



LÄNSSTYRELSEN I VÄSTERNORRLANDS LÄN

Västernorrlands län

Översiktlig klimat- och sårbarhets- analys – Naturolyckor



Öd, Kramfors kommun. Foto: SGI



SMHI



Statens geotekniska institut
Olaus Magnus väg 35
581 93 Linköping
Tel. 013-20 18 00
www.swedgeo.se

2010-10-21



SMHI

2010-10-21

2-1002-0144
14242

Datum: 2010-03-23

Uppdragsansvarig: Jan Fallsvik, SGI

Handläggare: Johan Axelsson, SGI
Dan Eklund, SMHI
Stefan Falemo, SGI
Jan Fallsvik, SGI
Hanna Gustavsson, SMHI
Ann-Christine Hågeryd, SGI
Kristoffer Hallberg, SMHI
Björn Stensen, SMHI
Ingrid Södergren, SGI

Granskning: Bengt Rydell, SGI

Diariernr: 2-1002-0144

Uppdragsnr: 14242

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	6
Geologi och topografi	6
Klimatförändringar	6
Flöden och översvämningar i vattendrag	7
Framtida havsnivåer	7
Erosion	7
Skred, ras och slamströmmar	8
Risk för bebyggelse, infrastruktur, miljöfarlig verksamhet och förorenad jord	8
Strategier och åtgärder för skydd mot naturolyckor	9
Rekommendationer för fysisk planering och befintlig bebyggd miljö	9
Kompletterande undersökningar	10
1 BAKGRUND OCH SYFTE	11
2 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR	12
2.1 Metod för klimat- och sårbarhetsanalys	12
2.2 Klimat- och sårbarhetsanalys för Västernorrlands län	12
2.3 Underlagsmaterial	12
2.4 Redovisning av resultat	13
3 GEOLOGISK / GEOTEKNISK ÖVERSIKT	14
4 KLIMATANALYS AV NEDERBÖRD, TEMPERATUR OCH FLÖDEN	17
4.1 Framtida klimat och klimatanalyser	17
4.2 Dagens klimat	18
4.3 Metodbeskrivning av klimatanalyserna	18
4.3.1 Referensperiod	18
4.3.2 Geografiskt område	19
4.3.3 Omfattning	19
4.3.4 Översvämning i vattendrag	21
4.4 Resultat av klimatanalys	22
4.4.1 Temperatur	22
4.4.2 Nederbörd	25
4.4.3 Vattenföringens säsongsvariation	27
4.4.4 100-årsflöden	32
4.5 Diskussion kring klimatanalys av nederbörd, temperatur och flöden	39
4.6 Slutsatser av klimatanalys	40
5 KLIMATANALYS AV HAVSVATTENSTÅND	41
5.1 Framtida havsnivåer	41
5.1.1 Terminologi	41
5.1.2 Havsvattenstånd idag och i framtiden vid Västernorrlands kuster	43
5.1.3 Extrema havsnivåer i Västernorrland	44
5.1.4 Sammanställning av nyare uppgifter från den internationella forskningen kring havsvattenstånd	45
5.2 Diskussion kring framtida havsvattenstånd	47
5.3 Slutsatser klimatanalys av havsvattenstånd	47
6 EROSION VID KUSTER OCH VATTENDRAG SAMT RAVINBILDNING	48
6.1 Översiktlig inventering av förutsättningar för erosion	48
6.2 Översiktlig beskrivning av kuststräckan	49
6.3 Erosionsförhållanden	49
6.3.1 Kusterosion	49
6.3.2 Erosion längs vattendrag	51
6.3.3 Ravinbildning	52
6.4 Konsekvenser av klimatförändringar	53
6.4.1 Kusterosion	53
6.4.2 Erosion längs vattendrag	53
6.4.3 Ravinutveckling	53
6.5 Landhöjningen	53

