risk- och skyddsobjekt som beaktas ligger inom gränsen för högsta flöde vid respektive älv. De viktningsfaktorer som ingår är:

- A Typ av riskobjekt
- B Avståndet mellan risk- och skyddsobjekt
- C Typ av skyddsobjekt

Faktor A bestäms genom typ av miljöfarlig verksamhet. En mer miljöfarlig verksamhet ger en högre viktningspoäng. Faktor B skall spegla att ju närmre riskobjektet ett visst skyddsobjekt ligger desto större är möjligheten för föroreningarna att nå skyddsobjektet. Ämnets koncentration i älvvattnet är också beroende av avståndet genom utspädningseffekter. Faktor C baseras på skyddsvärdet hos skyddsobjektet.

Varje viktningsfaktor har två utfall, viktningspoäng 1 eller 2. Totalpoäng beräknas genom att multiplicera de olika viktningsfaktorerna. Möjliga totalpoäng är alltså 1, 2, 4 och 8. Ju högre totalpoäng desto större är möjligheten att en miljöpåverkan skall uppstå enligt denna metodik. Tabell 5.1 – 5.3 anger vilka viktningspoäng olika typer av riskobjekt, skyddsobjekt och avstånd har tilldelats i klassningen.

Viktning av faktor B redovisas i tabell 5.2. Skyddsobjekt som ligger längre nedströms riskobjektet än 50 km tilldelas viktningspoäng 0. Jordbruksmark har beaktats med avseende på den areella storleken, se tabell 5.3.

Tabell 5.1. Viktning av faktor A.

A. Typ av riskobjekt	Viktningspoäng	
	1	2
A-verksamheter:		X
B-verksamheter:	X	
Gruvdammar:		X
Förorenad mark:	X	

Tabell 5.2. Viktning av faktor B.

B. Avstånd	Viktningspoäng	
	1	2
$x < 10$ km		X
$10 \text{ km} < x < 50$ km	X	

Tabell 5.3. Viktning av faktor C.

C. Typ av skyddsobjekt	Viktningspoäng	
	1	2
Nationalparker		X
Naturresevat och naturskyddsområden	X	
Vattenskyddsområden		X
Jordbruksmark		
x < ...ha	X	
...ha < x		X
Områden med flodpärlmusslor	X	
Lekplatser för fisk	X	
Våtmarker	X	
Hag- och ängsmarker	X	

5.5.1 Redovisning av klassning

Redovisningen av klassningen sker i tabellform. Eftersom varje riskobjekt kan påverka mer än ett skyddsobjekt nedströms redovisas även en slutsumma. Slutsumman är summan av alla totalpoäng för de skyddsobjekt som kan påverkas av riskobjektet. Ett exempel är givet i tabell 5.4. Slutsumman 9 i tabell 5.4 är ett relativt mått på hur stor miljöpåverkan ett riskobjekt, X, kan innebära. För att slutsumman skall vara möjlig att uttolka behöver den stå i relation till andra riskobjekt i samma älvdal men även i relation till riskobjekt i andra älvdalar.

Tabell 5.4. Exempel på redovisning av viktningssystemet för ett riskobjekt.

Viktningspoäng→	(A)	(B)	(C)	
	Riskobjekt X	Avstånd	Skyddsobjekt	Totalpoäng
Skyddsobjekt 1	1	2	1	2
Skyddsobjekt 2	1	2	2	4
Skyddsobjekt 3	1	1	1	1
Skyddsobjekt 4	1	1	2	2
Slutsumma för Riskobjekt X				9

Motsvarande tabell kan även göras för skyddsobjekten. Däremot kommer inte tabellerna att stå i direkt relation till varandra vad gäller jordbruksmark eftersom den är bedömd efter dess area. I tabell 5.5 visas ett exempel på motsvarande redovisning. Här är slut-

summan 16 ett relativt mått på hur stor miljöpåverkan ett skyddsobjekt, X, kan drabbas av. I enlighet med föregående stycke skall slutsumman relateras till andra klassade skyddsobjekt för att kunna uttolkas.

Tabell 5.5. Exempel på redovisning av viktningsystemet för ett skyddsobjekt.

Viktningspoäng→	(A) Riskobjekt	(B) Avstånd	(C) Skyddsobjekt X	Totalpoäng
Riskobjekt 1	2	2	2	8
Riskobjekt 2	1	2	2	4
Riskobjekt 3	1	1	2	2
Riskobjekt 4	1	1	2	2
Slutsumma för Skyddsobjekt X				16

För redovisningen är det viktigt att hela tabellerna finns lätt åtkomliga och inte bara slutsumman. Slutsumman kan vara svår att tolka då flera riskobjekt (eller motsvarande skyddsobjekt) kan ha samma slutsumma men helt olika relation till nedströms skyddsområden.

5.5.2 Kommentarer

Viktningsystemet som använts är ett förenklat instrument som inte tar hänsyn till hur troligt det är att det verkligen blir en miljöpåverkan i händelse av översvämning. Man kan se systemet som en klassning av möjliga konsekvenser. Poängsättningen är schablonmässig. För ett enskilt objekt kan metodiken ge missvisande resultat. Det är lämpligast att använda metodiken för att ge en helhetsbild av en älvvalgång. För mer detaljerade eller objektspecifika analyser krävs annan metodik, se förslaget i avsnitt 5.5.

5.6 Klassificering av gruvdammar

I Sverige finns det 11 gruvor i drift och ca 20 avvecklade. För de aktiva gruvorna med sedimentationsdammar arbetar branschen på eget initiativ med DTU-manualer (Drift-Tillsyn-Underhåll), som är uppbyggda efter kraftverksindustrins RIDAS (RIktlinjer för DammSäkerhet, 1997). Bl.a. är en konsekvensklassificering i händelse av dammvallsbrott gemensam, tabell 5.6.

Tabell 5.6. Konsekvensklasser enligt RIDAS och DTU-manualer.

Konsekvensklass	Konsekvens (förenklingar)
1A	Uppenbar risk för: Förlust av människoliv Allvarlig skada på viktig trafikled, viktig dammbyggnad, betydande miljövärde Stor ekonomisk skadegörelse
1B	Icke försumbar risk för förlust av människoliv eller allvarlig personskada. Beaktansvärd risk för allvarlig skada på viktig trafikled, viktig dammbyggnad, betydande miljövärde. Eller uppenbar risk för stor ekonomisk skadegörelse
2	Icke försumbar risk för beaktansvärd skada på trafikled, dammbyggnad, miljövärde eller annans egendom.
3	Försumbar risk för beaktansvärd skada på trafikled, dammbyggnad, miljövärde eller annans egendom

För att bedöma risker behöver konsekvensen sammanvägas med sannolikheten för respektive händelse. Nedan redovisas SGI:s förslag hur man kan genomföra en riskklassificering.

En viktig faktor som bör inverka på **sannolikheten** för gruvdammsolycka är dammhöjden. Dammvallar som är högre än 15 m benämns som höga. Mer svårbedömda faktorer hänför sig till dammvallens uppbyggnad och undergrund. Avgörande för dammsäkerheten är hur vattnet uppträder i dammen och detta styrs med olika grova filterdimensioner och kornstorlekar eller tätskärmar. Sammantaget skulle sannolikheten för brott kunna beräknas geotekniskt och redovisas med olika stabilitetsklasser. Någon sådan verksamhet har emellertid inte utförts/redovisats.

Faktorer som bör inverka på **konsekvensen** är den volym och det innehåll som gruvverksamheten innehåller i dammar (sedimentationsdammar och klarningsbassänger). Vid ett eventuellt dammvallsbrott kan både vätska och sediment frigöras. Viktiga egenskaper för innehållet är miljöfarligheten dvs. koncentrationen av t.ex. metallhalter, pH och sedimentens vittringsegenskaper. Även utspädningseffekten i recipienten är väsentlig.

Bland Bolidens dammvallar är Aitik (Kalixälven) och Gillervattnet (Skellefteälven) klassade som klass 1B och övriga som klass 2 eller 3. Anrikningsverksamheten i Kristineberg (Skellefteälven) är avvecklad men det finns en sedimentationsdamm med hög dammvall (18 m) och näraliggande väg, som kommer översvämmas vid dammbrott dvs. förutsättningar som tyder på klass 1A-B.

I litteraturen finns en sammanställning över svenska gruvdammar (Ahnström& Benckert, 1995). Förteckningen är emellertid inte helt aktuell och saknar klassning enligt DTU-manualer. Av förteckningen framgår att Aitik har den i särklass största dammen med vätska som kan frigöras (15 miljoner m³).

Inom detta projekt finns det inte utrymme för att göra en riskklassificering över aktiva och nedlagda svenska gruvor. Däremot föreslås en riskmatris med hjälp av DTU-manualernas terminologi, tabell 5.7. *OBS! Matrisen blandar ekonomiska konsekvenser, miljökonsekvenser och människoliv. Det här projektet syftar endast till miljöpåverkan.*

Tabell 5.7 Förslag till riskmatris för gruvverksamhetens dammvallar med nomenklatur efter DTU-manualer.

Sannolikhet	4. Uppenbar	2	1B	1B	1A	1A
	3. Beaktansvärd	2	2	1B	1B	1B
	2. Icke försumbar	2	2	2	2	1B
	1. Försumbar	3	3	3	3	3
	Beaktansvärd					

Konsekvens

6 Resultat av kartering

6.1 Miljöpåverkan vid naturliga översvämningar

En sammanställning för varje älvdal har utförts med Räddningsverkets översiktliga översvämningsskartering på lantmäteriets Röda kartan. På kartorna har sedan alla identifierade risk- och skyddsobjekt lagts in som sammanfaller med de översvämmade områdena. Risk- och skyddsobjekt definieras i kapitel 5 och har tillhandahållits digitalt från respektive länsstyrelser. Eftersom länsstyrelserna kommit olika långt med såväl inventeringsarbetet som digitaliseringen finns det stora skillnader mellan älvdalarna i de insamlade uppgifterna.

Redovisningen börjar med en översiktskarta för respektive älvdal följt av uppförstoringar för varje riskobjekt. Till varje riskobjekt hör en tabell där en viktad produkt redovisas för varje skyddsobjekt högst 50 km nedströms och en viktad produktsumma för alla skyddsobjekt/produkter. Viktningssystemet finns beskrivet i avsnitt 5.5.

I tabell 6.1 redovisas en sammanställning över vilka risk- och skyddsobjekt som hantearats i respektive älvdal.

Alla kartor är publicerade enligt Copyright Lantmäteriverket 1998, ur lantmäteriets GSD, DNR 507-99-227.

Tabell 6.1. Tabell över vilka risk- och skyddsobjekt som erhållits för de olika älvdalarna.

Inventeringsområden	Lagan ¹	Klarälven	Ljusnan	Kalixälven
Riskobjekt				
A- och B -klassade verksamheter	F och G län 9 B-objekt	1 A-objekt 5 B-objekt	5 B-objekt	3 B-objekt
Förorenade markområden	5	16	1 nedlagt B-objekt	-
Gruvdammar	0	0	0	0
Skyddsobjekt				
Nationalparker	F län. 0 st	0	0	0
Naturreservat och naturskyddsområden	3	15	3	0
Vattenskyddsområden	24	17	11	1
Jordbruksmark	14	17	-	4
Områden med flodpärlmusslor	Känsliga uppgifter som kan missbrukas och därför ej medtagits			
Lekplatser för fisk	H län, ej karterade	-	-	-
Våtmarker	-	34	-	-
Ängs- och hagmarker	-	22	-	-
Fiskodling	4	0	5	tillåts ej

1/ Lagans älvdal är uppdelad på Jönköpings (F), Kronobergs (G) och Hallands (N) län

Av sammanställningen framgår att karteringen hittills omfattar flest slags skyddsobjekt i Värmland. Antalet karterade risk- och skyddsobjekt är relativt få i Ljusnan och Kalixälven, vilket sannolikt hänger samman med en lägre exploateringsgrad. Bilderna och tabellerna på följande sidor visar hur de karterade risk och skyddsobjekten är placerade samt vilken viktad miljöpåverkansrisk de fått vid en översvämning.

Lagan

Högsta produkten (4 av maximalt 8) återfanns för vattentäkter och jordbruksmarker i flera områden. Högsta produktsumman (18) erhöles för Ljungby avloppsreningsverk (B-anläggning), som enligt denna karteringsmetodik påverkar 4 vattentäkter och 2 jordbruksmarker.

Klarälven

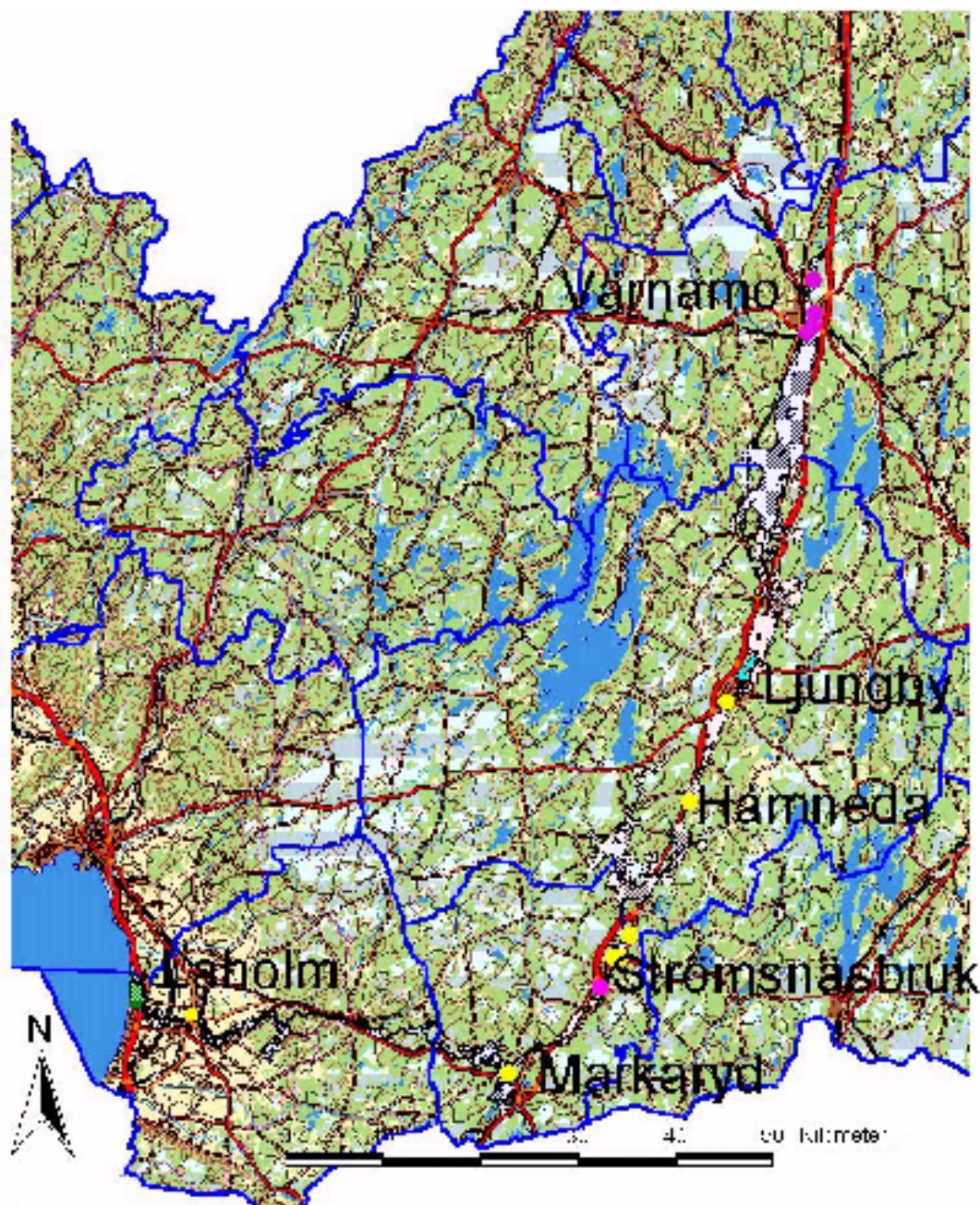
Högsta produkten (4 av maximalt 8) återfanns för jordbruksmarker, våtmarker och ängsmarker i flera områden. Högsta produktsumman (20) erhöles för Munkfors Bruk (2 förorenade markområden) i Munkfors, som enligt denna karteringsmetodik påverkar 4 naturreservat, 6 vattenskyddsområden, 2 jordbruksmarker, 4 våtmarker samt 10 ängs- och hagmarker. Nästan lika höga produktsummor (19) fås för två förorenade markområden i Deje (Laxholmen, hantering av natriumcyanid). Produktsumman 16 för ett A-objekt vid Örsholmsviken i Karlstad är också av intresse eftersom alla fyra skyddsobjekt (1 naturreservat och 3 våtmarker) får produkten 4.

Ljusnan

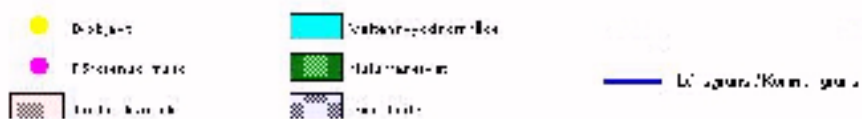
Högsta produkten (4 av maximalt 8) återfanns för vattentäkter i två områden. Högsta produktsumman (12) erhöles i Vallsta för en nedlagd B-anläggning, som enligt denna karteringsmetodik påverkar 3 vattentäkter.

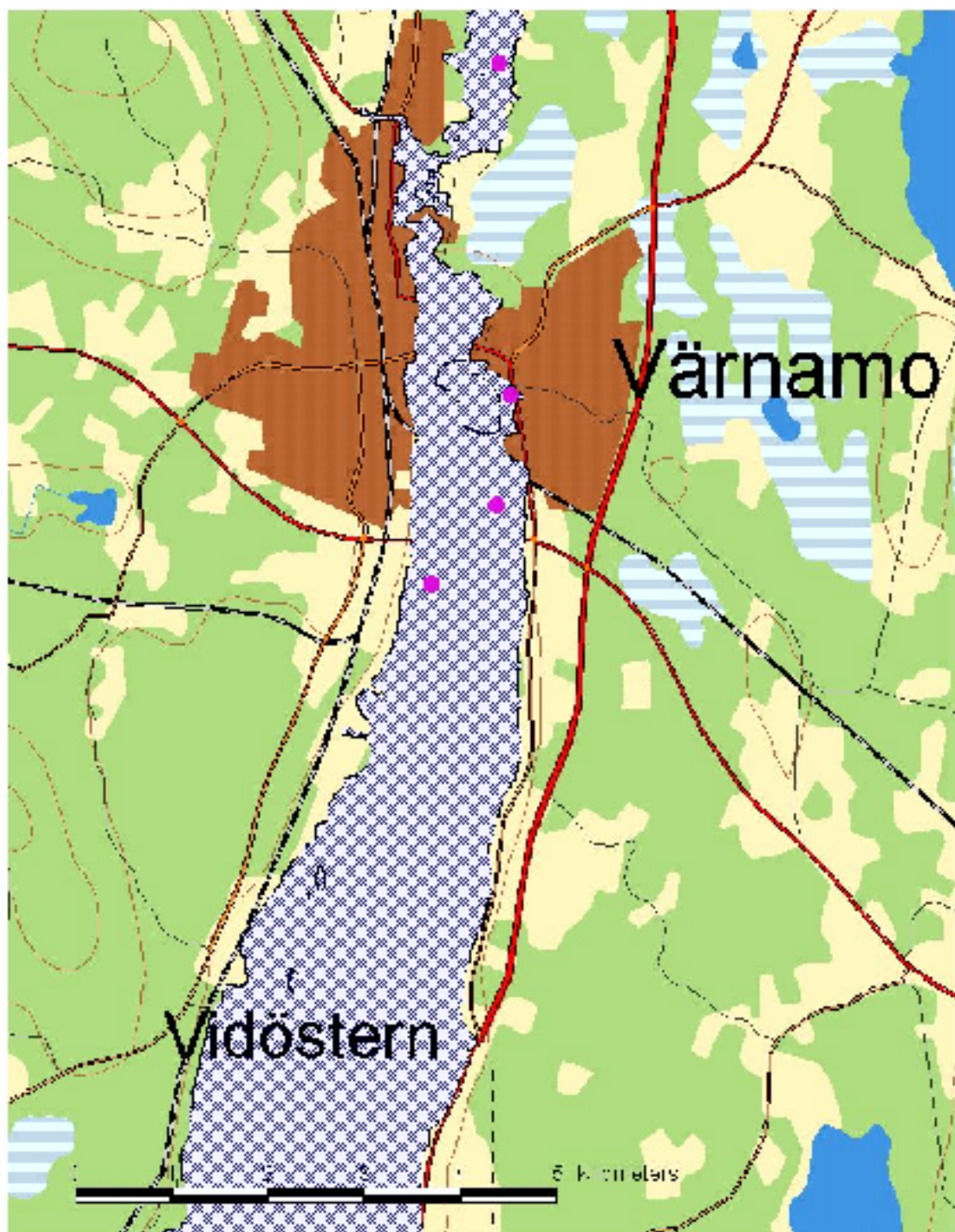
Kalixälven

Högsta produkten (4 av maximalt 8) återfanns för en vattentäkt. Högsta produktsumman (8) erhöles i Överkalix för avloppsreningsverket (B-anläggning), som enligt denna karteringsmetodik påverkar 1 vattentäkt och 2 jordbruksmarker. Kalixälven är en skild älv, vilket får till följd att inga fiskodlingar tillåts.



GSD-Röda kartan över Hallands, Jönköpings och Kronobergs län





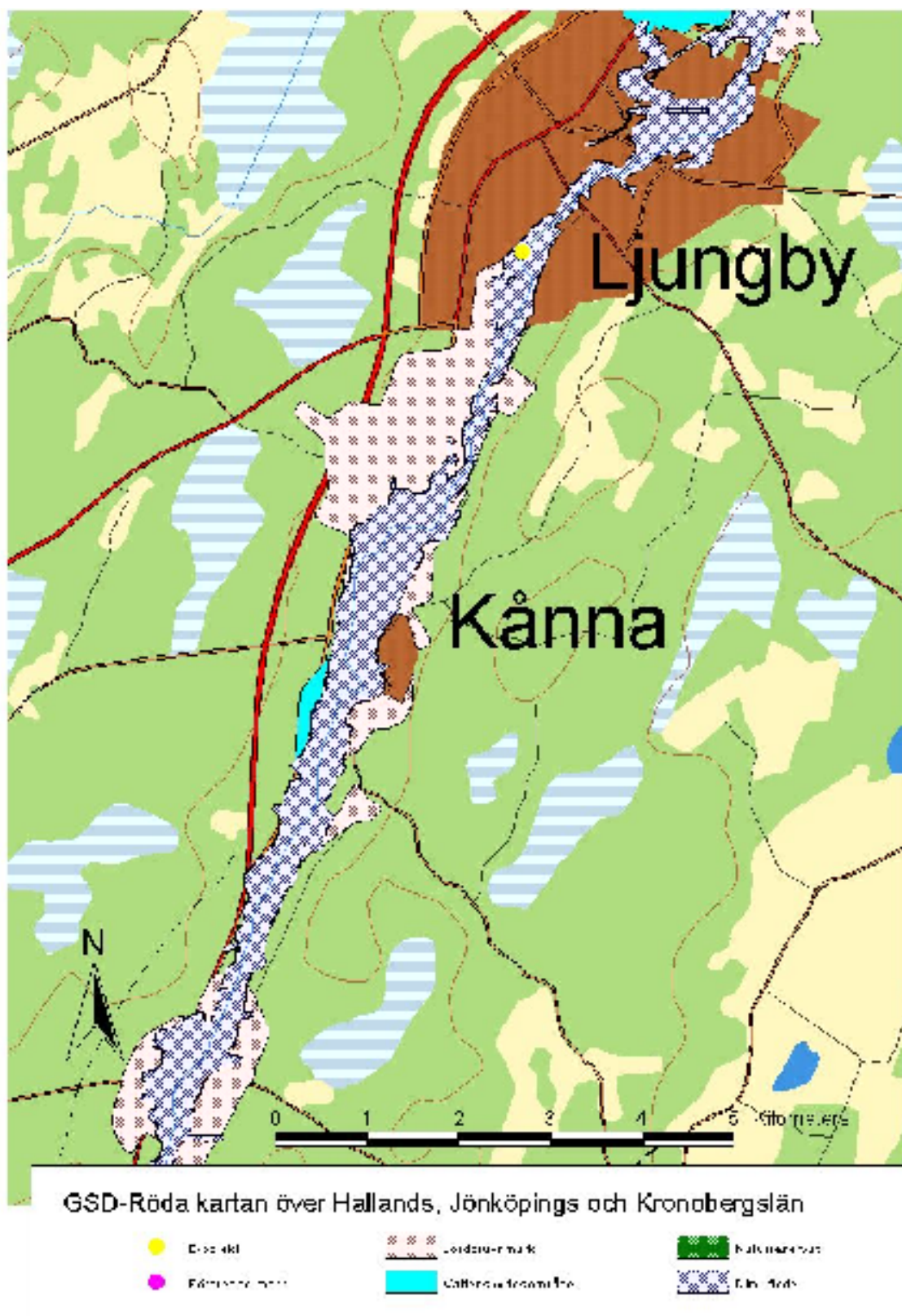
GSD-Röda kartan över Hallands, Jönköpings och Kronobergs län

- Jordbruk
- Jordbruksmark
- Vattenskyddsområde
- Förebyggande åtgärder
- Vattenskyddsområde
- Övrig röda

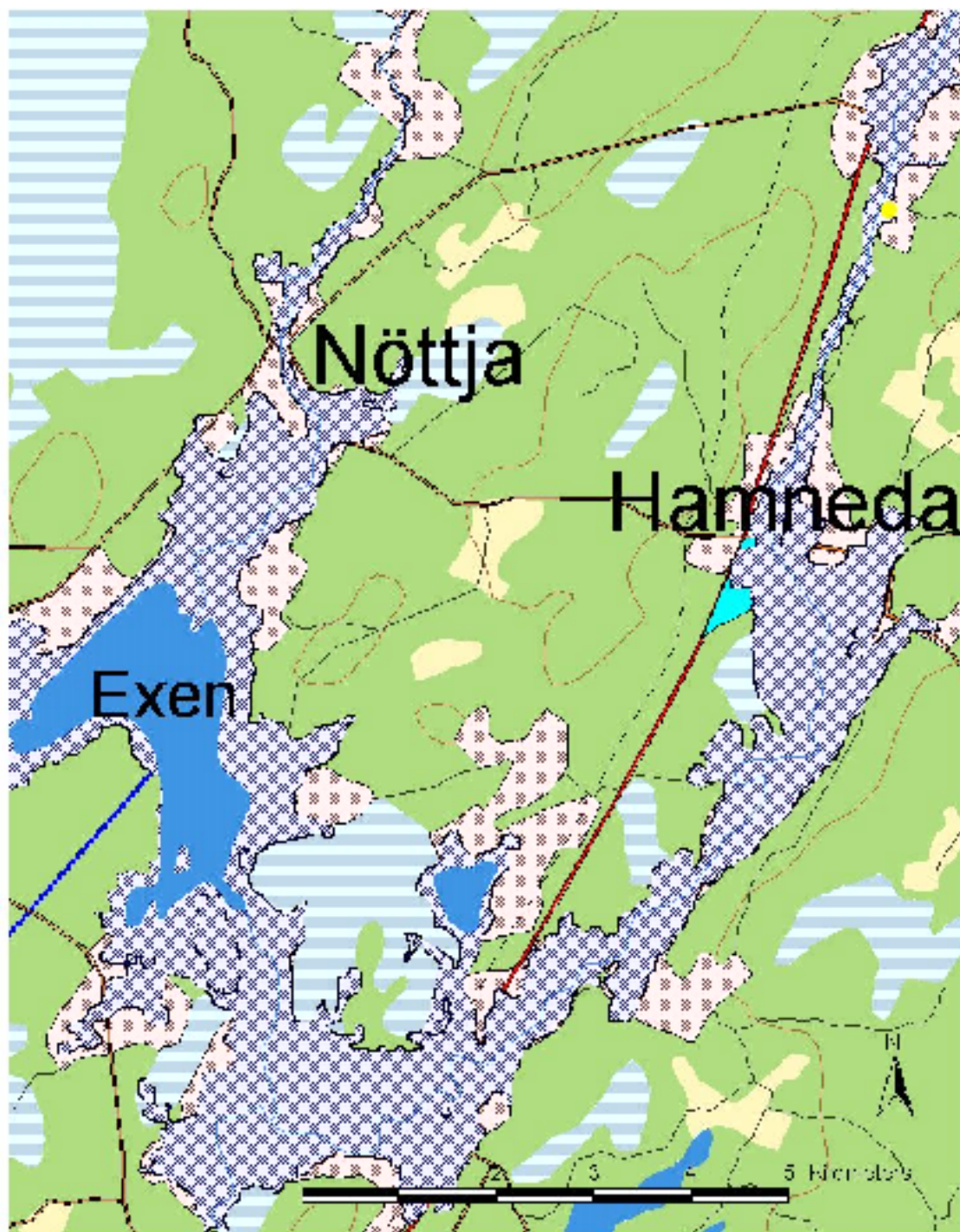
	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Jordbruk	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2