7	SKRED, RAS OCH SLAMSTRÖMMAR	54
7.1	Översiktlig beskrivning av förutsättningar	54
7.1.1	Skred och ras	55
7.1.2	Moränskred och slamströmmar	56
7.2	Inventering av förutsättningar för skred, ras och slamströmmar	56
7.2.1	Använd metodik	56
7.2.2	Karterade delar av Västernorrlands län	57
7.2.3	Bedömningsklasser för raviner och slänter i morän och andra grovkorniga sedimentjordar	57
7.3	Områden med förutsättningar för skred och ras i lera, silt och sand	58
7.4	Konsekvenser av klimatförändringar	58
7.4.1	Ändrade förhållanden på grund av förändring av klimatet	58
7.4.2	Förändringar i säkerhetsnivå på lokaler som finns i Västernorrlands län	60
7.4.3	Konsekvenser av klimatförändringar	60
7.5	Områden med förutsättningar för moränskred och slamströmmar	61
7.5.1	Klimatförändringens inverkan	62
8	RISK FÖR BEBYGGELSE, INFRASTRUKTUR, MILJÖFARLIG VERKSAMHET OCH FÖRORENAD JORD	64
8.1	Risker för naturolyckor	64
8.2	Bebyggelse	65
8.3	Förorenad mark	66
8.4	Miljöfarlig verksamhet och riskobjekt	67
8.4.1	Miljöfarlig verksamhet	68
8.4.2	Riskobjekt	69
8.5	Vägar och järnvägar	69
8.5.1	Riskanalyser för vägar	69
8.5.2	Bedömning av risker längs järnvägar	70
8.6	Hamnar	71
8.7	Flygplatser samt mindre flygfält	71
8.8	Dammar	73
9	STRATEGIER OCH ALTERNATIVA UTFÖRANDE FÖR SKYDD MOT NATUROLYCKOR	77
9.1	Strategier för markanvändning	77
9.2	Förebyggande åtgärder mot naturolyckor	78
9.3	Skötselplaner / slänt- och skogsvård	79
9.3.1	Diken, dränering, vägar, gator etc. i slänter	79
9.3.2	Skogsbevuxna slänter med jordlager	79
10	REKOMMENDATIONER FÖR FYSISK PLANERING OCH KLIMATANPASSNING	81
10.1	Exploateringsområden	81
10.2	Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö	81
10.3	Förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt	81
10.4	Dammar	81
10.5	Översvämning	82
10.6	Erosion	82
10.7	Ras, skred och slamströmmar	82
11	BEHOV AV KOMPLETTERANDE UTREDNINGAR	83
11.1	Översvämning	83
11.2	Erosion	83
11.3	Ras, skred och slamströmmar	83
11.4	Förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt	84
11.5	Dammar	84
	REFERENSER	85
	LÄNKAR PÅ INTERNET	89
BILAGA 1	METODBESKRIVNING AV KLIMATANALYS	90
B1-1	Variation och osäkerhet	90
B1-2	Beräkningsmodeller	91
B1-3	Utsläppsscenarioer	93
B1-4	Klimatscenarioer	94

REFERENSER TILL BILAGA 1.....	98
BILAGA 2 FÖRTECKNING ÖVER POTENTIELLA RISKOMRÅDEN VID FÖRORENAD MARK OCH MILJÖFARLIG VERKSAMHET	99
BILAGA 3 DIGITAL LEVERANS (CD-SKIVA) AV GIS-SKIKT	103
BILAGA 4 MSB:S METOD FÖR INDELNING AV STABILITETSZONER FÖR SLÄNTER I LERA SILT OCH SAND.....	104
REFERENSER TILL BILAGA 5.....	105
BILAGA 5 HAMNAR I VÄSTERNORRLANDS LÄN.....	106
KARTREDOVISNING, KARTA 1-9	112

Denna rapport och tillhörande kartor i avsedd skala finns tillgängliga som pdf-filer på Länsstyrelsens hemsida.

SAMMANFATTNING

Länsstyrelsen Västernorrland har gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att identifiera områden i länet där klimatförändringar kan komma att medföra ökade risker för naturolyckor. Utredningen har genomförts i samarbete med SMHI.

Områden i Västernorrlands län har identifierats där det finns förutsättningar för erosion, skred, ras, slamströmmar och översvämning som kan medföra skador på bebyggelse och infrastruktur samt påverkan av områden med miljöfarlig verksamhet och förorenad jord. Analys av framtida klimat i länet avseende nederbörd, temperatur, flöden och havsvattenstånd har gjorts. Utredningen är avsedd att användas som ett underlag för länsstyrelsens regionala klimatanpassningsarbete och vid arbete med kommunernas risk- och sårbarhetsanalyser och fysiska planering. Utredningen är inte avsedd att beskriva behov av och förslag till specifika skydds- och anpassningsåtgärder till följd av potentiella risker för naturolyckor.

Denna utredning är översiktlig och mer detaljerade undersökningar måste genomföras på kommunal nivå för att klargöra behov av åtgärder där det finns risker för naturolyckor.

Geologi och topografi

Större delen av Västernorrlands län karakteriseras av ett storkuperat landskap med tätt liggande berghöjder. Dessa har vanligen mjukt rundade former. Höjdskillnaderna mellan terrängens högsta och lägsta partier inom en och samma sluttning kan överstiga 100 m. Denna bergkullterräng når delvis ända ut till kusten.