Summa för 4 stycken förenad mark

10

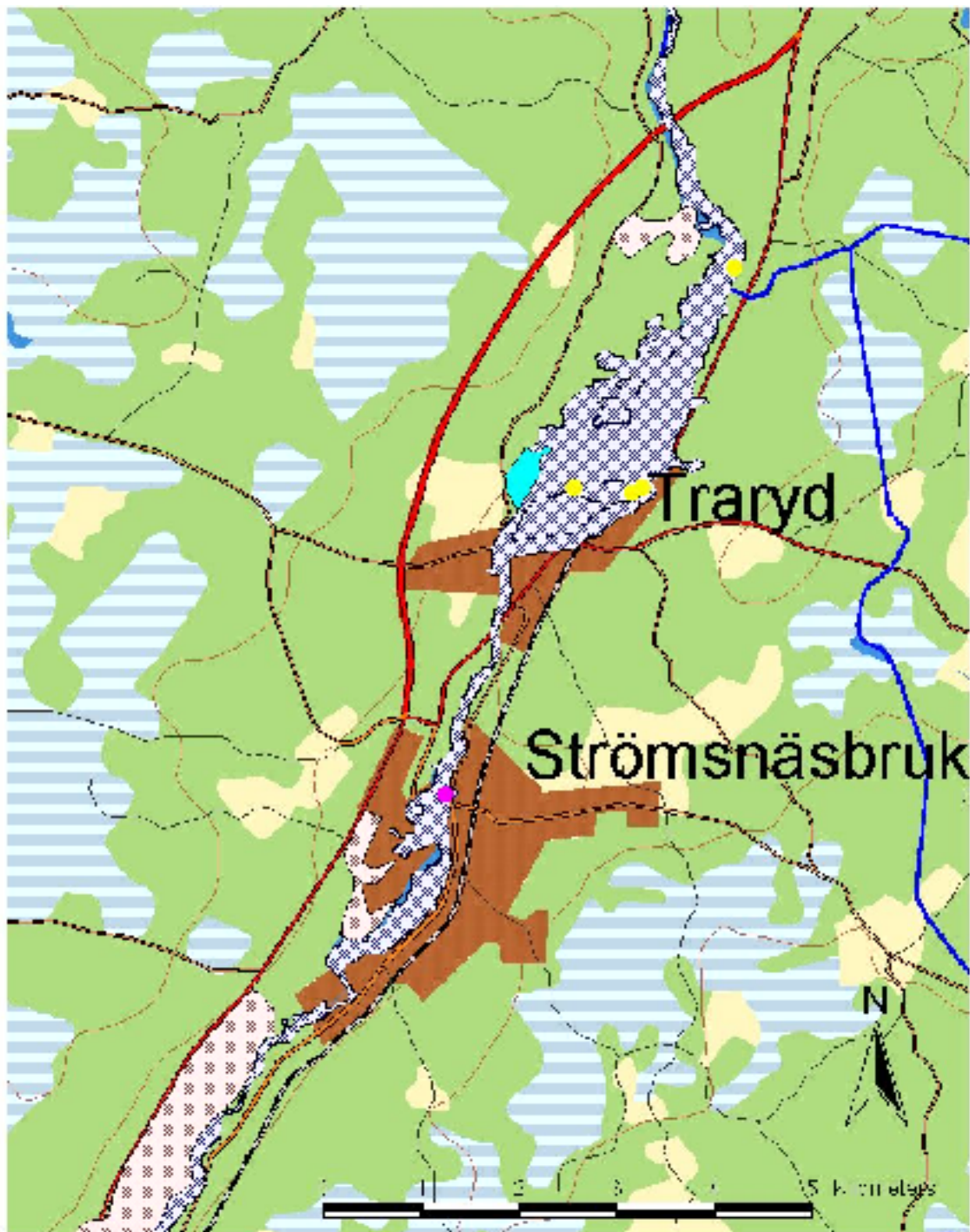


	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	2	2	4
Jordbruk	1	2	2	4
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Jordbruk	1	1	2	2
Summa för B-anläggning				18

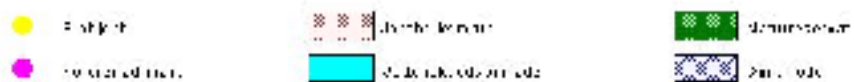


	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	2	2	4
Jordbruk	1	2	2	4
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Jordbruk	1	1	2	2

Summa för B-anläggning 16



GSD-Röda kartan över Hallands, Jönköpings och Kronobergs län



	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	2	2	4
Jordbruk	1	2	1	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Jordbruk	1	1	2	2
Fiskodling	1	1	1	1

Summa för B-anläggning

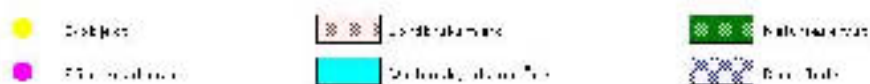
13

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	2	2	4
Jordbruk	1	2	1	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Jordbruk	1	1	2	2
Fiskodling	1	1	1	1
Summa för 3 stycken B-anläggningar				13

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	2	2	4
Jordbruk	1	2	1	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Naturreservat	1	1	1	1
Jordbruk	1	1	2	2
Fiskodling	1	1	1	1
Summa för förorenad mark				14



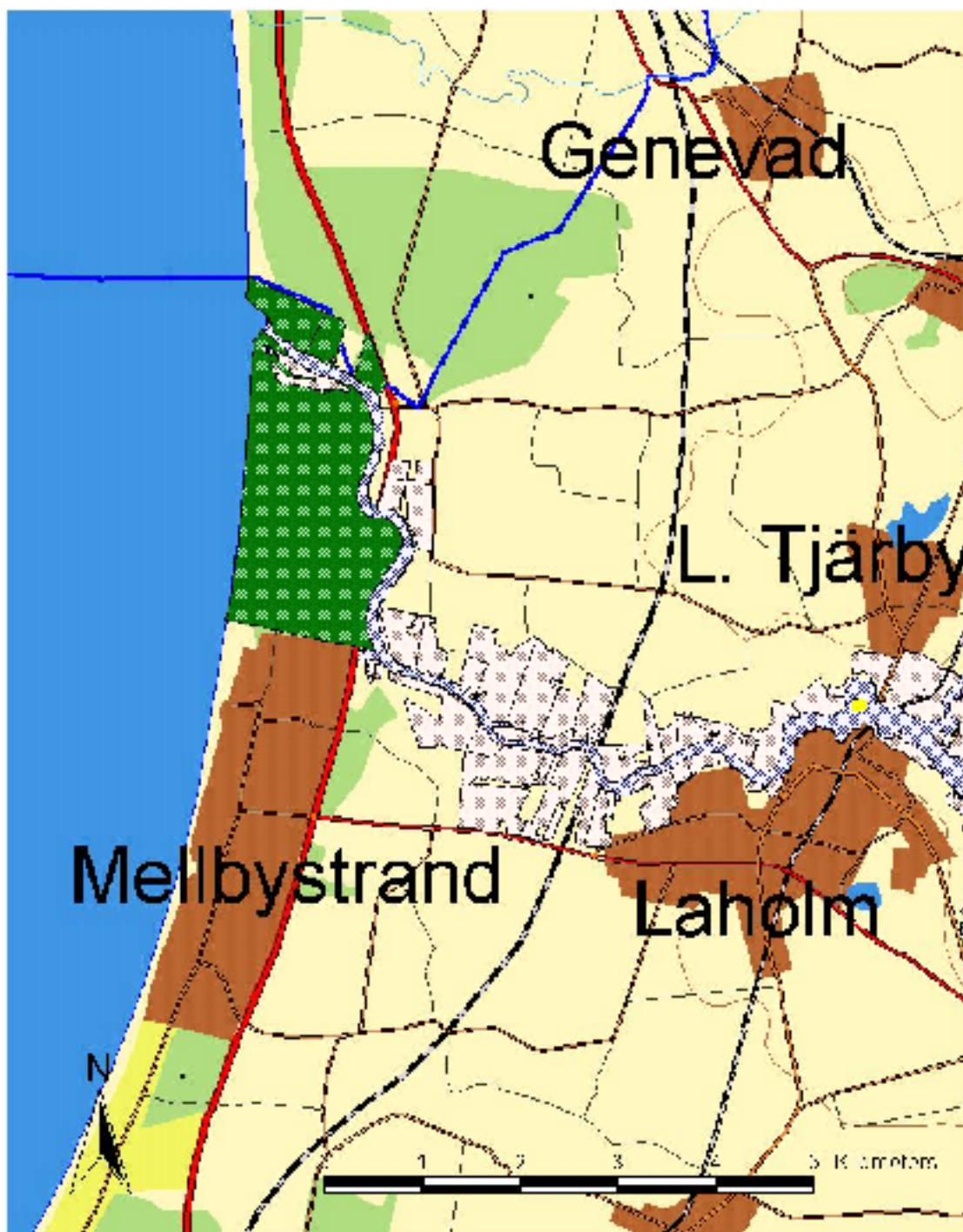
GSD-Röda kartan över Hallands, Jönköping och Kronobergs län



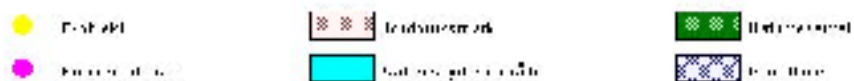
	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	2	2	4
Vattenskyddsområde	1	2	2	4
Jordbruk	1	2	1	2
Naturreservat	1	1	1	1
Jordbruk	1	1	2	2
Fiskodling	1	1	1	1

Summa för B-anläggning

14

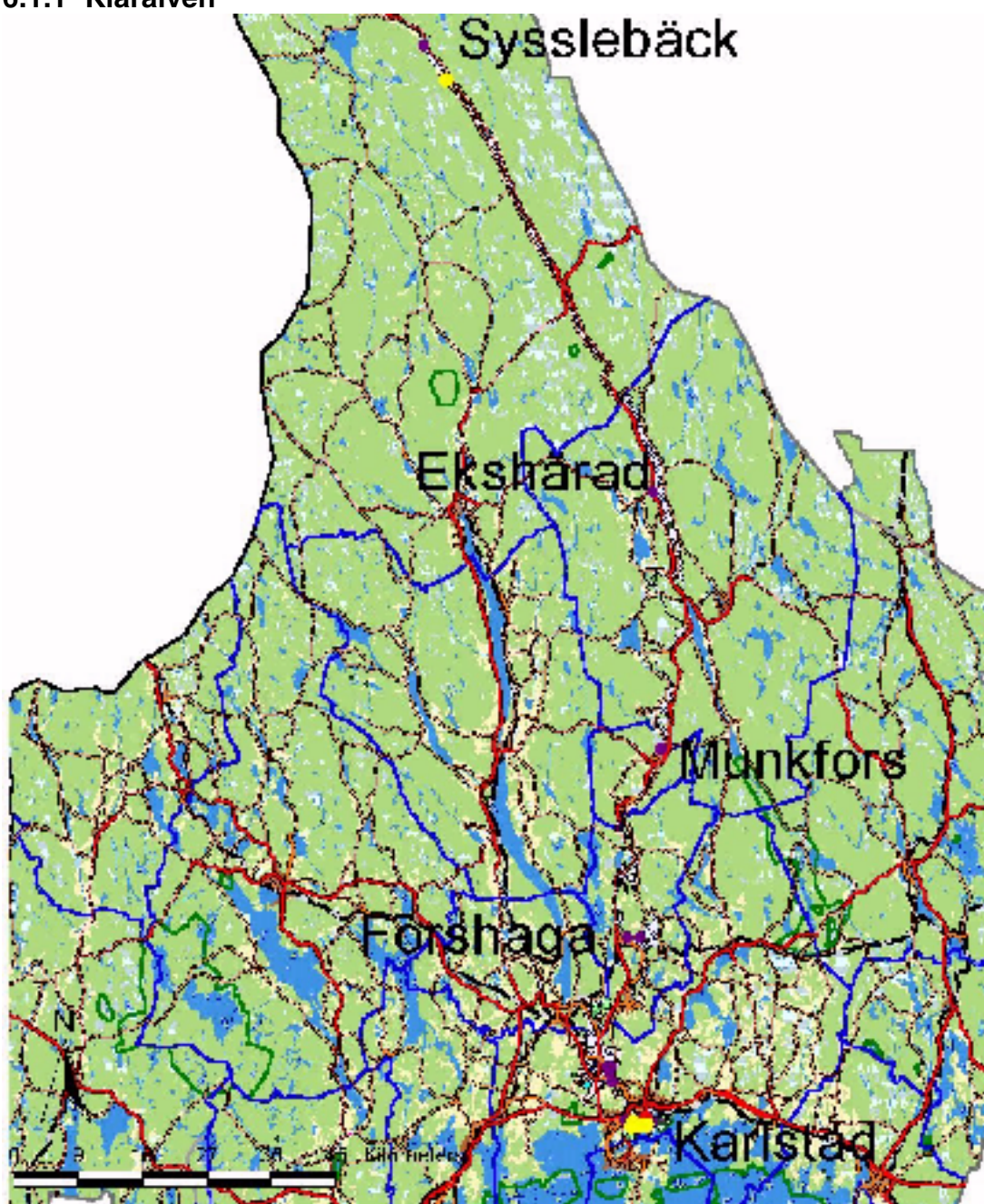


GSD-Röda kartan över Hallands, Jönköpings och Kronobergs län



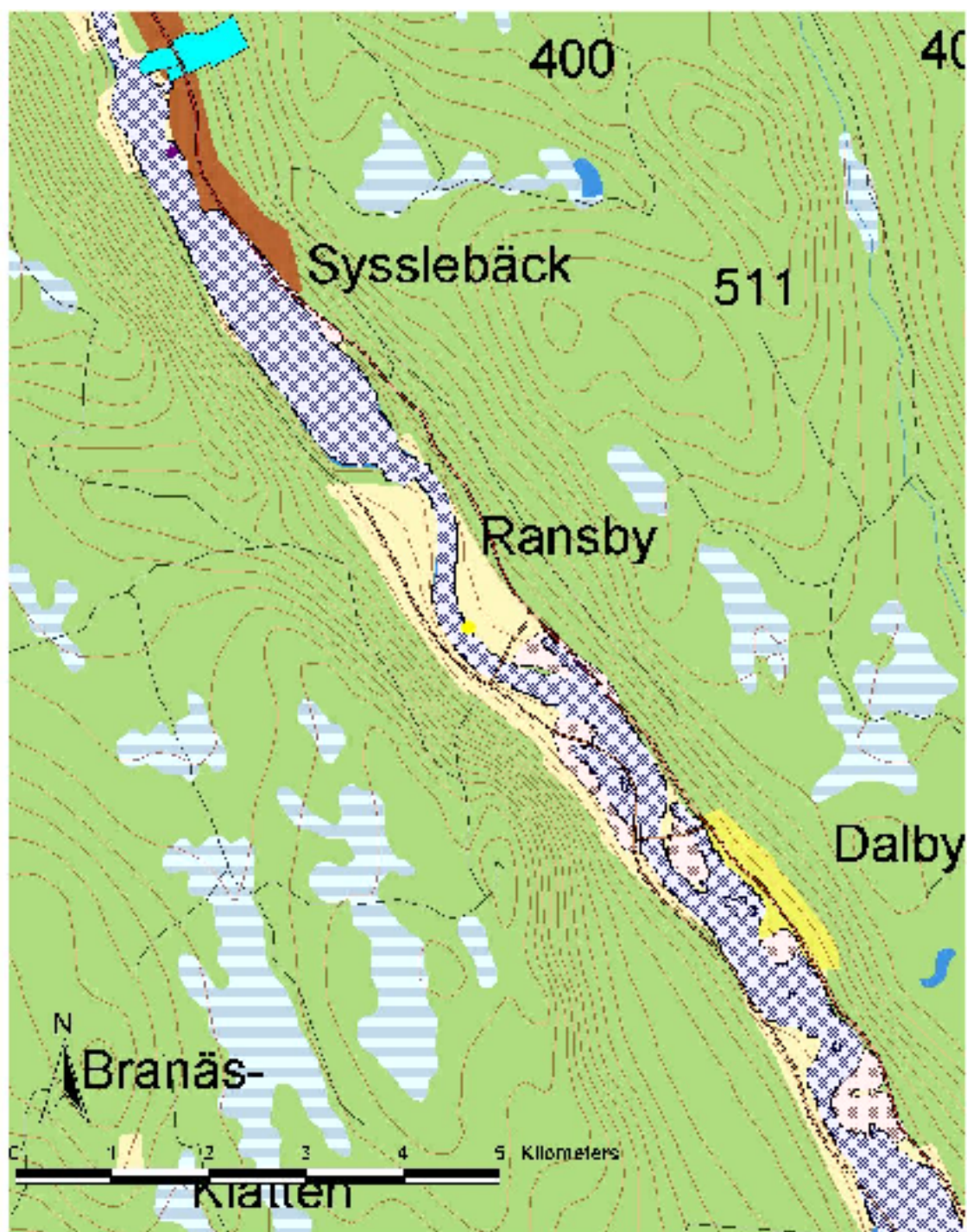
	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Jordbruk	1	2	1	2
Naturreservat	1	2	1	2
Summa för 2 stycken B-anläggningar				4

6.1.1 Klarälven



GSD-Röda kartan över Värmlands (S) län

Åker- och skogsbruk	Åkermark	Vattenkraftutbyggnad
Skogsdal	Naturskyddsområde	Länsvägar
Lövskog	Våtmark	Lokalsamfund
Obebyggd mark	Företagsområde	Kommungränser

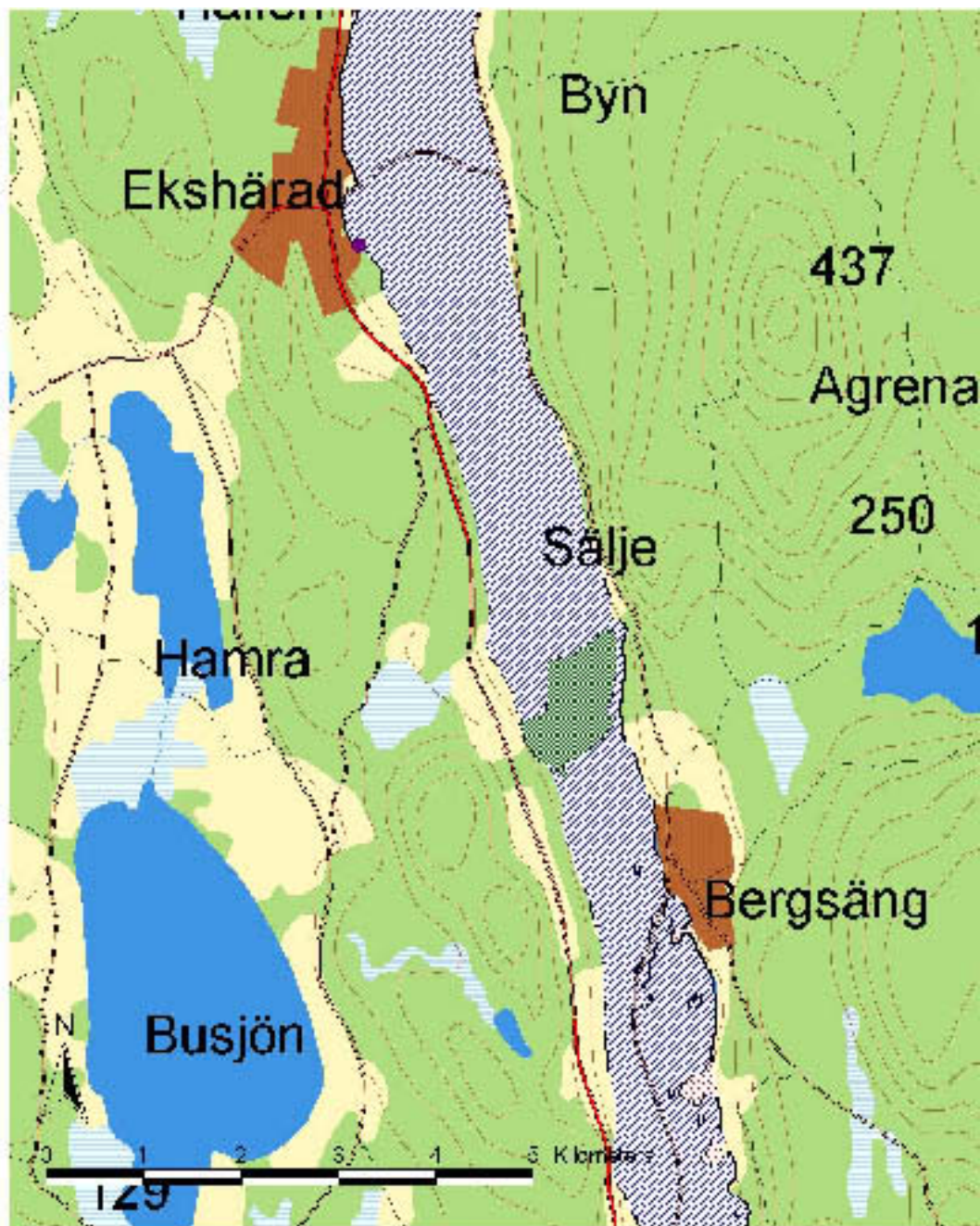


GSD-Röca kartor över Värmlands (S) län

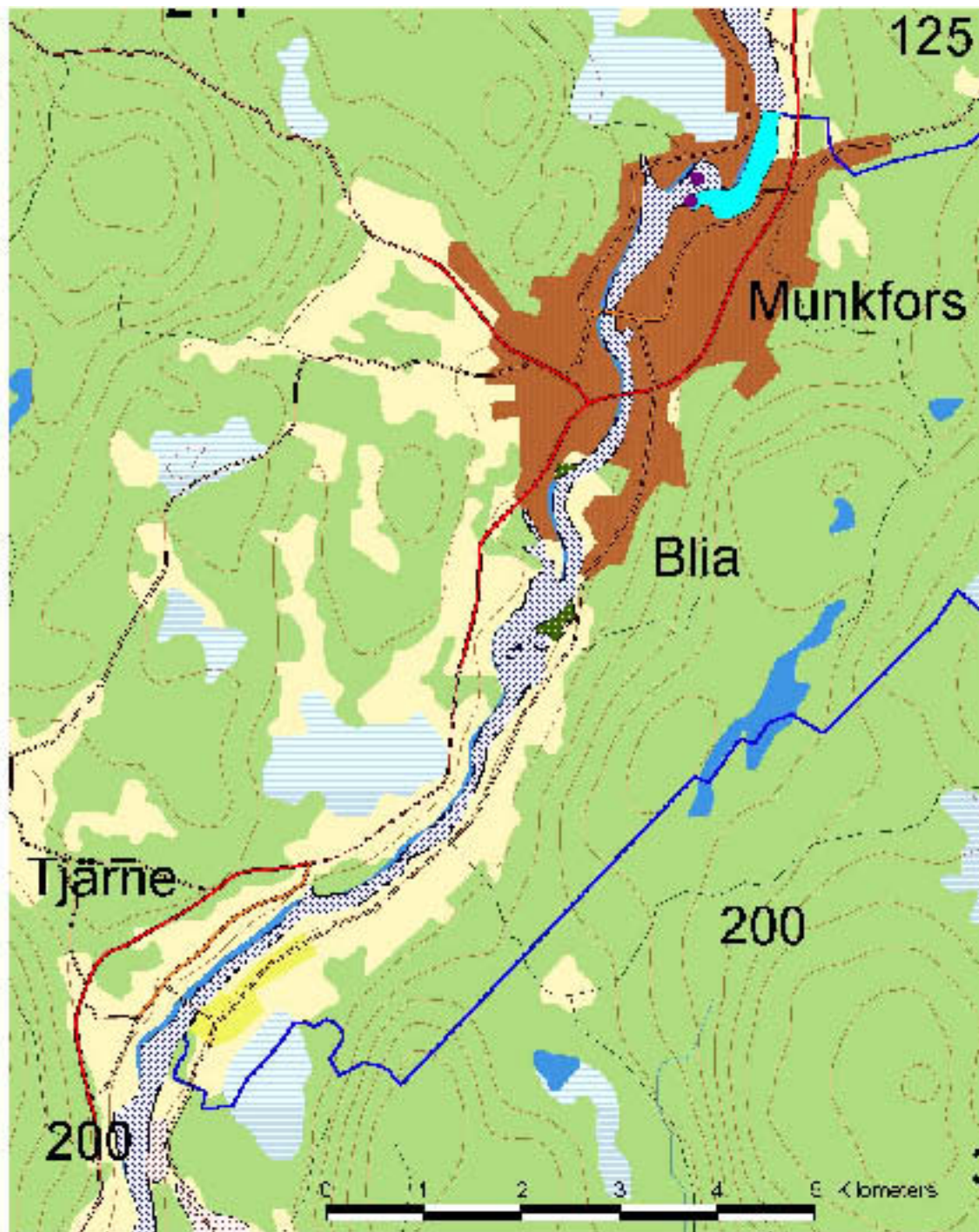
- | | | | |
|--|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Abetebestånd Åkermark Skog | <ul style="list-style-type: none"> Enskilt träsk Åkermarksgård Skogsmark | <ul style="list-style-type: none"> Vatten Enskilt fjäll Ständigt bebyggt område | <ul style="list-style-type: none"> Skogsmark Enskilt område |
|--|---|--|---|

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Jordbruk	1	2	1	2
Jordbruk	1	1	2	2
Summa för förorenad mark				8

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Jordbruk	1	2	1	2
Jordbruk	1	1	2	2
Summa för B-objekt				8



	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Naturresevat	1	2	1	2
Jordbruk	1	2	1	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Våtmark	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Äng	1	1	1	1
Äng	1	1	1	1
Jordbruk	1	1	1	1
Summa för förorenad mark				11



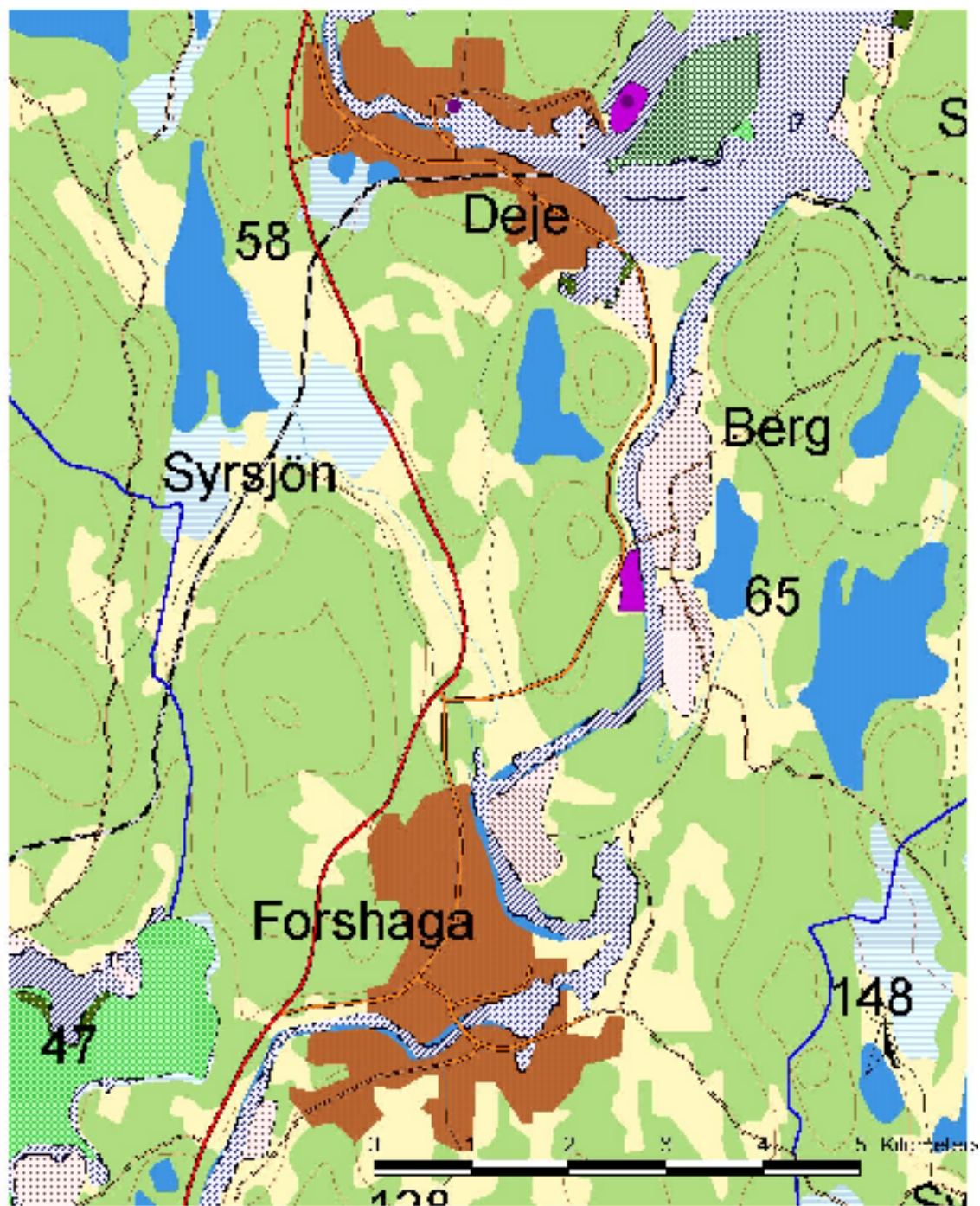
GSD-Röda kartan över Vämlands (S) län

Allt objekt shp		Upphöjning	Växerik	Linjeled:
●	Ärre		Förhöjning	
●	Björke		Eng och hagmark	
			Hägnadsmark	
			Skogsmark	
			Vattneläger	
			Vattneläger	

7.

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	2	1	2
Äng	1	2	1	2
Äng	1	2	2	4
Naturresevat	1	1	1	1
Naturresevat	1	1	1	1
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Våtmark	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Äng	1	1	1	1
Äng	1	1	1	1
Äng	1	1	1	1
Jordbruk	1	1	1	1
Summa för förorenad mark				20

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	2	1	2
Äng	1	2	1	2
Äng	1	2	2	4
Naturresevat	1	1	1	1
Naturresevat	1	1	1	1
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Våtmark	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Äng	1	1	1	1
Äng	1	1	1	1
Äng	1	1	1	1
Jordbruk	1	1	1	1
Summa för förorenad mark				20



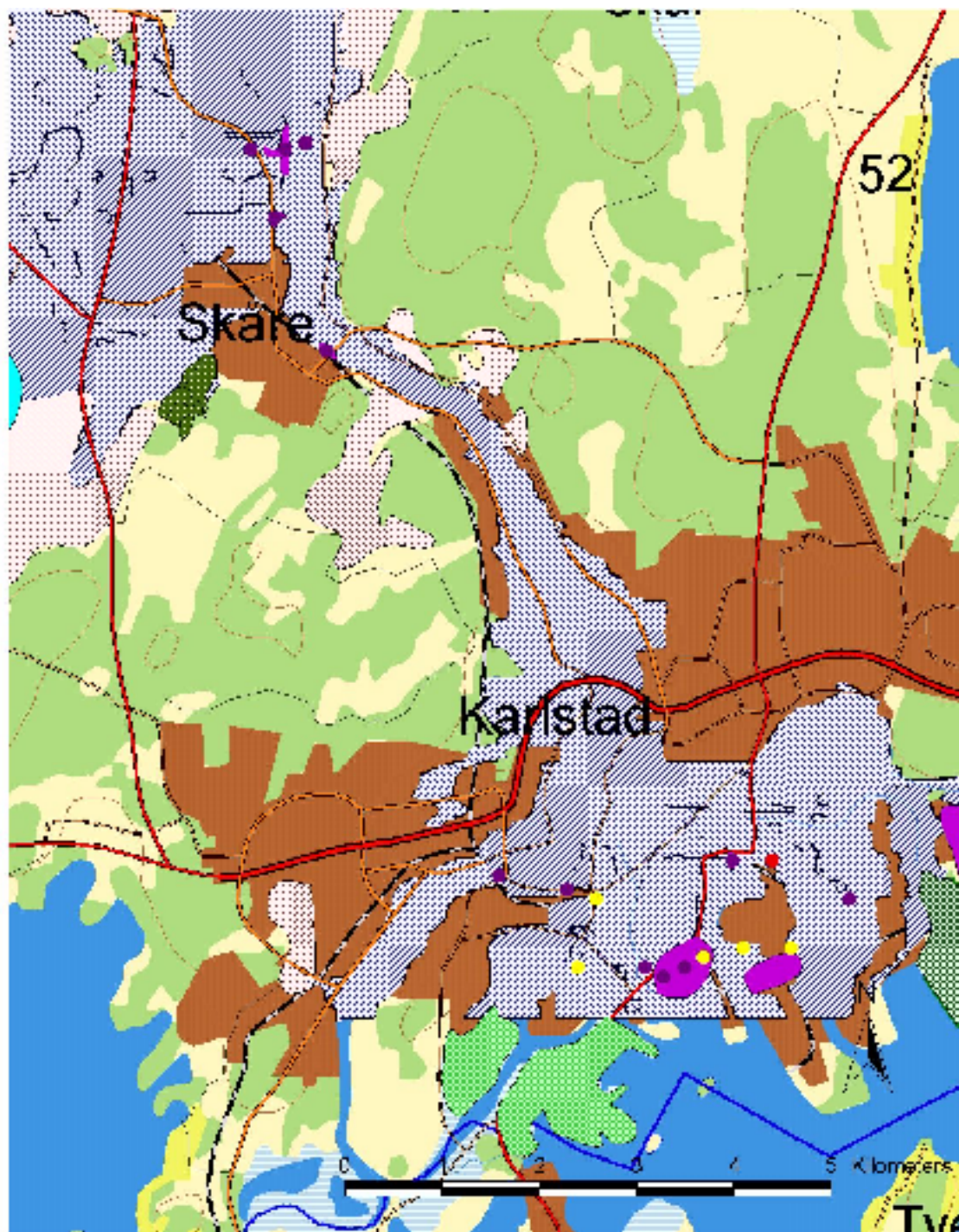
GSD-Röda kartan över Värmlands (S) län

<p>Ab-rot, eklska</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Skogsk ● Döds 	<ul style="list-style-type: none"> ● Skogsmark Skogsmark Skogsmark 	<ul style="list-style-type: none"> Skogsmark Skogsmark Skogsmark 	<ul style="list-style-type: none"> Skogsmark Skogsmark Skogsmark 	<ul style="list-style-type: none"> Skogsmark Skogsmark
---	---	---	---	--

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Naturreservat	1	2	1	2
Äng	1	2	1	2
Jordbruk	1	2	1	2
Naturreservat	1	1	1	1
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Våtmark	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Äng	1	1	1	1
Äng	1	1	1	1
Jordbruk	1	1	2	2
Summa för förorenad mark				19

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Naturreservat	1	2	1	2
Äng	1	2	1	2
Jordbruk	1	2	1	2
Naturreservat	1	1	1	1
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Våtmark	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Äng	1	1	1	1
Äng	1	1	1	1
Jordbruk	1	1	2	2
Summa för förorenad mark				19

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Våtmark	1	2	1	2
Jordbruk	1	2	1	2
Naturreservat	1	1	1	1
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Våtmark	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Äng	1	1	1	1
Äng	1	1	1	1
Jordbruk	1	1	2	2
Summa för förorenad mark				17



GSD-Röda kartan över Värmlands (S) län

Ås-objektskod	●	Enkelt hus	■	Skog	■	Skog
●	■	Skog	■	Skog	■	Skog
●	■	Skog	■	Skog	■	Skog
●	■	Skog	■	Skog	■	Skog

7.

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Våtmark	1	2	1	2
Äng	1	2	1	2
Jordbruk	1	2	2	4
Naturresevat	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Summa för förorenad mark				11

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Våtmark	1	2	1	2
Äng	1	2	1	2
Jordbruk	1	2	2	4
Naturresevat	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Våtmark	1	1	1	1
Summa för förorenad mark				11

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Naturresevat	1	2	1	2
Våtmark	1	2	1	2
Våtmark	1	2	1	2
Våtmark	1	2	1	2
Jordbruk	1	2	1	2
Summa för förorenad mark				10

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Naturresevat	2	2	1	4
Våtmark	2	2	1	4
Våtmark	2	2	1	4
Våtmark	2	2	1	4
Summa för A-objekt				16

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Naturresevat	1	2	1	2
Våtmark	1	2	1	2
Våtmark	1	2	1	2
Våtmark	1	2	1	2
Summa som gäller för 4 B-objekt och 6 förorenad mark				8

6.1.2 Ljusnan

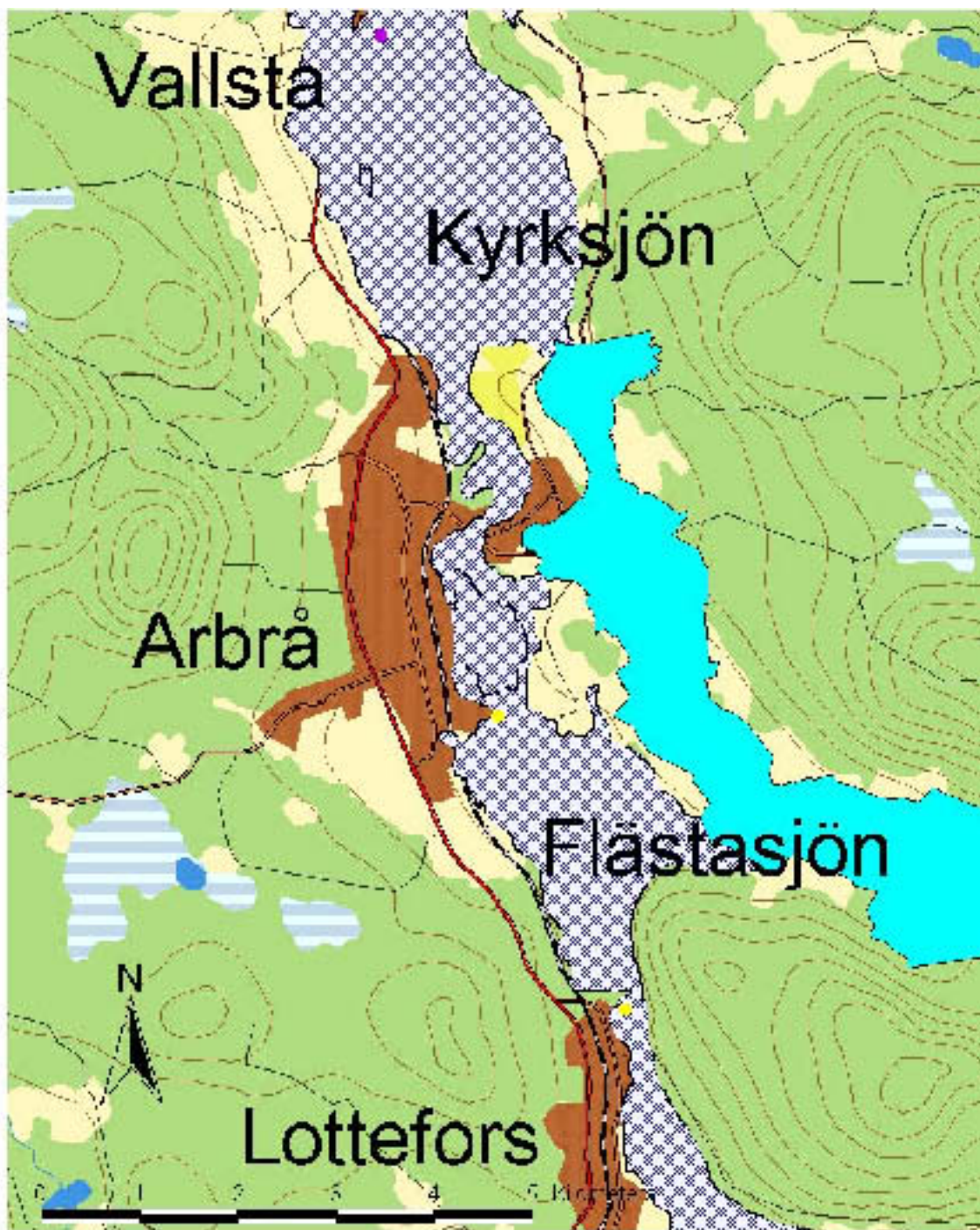




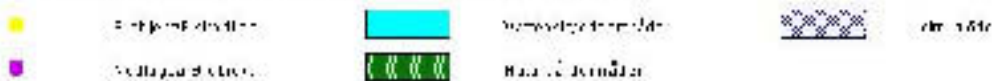
GSD-Röda kartan över Gästriklands (X) län

- Rådskifveling
- Vattenskyddsområde
- Skiljelinje
- Naturhistoriskt objekt
- Naturreservat

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Naturreservat	1	2	1	2
Naturreservat	1	1	1	1
Naturreservat	1	1	1	1
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Summa för B-anläggning				6



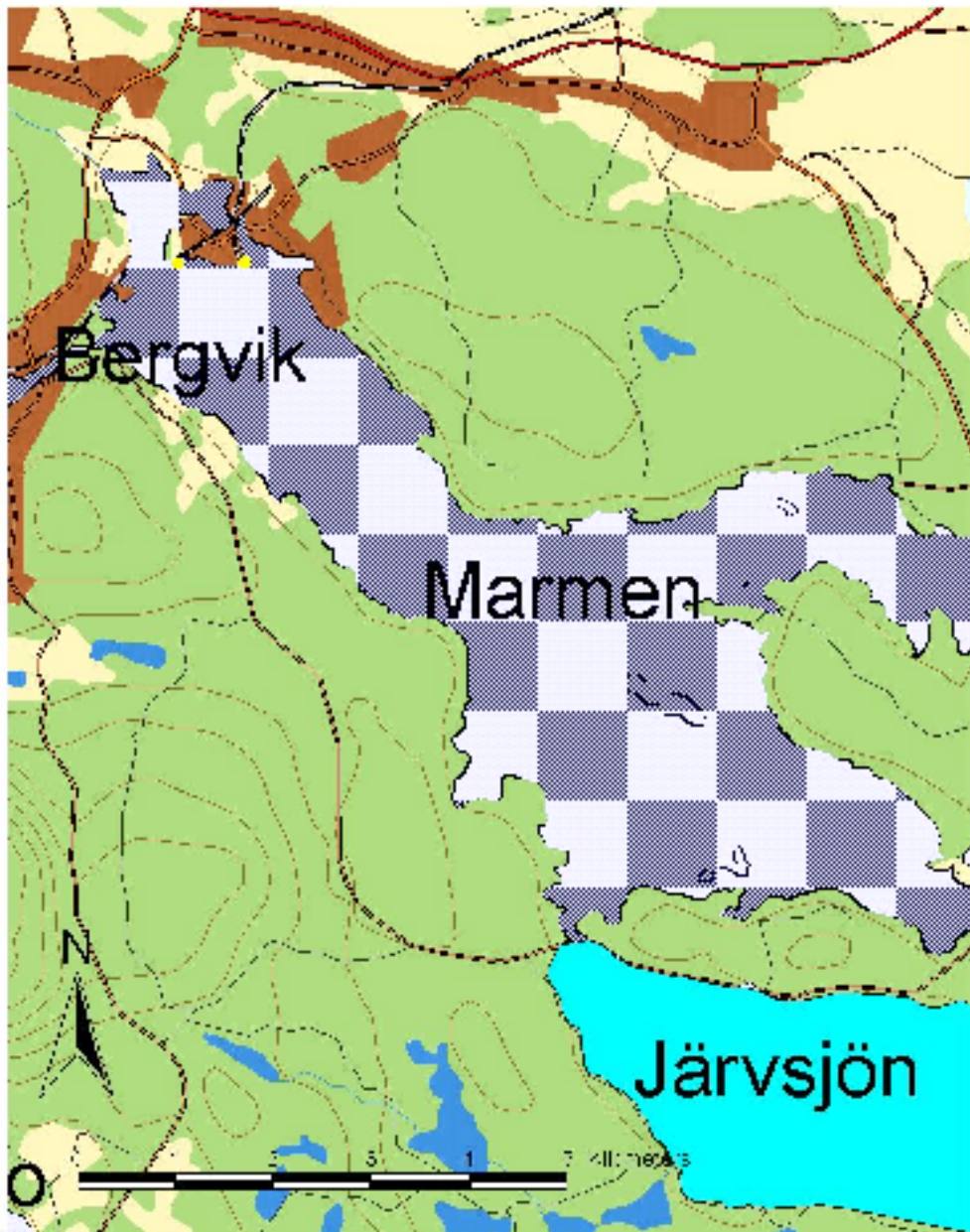
GSD-Röda kartan över Gästriklands (X) län



	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	2	2	4
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Summa för nedlagd B-anläggning				8

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	2	2	4
Fiskodling	1	2	1	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Fiskodling	1	1	2	2
Summa för B-anläggning				12

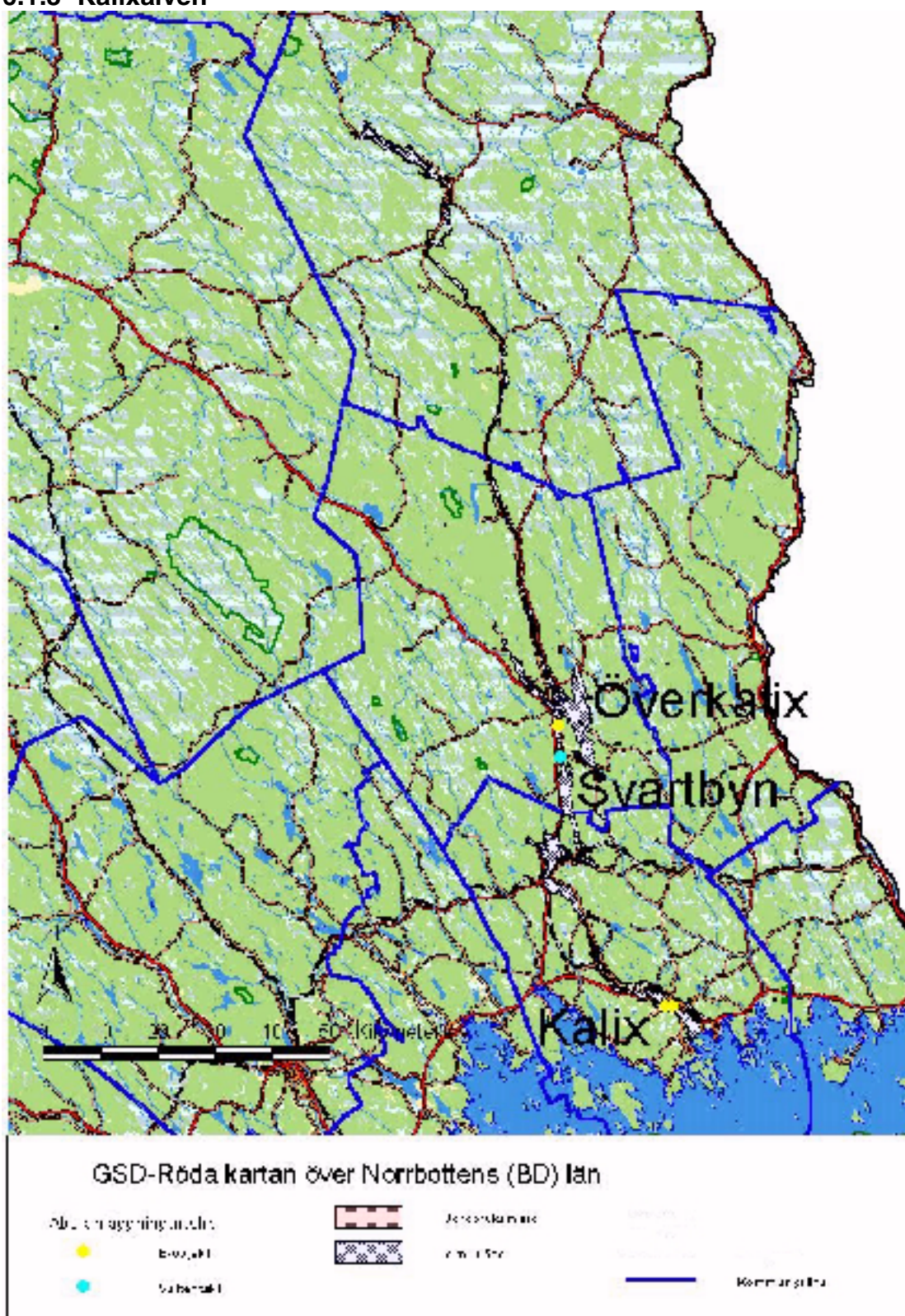
	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Vattenskyddsområde	1	1	2	2
Fiskodling	1	1	1	1
Summa för B-anläggning				5

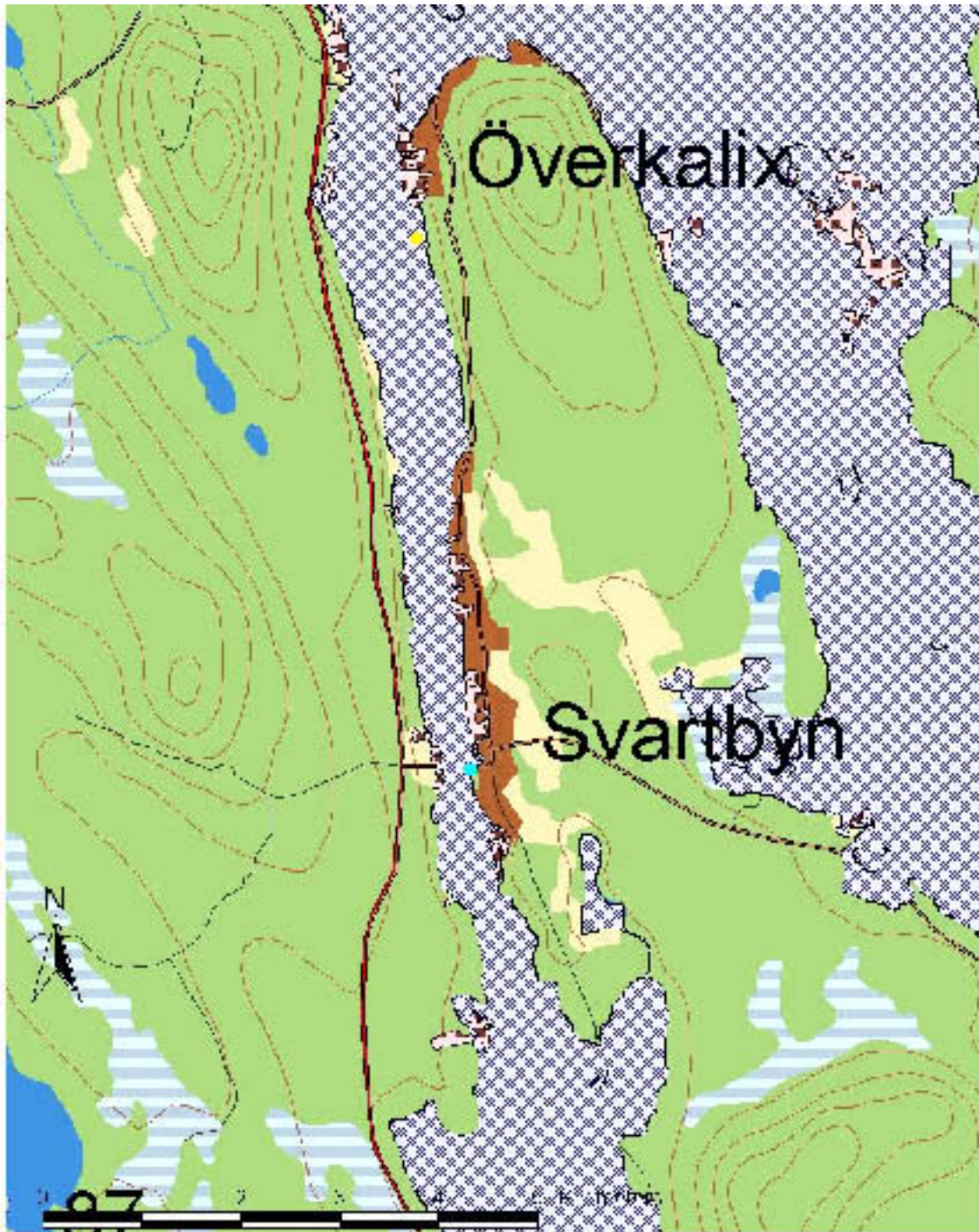


	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	2	2	4
Fiskodling	1	1	1	1
Summa för B-anläggning				5

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	2	2	4
Fiskodling	1	1	1	1
Summa för B-anläggning				5

6.1.3 Kalixälven

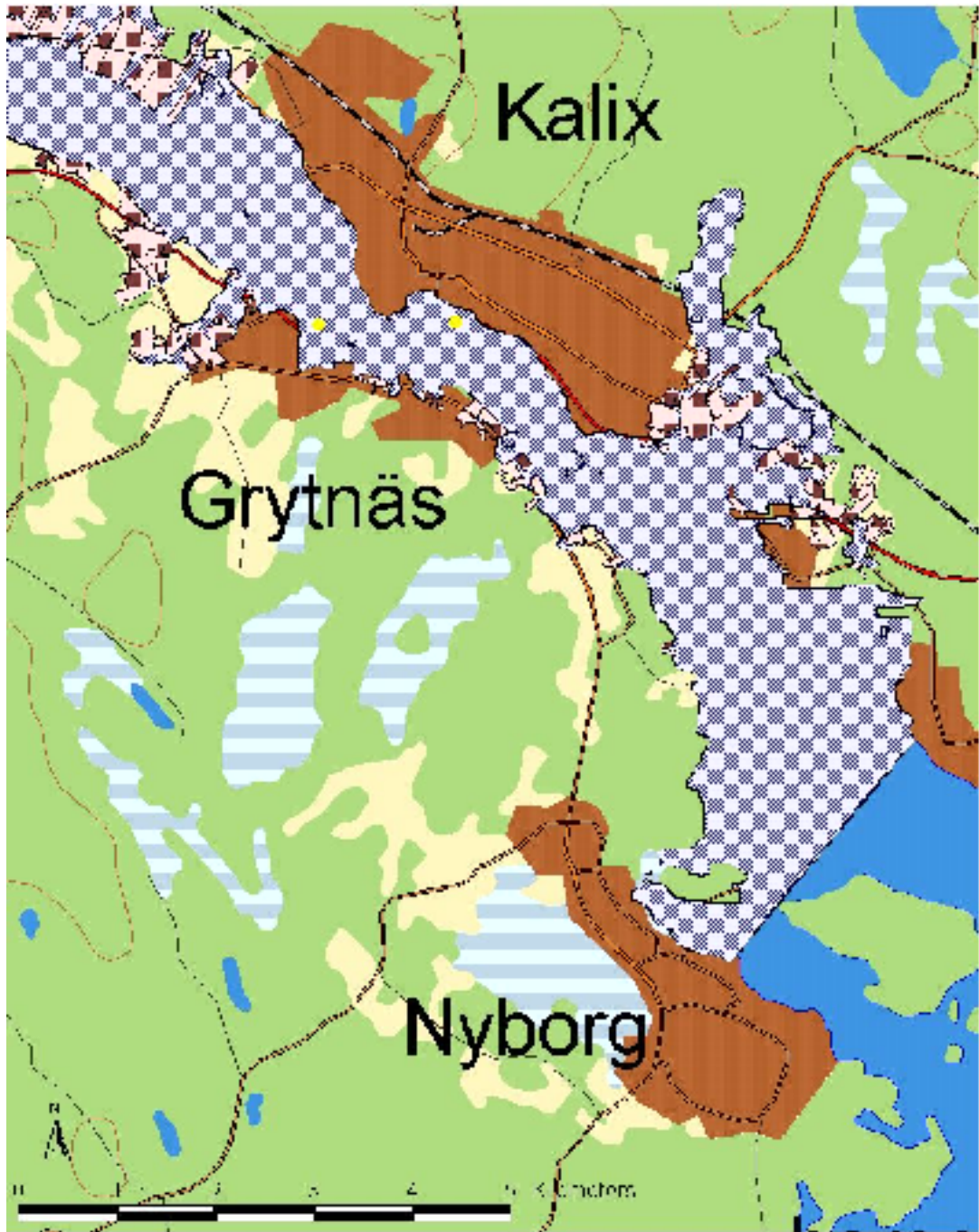




GSD-Röda kartan över Norrbottens (BD) län



	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Vattenskyddsområde	1	2	2	4
Jordbruk	1	2	1	2
Jordbruk	1	1	2	2
Summa för B-anläggning				8



GSD-Röda kartan över Norrbottens (BD) län

Äre-anläggningstyp:

- Färdväg
- Sjöbotten



Jordbruksområde
Skyddsområde

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Jordbruk	1	2	1	2
Summa för B-anläggning				2

	Riskobjekt	Avstånd	Skyddsobjekt	Produkt=Risk*Avstånd*Skydd
Jordbruk	1	2	1	2
Summa för B-anläggning				2

6.2 Hotbild från gruvdammar

Internationellt inträffar gruvdammsolyckor med katastrofala konsekvenser nästan en gång per år. En förteckning uppdateras efterhand på www.antenna.nl/~wise/uranium/-mdaf.html. Under det senaste året har fem stycken tillförts på listan. En gruvdammsolycka i Aitik år 2000 ingår i katastroflistan trots att konsekvenserna, relativt sett, blev mycket begränsade. I avsnitt 4.2 redovisas Aitikolyckan närmare liksom några internationella olyckor för att belysa möjliga orsaker samt jämföra konsekvenser och kostnader.

I litteraturen finns en sammanställning över svenska gruvdammar med uppdelning på gruvor i drift respektive avvecklade gruvor (Ahnström & Benckert, 1995). Förteckningen är emellertid inte helt aktuell och saknar klassning enligt DTU-manualer. Av förteckningen framgår att Aitik har den i särklass största dammen med vätska som kan frigöras (15 miljoner m³).

Bland Bolidens dammvallar är Aitik (Kalixälven) och Gillervattnet (Skellefteälven) klassade som klass 1B och övriga som klass 2 eller 3 (muntlig uppgift från Boliden Mineral AB). Anrikningsverksamheten i Kristineberg (Vindelälven/Umeälven) är avvecklad men det finns en sedimentationsdamm med hög dammvall och näraliggande väg, som kommer översvämmas vid dammbrott dvs. förutsättningar som tyder på klass 1A-B. I tabell 6.2 är de största gruvdamarna förtecknade med avseende på vätskevolym, dammhöjd m.m.

Tabell 6.2. Svenska gruvdammar sorterade efter magasinets kapacitet för vätska (efter Ahnström & Benckert, 1996 och uppgifter från Boliden Mineral AB).

Gruvdamm/Recipient	Vätskevolym miljoner m ³	Högsta dammhöjd M	Typ av malm	Gruvverksamhet
Aitik/Kalix älv	15	14	Koppar m.m.	I drift
Kristineberg/Umeälven	-	20	Sulfidmalm	Avvecklad
Saxberget/Mälaren	3,5	15	Komplex sulfidmalm	Avvecklad
Vassbo/Österdalälven	2,5	10	Blyglans	Avvecklad

Vattenkvaliteten i gruvdammar har stor betydelse för miljöpåverkan vid ett plötsligt utsläpp. I tabell 6.3 ges ett exempel på uppmätta värden från Kristineberg, en gruva där malmen betecknas som "besvärlig" ur miljösynpunkt. Man kan emellertid påverka vattenkvaliteten genom att reglera pH-värdet med kalkning. Så görs i Kristineberg och därför utgör avvattningen från omgivande terräng en större belastning för recipienten än det vatten som passerar dammens utskov.

Tabell 6.3. Exempel på uppmätt pH, metallhalter och sulfat i vattnet vid referenspunkt (Storkalven), utskovet från Kristinebergsgruvans damm och efter ”utspädning” i vattnet nedströms dammen (Aspliden).

Station	pH	Zink µg/l	Koppar µg/l	Kadmium µg/l	Arsenik µg/l	Sulfat mg/l
Juni 2000						
Storkalven (ref)	5,3	505	116	1,4	0,8	12
Utskov	5,7	33	8	0,09	0,7	839
Aspliden ¹	5,8	383	84	1,1	1,0	166
Oktober 2000						
Storkalven (ref)	6,3	704	145	1,8	0,7	13
Utskov	9,7	69	16	0,1	0,8	1040
Aspliden ¹	6,3	619	97	1,5	1,1	270
Referensvärden (Naturvårdsverket, 1999)						
Mycket hög halt	-	>300	>45	>1,5	>75	-

7 Diskussion

Det viktningsssystem som använts för klassificering i rapporten är relativt användarvänligt men innebär också begränsningar i användbarhet och ett avsteg från riskklassificering. Systemet kan ses som en möjlig arbetsmetod med utvecklingsmöjligheter.

Det finns ett antal faktorer som inte beaktas i projektet. Hälsoeffekter på människan behandlas inte direkt. Området utanför älvarnas utlopp behandlas inte vilket ger en felaktig bild av riskobjekten närmast kusten.

Klassificeringssystemet tar inte hänsyn till, vilket är en brist, att objekt närmare älvsstranden drabbas av översvämningar oftare och svårare än ett objekt längre från älvsstranden.

En svårighet i systemet är att skilja på punktobjekt respektive areella objekt. Jordbruksmark utgör areella skyddsobjekt som behandlats så att stora arealer fått ett högre värde. Det finns fler objekt som kan vinna på en liknande uppdelning t.ex. våtmarker.

Utspädningseffekter i recipienter behandlas olika i förslaget till utformning av klassificeringssystem för miljöpåverkan vid översvämningar respektive i förslaget till riskklassificering av gruvdammar.

Karteringarna ger olika stora summaparametrar vilket bör tolkas olika för respektive län. I Värmland finns många skyddsobjekt inlagda vilket bidrar till höga summaparametrar. I Norrlandslänen är summaparametrarna generellt lägre vilket kan bero dels på att det inte finns så många skyddsobjekt dels på att länsstyrelserna kommit olika långt i karteringen. För den som arbetar med den här typen av sammanställningar är det viktigt att se möjligheter till miljöföroreningar. En hög summaparameter behöver inte betyda en farlig kombination av risk- och skyddsobjekt men bör följas upp med en djupare analys. T.ex. bör då hänsyn tas till eventuella förebyggande översvämningsskydd.

Det har konstaterats spridning av föroreningar till vattendrag i samband med översvämningar och brott i gruvdammar. Rapporterade skador på skyddsobjekt är hittills relativt begränsade i tiden, t.ex. tillfällig avstängning av vattentäkt. Livsmedelsverket genomför ett arbete för att beskriva smittspridningsriskerna.

8 Referenser

Ahnström P, Benckert A, 1995: Gruvdammar – Planering, utformning och efterbehandling samt sammanställning av svenska förhållanden. Kungliga tekniska Högskolan, Avd för vattenbyggnad, Inst för Anläggning och miljö. Examensarbete Nr 368.

Alén C, Bengtsson, PE, Berggren, B, Johansson, L, Johansson, Å, 2000: Skredriskanalys i Göta älvdalen – Metodbeskrivning. Rapport 58. Statens geotekniska institut. Linköping.

Kemakta, 2000: Förslag till efterbehandling av förorenat industriområde vid Bengtsbrohöljen, Bengtsfors kommun. Kemakta AR, maj 2000.

Naturvårdsverket, 1999a: Metodik för inventering av förorenade områden – Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Vägledning för insamling av underlagsdata. Rapport 4918. ISSN 0282-7298.

Naturvårdsverket, 1999b: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet - sjöar och vattendrag. Rapport 4913. ISBN: 91 620 4913 5.

RIDAS, 1997: Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet. Svenska Kraftverksföreningen. Vattenregleringsföretagens samarbetsorgan (VASO).

Rosén L, 1995: Estimation of hydrogeological properties in vulnerability and risk assessments. Doktorsavhandling. Publ A 79. Geologiska inst. Göteborg.

Räddningsverket, 1989: Att skydda och rädda liv, egendom och miljö. Handbok i kommunal riskanalys inom räddningstjänsten. Karlstad.

Räddningsverket; Översvämningar 2000

Statens Vattenfallsverk, Svenska Kraftverksföreningen, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut, 1990: Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Slutrapport från Flödeskommittén.

Vägverket, 1998: Förorening av vattentäkt vid vägtrafikolycka – Hantering av risker med petroleumutsläpp. Publ 98:064. Vägverket. Borlänge. ISSN 1401-9612.

9 Bilaga 1

9.1 Typer av klassificeringssystem

För att bygga upp ett klassificeringssystem bör man först klargöra vilket syfte ett sådant system skall ha. Syftet är styrande för utformningen av ett klassningssystem. En uppbyggnad av ett klassningssystem som endast bygger på att använda den data som finns tillgänglig kan göra att systemet ger missvisande resultat.

9.1.1 Viktningssystem

Många system, t.ex. för att bedöma grundvattens sårbarhet, bygger på en viktning av olika inverkanse faktorer (t.ex. DRASTIC, se Rosén, 1995). Sådana system bygger oftast på någon form av poängsättning av faktorerna. En högre totalsumma eller produkt ger en högre sårbarhet. Resultatet av en sådan viktning kan vara mycket användbart för insatta användare. Bristen med dem för användare som inte är så insatta är att resultatvariabeln ofta saknar en tydlig relation till verkligheten. Man kan säga att systemen är ogenomskinliga. När man använder sådana system är det viktigt att tydliggöra innebörden av resultatvariabeln. Detta kan göras med typexempel eller dylikt.

9.1.2 Riskklassificering

På senare tid har riskbegreppet blivit alltmer använt i olika sammanhang. I miljösammanhang betraktas risken som en kedja av händelser som skall vara obruten för att någon risk skall föreligga. Detta kan illustreras som

Föroreningskälla → Transportväg → Mottagare

En risk kan föreligga då en föroreningskälla existerar som kan frigöra ämnen. Dessa ämnen kan transporteras via olika media till en mottagare. Hos mottagaren skall någon form av negativ effekt kunna uppstå. Om kedjan är fullständigt bruten i något steg så är risken noll. Ett annat sätt att uttrycka risk som ofta används är att risken är en kombination av *sannolikheten* att skada skall uppstå samt *konsekvensen* av skadan. Detta uttrycks ofta i en riskmatris (Räddningsverket, 1989). Matematiskt kan även risken uttryckas som produkten av dessa: en förväntad konsekvens/kostnad. En sådan parameter är dock mindre genomskinlig än då risken beskrivs i en matris.

Riskmatris

Ett användbart sätt (nödvändigt hävdar många) att redovisa risker är genom att redovisa dessa i en riskmatris. En riskmatris är en matris med Sannolikheten (P) på y-axeln och Konsekvensen (K) på x-axeln. Risken är en sammanvägning av de båda som markeras i matrisen. Ofta delar man in matrisen i ett antal klasser. Om klasserna ges vikter 1-3 (3 för högsta klassen) så kan detta redovisas på olika sätt, bl.a. genom en siffra som är produkten av K och P. Alternativet är att redovisa risken som P/K så att det hela tiden är tydligt hur stor sannolikheten är och hur stor konsekvensen är.

9.2 Beskrivna klassificeringssystem och riskanalysmetodiker

Räddningsverkets handbok (Räddningsverket, 1989) togs fram för att ”hjälpa kommunerna att inventera och värdera sina riskobjekt, dokumentera dem och på så sätt skapa ett underlag för att minska riskerna”. Handboken beskriver en generell arbetsmetodik för riskanalys och rekommenderar användandet av riskmatriser i redovisningen.

SGI (Alén et al., 2000) har tagit fram en arbetsmetodik för skredriskanalys i Göta Älvdalen. Det framtagna kartmaterialet kan till exempel utgöra beslutsunderlag vid en ”situation med begränsade resurser där en prioritering av förstärkningsåtgärder måste göras mellan slänter med samma säkerhetsklasser”. Klassningen sker i en 4 x 4 matris där konsekvensklasserna är beskrivna i ord och sannolikheten redovisas som stabilitetsklasser. Materialet används idag som underlag i kommunerna.

Vägverket (1998) har tagit fram en handbok för riskhantering vid vägtrafikolycka med petroleumutsläpp med avseende på förorening av vattentäkter. Syftet med en sådan riskhantering är att ta fram underlag för att prioritera och värdera skyddsinsatser längs med vägarna. Riskanalysen är helt kvantitativ. Konsekvenserna uttrycks i kronor. Sannolikheten beskrivs med hjälp av ett händelsetråd och beräknas kvantitativt. Den totala sannolikheten beräknas genom att multiplicera sannolikheten för att olycka skall ske, sannolikheten för att utsläpp skall ske i samband med olycka samt sannolikheten för att sanering vid vattentäkter skall misslyckas. Risken uttrycks som en förväntad årlig kostnad.

Naturvårdsverket (1999a) har tagit fram en metodik för inventering av förorenade markområden (MIFO). Syftet är att den skall tjäna som ett ”... hjälpmedel för att, med begränsat underlag, kunna göra en samlad bedömning av de risker ...” samt ”... ligga till grund för prioriteringar och beslut om vidare undersökningar, saneringar...”. Man använder en matris för att klassa områden där flera faktorer spelar in såsom föroreningens farlighet, föroreningsnivå, spridningsförutsättningar samt känslighet och skyddsvärde. Klasserna benämns riskklasser men är i egentligen mening ingen sann riskklassning eftersom man inte renodlar sannolikhet och konsekvens när bedömningen görs. Systemet kan ses mer som en form av viktningssystem. Länsstyrelserna använder idag MIFO för att inventera de förorenade områden som finns inom länet.

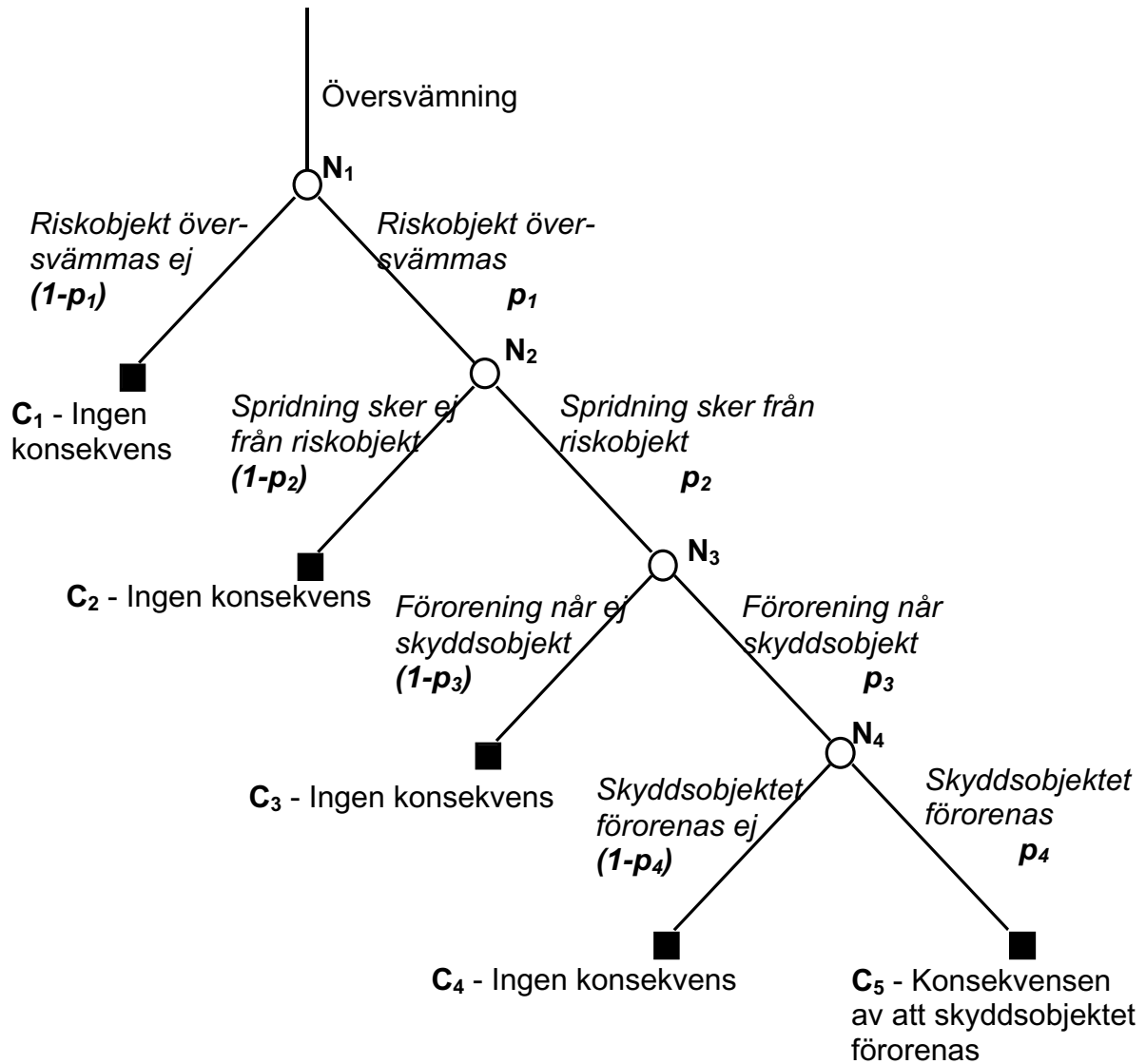
9.3 Förslag till utformning av ett riskklassificeringssystem

Idéerna som finns beskrivna i den följande delen bygger på att man först försöker beskriva risken med hjälp av en händelsekedja och sedan analysera de ingående händelserna. Det kan tyckas onödigt komplicerat, men om man vill bygga upp ett riskklassificeringssystem som bygger på en förståelse för de processer som leder till miljöpåverkan bör man inte vara rädd för att i ett inledande skede göra en mer djupgående analys för att sedan kunna göra *välmotiverade* förenklingar. Det bör noteras att beskrivningen bygger på preliminära idéer som är i behov av vidareutveckling om man vill tillämpa ett sådant tankesätt.

Syftet som har legat till grund för idéerna är att riskklassificeringssystemet skall kunna ligga till grund för att prioritera skyddsinsatser vid riskobjekt eller skyddsobjekt, alternativt prioritera vidare undersökningar av förhållanden vid objekten.

9.3.1 Händelseträd

För att beskriva processerna som leder till miljöpåverkan på grund av översvämning är ett händelseträd mycket användbart att använda som tankehjälp. Ett händelseträd skall hjälpa till att strukturera upp en händelsekedja för att man sedan skall kunna göra en mer kvantitativ analys. Ringar symboliserar händelser och fyrkanter symboliserar konsekvenser, se vidare figur 9.1 med figurtext.



Figur 9.1 Exempel på händelseträd för att beskriva förloppet från översvämning till miljöpåverkan från ett riskobjekt på ett skyddsobjekt. Cirklarna motsvarar händelsenoder (N_1, \dots, N_4) där händelseutvecklingen kan ta alternativa vägar med en viss sannolikhet (p_1, \dots, p_4 samt $(1-p_1), \dots, (1-p_4)$). Fyrkanterna motsvarar de konsekvenser (C_1, \dots, C_4) som blir följden av en specifik händelsekedja.

Händelsenod 1 (N_1) utgörs av alternativen **översvämning** eller **ej översvämning** av riskobjektet. Riskobjekten ligger olika nära älvkanten. Vissa objekt översvämmas kanske årligen medan andra objekt översvämmas vart 25:e eller vart 100:e år. Ju närmre älvkanten desto större sannolikhet att objektet skall översvämmas.

Händelsenod 2 (N_2) utgörs av om riskobjektet som översvämmas verkligen medför ett **utsläpp** eller **ej**. Vid vissa verksamheter kan man ha anordnat skydd för att förhindra sådant.

Händelsenod 3 (N_3) utgörs av om **föroreningar sprids** eller **ej** nedströms till aktuellt skyddsobjekt. För vattenlösliga ämnen kan utspädning medföra att koncentrationerna är för låga för att kunna orsaka någon skada. Föroreningar som adsorberas till partiklar kan sedimentera innan det nått aktuellt skyddsobjekt.

Händelsenod 4 (N_4) utgörs av om **skyddsobjektet kommer att översvämmas** eller **ej**. Om skyddsobjektet ligger i nivå med ett årsflöde högre än riskobjektet så är sannolikheten $p_4 < 1$. Om skyddsobjektet ligger i nivå med ett årsflöde lägre än riskobjektet så är sannolikheten $p_4 = 1$. Skyddsåtgärder genomförda vid skyddsobjektet innebär också en reducering av sannolikheten p_4 . Eventuellt kan detta delas upp på två olika steg, som förslagits vid riskobjektet, motsvarande p_1 och p_2 .

Konsekvens 1-4 (C_1 - C_4) är egentligen noll om man inte räknar med älvens och utloppets eventuella skyddsvärde.

Konsekvens 5 (C_5) är konsekvensen av att skyddsobjektet förorenas med ämnen från riskobjektet.

Alternativt händelsetråd om utsläppet sker genom skred eller ras

I de fall förorening kan ske genom skred av förorenade massor kan händelserna vid N_1 ersättas med skred sker eller skred sker ej. Sannolikheten för att skred skall inträffa är en kombination av älvstrandens stabilitet och sannolikheten för översvämning. I övrigt bör tankesättet kunna vara detsamma.

9.3.2 Sannolikhetsbedömning

Sannolikheten kan betraktas utifrån händelsetrådet. Den totala sannolikheten för miljöpåverkan, d.v.s. att konsekvensen C_5 skall inträffa är produkten av delsannolikheterna för de olika händelserna som ingår i den specifika händelsekedjan, se figur 9.1. I tabell 9.1 redovisas beteckningarna för de olika delsannolikheterna.

Tabell 9.1 Beskrivningar samt beteckningar för de olika delsannolikheterna som är av intresse för att ta fram den totala sannolikheten för miljöpåverkan.

Beskrivning av sannolikhet	Beteckning
Sannolikheten för översvämning av riskobjekt	p_1
Sannolikheten för att utsläpp sker vid riskobjekt	p_2
Sannolikheten för att förorening når aktuellt skyddsobjekt	p_3
Sannolikheten för att skyddsobjektet skall översvämmas	p_4
Sannolikheten för miljöpåverkan	$p_{\text{miljöpåverkan}} = p_1 \times p_2 \times p_3 \times p_4$

Inom ramen för det här projektet är det dock att gå för långt att försöka kvantifiera sannolikheten på detta sätt.

Indelning i sannolikhetsklasser

Alternativet i ett riskklassningssystem är att endast en del av faktorerna ligger till grund för en *bedömning* av sannolikheten i olika klasser. De andra faktorerna som spelar in betraktas som att de bidrar med en sannolikhet av ett (100% sannolikhet). I ett tidigt skede av en bedömning kommer man inte att ha tillgång till alla data. Om man inte gör platsbesök är det t.ex. inte möjligt att beskriva sannolikheten för vardera händelse vid händelsenod 2. Preliminärt kan man då anta att sannolikheten för att översvämning av riskobjektet leder till spridning av miljöfarliga ämnen är lika med ett (100% sannolikhet). Vid ett eventuellt platsbesök kan således den bedömningen uppdateras.

9.3.3 Konsekvensbedömning

Konsekvensen för miljöpåverkan av ett specifikt riskobjekt på ett specifikt skyddsobjekt bör bedömas genom att se på den specifika relationen däremellan. Vilka ämnen hanteras vid riskobjektet och hur kan dessa ämnen påverka skyddsobjektet? Underlagsmaterial kan bl.a. vara den branschinventering som Naturvårdsverket (1999a) har gjort. Här beskrivs generellt vilka verksamheter som hanterar vilka typer av ämnen. Hur dessa ämnen påverkar ett specifikt skyddsobjekt bedöms *subjektivt* innan djupare kunskap finns tillgänglig.

För att kunna bygga upp ett riskklassificeringssystem behöver man inbördes värdera vilka skador som är allvarliga och vilka som är mindre allvarliga. I vissa analyser går man ännu längre och sätter ett kvantitativt värde på skadan, då oftast i monetära mått. I ett riskklassificeringssystem kan emellertid detta göras kvalitativt. Detta kan göras med en beskrivning av olika konsekvensklasser. *T.ex. (OBS! Lägg väl märke till att detta är ett exempel!)*:

Högsta konsekvensklassen:

- Långvariga skador på vattentäkter (över x antal månader)
- Långvariga skador på speciella ekosystem
- Långvariga skador på jordbruksmark

Mellankonsekvensklassen:

- Kortvariga skador på vattentäkter
- Kortvariga skador på speciella ekosystem
- Kortvariga skador på jordbruksmark
- Långvariga skador på mindre skyddsvärda ekosystem

Lägsta konsekvensklassen:

- Kortvariga skador på mindre skyddsvärda ekosystem
-

9.3.4 Osäkerheter

Det är en viktig egenskap hos ett riskklassificeringssystem att det är möjligt att uppdatera riskklassningen när mer information blir tillgänglig. Det bör vara möjligt att lägga till ny kunskap som man tillägnar sig genom undersökningar eller nya analyser utan att behöva göra om hela systemet. En sådan uppdatering innebär således att de nya bedömningarna görs på bättre grunder än de preliminära bedömningarna. Det kan då vara användbart att ha någon form av notering om hur stor osäkerhet bedömningarna innebär. Detta gäller såväl sannolikhetsbedömningen som konsekvensbedömningen.

9.3.5 Redovisning av resultat

Båda sätten redovisas nedan i tabell 9.2 och 9.3.

Tabell 9.2 Redovisning av riskklass med *en* parameter = $P \times K$.

Sannolikhet P ↑	stor sannolikhet	3	6	9
	Någon/viss sannolikhet	2	4	6
	Liten sannolikhet	1	2	3
		Låg	Me- del- hög	Hög
		Konsekvens K →		

Tabell 9.3 Redovisning av riskklass med en kombinationsparameter P/K .

Sannolikhet P ↑	Stor sannolikhet	3/1	3/2	3/3
	någon/viss sannolikhet	2/1	2/2	2/3
	Liten sannolikhet	1/1	1/2	1/3
		Låg	Medel- hög	Hög
		Konsekvens K →		

Räddningsverket (1989) föreslår en 5x5 matris medan SGI (Alén et al., 2000) föreslår en 4x4 matris. Generellt kan man säga att en 3x3 matris är den minsta användbara matrisen. En 2x2 matris kan vara svårare att använda eftersom bedömningen som görs antingen blir hög eller låg. Med en mellanklass är det lättare rent tankemässigt att dela in i hög, låg eller mittemellan.

Tabell 9.2 och 9.3 ger förslag på hur risker kan redovisas i en riskmatris. Förslagsvis kan man försöka redovisa både P/K samt $P \times K$ för att få med så mycket information som möjligt i redovisningen av ett riskklassificeringssystem. Då tydliggör man relationen mellan sannolikheten och konsekvensen, samt kan ta fram en slutsumma för mer storskalig jämförelse, se tabell 9.4.

Tabell 9.4 Förslag till redovisning av riskklassning.

Riskobjekt X	Risk = [P/K]	Risk = P×K
Skyddsobjekt 1	3/2	6
Skyddsobjekt 2	3/1	3
Skyddsobjekt 3	2/3	6
Skyddsobjekt 4	2/1	2
Skyddsobjekt 5	1/3	3
Slutsumma för riskobjekt X		20

9.4 Jämförelse mellan viktningssystemet och förslaget till riskklassificeringssystem

Tabell 9.5 sammanställer en jämförelse mellan de två typerna av system som blivit beskrivna.

Tabell 9.5 Jämförelse mellan viktningssystemet som använts i projektet och förslaget till riskklassificeringssystem.

	Viktningssystem	Riskklassificeringssystem
Tillåter utbyggnad av detaljnivå i systemet	Nej – hela klassningen måste göras om för att resultaten skall bli jämförbara.	Ja – men en notering om hur säkra/osäkra bedömningarna är krävs.
Tillåter objektsspecifika analyser	Nej	Ja
Processrelaterat	Nej	Ja
Krav på person som utför klassningen	”Vem som helst”	Kunnig person
Subjektivitet	Liten	Ja
Värdering av konsekvenser	Implicit – inbyggt i systemet	Explicit – måste göras aktivt