Jordförhållandena i Västernorrlands län har huvudsakligen präglats av den senaste istiden, samt av den efterföljande landhöjningen. Inom större delen av länet utgörs det översta jordtäcket av morän. Ofta underlagras moränen andra jordar. Moränen och rullstensåsarna är delvis täckta av yngre finsediment. Kalt berg har stor utbredning, framför allt i kusttrakterna.

De områden som låg under Högsta Kustlinjen (HK) var tidigare havsområden och fjärdar. På bottenarna avlagrades finkorniga sediment bestående av lera och siltig lera samt ställvis av sulfidjord (sulfidlera och sulfidsilt, äldre beteckning: ”svartmocka”).

Närmast kusten, exempelvis vid Kramfors och Sundsvall, består de lösa jordlagren huvudsakligen av havs- och fjärdsediment av lera och silt samt ställvis av sulfidjord. Längre in från kusten, exempelvis vid Matfors, Sollefteå, Ramsele och Näsåker, utgörs de lösa jordlagren utmed vattendragen av deltasediment bestående av sand och silt. Deltasedimenten kan på flera ställen vara underlagrad av äldre havs- och fjärdsediment bestående av lera och siltig lera samt även sulfidjord.

Klimatförändringar

Klimatanalyser innehåller ett stort mått av osäkerhet. De olika klimatscenerierna har stor spridning men trender kan utläsas ur beräkningsresultaten.

Årsmedeltemperaturen beräknas öka successivt under det innevarande århundradet i Västernorrlands län. Mot slutet av seklet visar klimatscenerierna en temperaturökning på omkring ca 5°C jämfört med dagens förhållanden. Temperaturökningen är accentuerad under vinterperioden (ca 6-7 °C ökning) men framträder under alla årstider.

Årsmedelnederbörden för Västernorrlands län kan förväntas öka under perioden fram till år 2100, i medeltal ca 20 %. Störst ökning av nederbörden väntas ske under vinterhalvåret.

Flöden och översvämningar i vattendrag

Klimatscenerierna visar på förändringar i avrinningens säsongsfördelning. Den idag tydliga årtidskaraktäristiken med låga vinterflöden och en utpräglad vårflood kan i viss mån ersättas av en flödesregim med högre flöden under höst och vinter och lägre vårflood. Årsmedelvattenföringen väntas öka med ca 10 – 20 % generellt för länets större vattendrag.

Under perioden fram till 2050 ser storleken på 100-årsflödena ut att vara ganska oförändrade eller endast svagt minskande i samtliga undersökta vattendrag, jämfört med dagens 100-årsflöden. Mot slutet av seklet tyder resultaten på att 100-årsflödet minskar med 15 - 20 % mot idag.

Omfattningen av översvämmade områden till följd av framtida 100-årsflöden längs de aktuella vattendragen beror av flödenas storlek och den reglerstrategi som tillämpas. De sammantagna medelvärdena av de klimatpåverkade flödena indikerar en minskning av storleken på 100-årsflöden under detta sekel jämfört med referensperioden. Översvämningar till följd av framtida 100-årsflöden bedöms därför inte blir mer omfattande än översvämningar till följd av dagens 100-årsflöde. I denna utredning har inga beräkningar gjorts för framtida Beräknat högsta flöde (Bhf).

Framtida havsnivåer

Nyare resultat pekar på att en övre gräns för hur högt den globala havsytan kan komma att stiga är uppemot 1 m fram till 2100 från referensåret 1990, och att höjningen sker i allt snabbare takt mot seklets slut. För Västernorrlands del innebär det att effekten av landhöjningen blir mindre. Jämfört med 1990 kommer medelvattenytan år 2100 att ligga några cm högre i länets södra del och ungefär som nu i länets norra del. Eftersom landhöjningen mellan 1990 och 2010 har dominerat över havsnivåhöjningen och havet sjunkit relativt land under de senaste två decennierna kommer medelvattenytan år 2100 att vara ca 10-15 cm högre än den är idag, 2010.

Extrema vattenstånd kan bedömas uppgå till 144 cm över dagens medelvattennivå vid Spikarna/Draghällan vid inloppet till Sundsvallsfjärden för perioden 2071-2100. I perioden fram till ca 2080 förväntas både medelvattenståndet och extrema vattenstånd att vara som idag eller lägre.

Erosion

Områden med förutsättningar för erosion längs kusten finns inom Sundsvalls, Timrå, Härnösands, Kramfors och Örnsköldsviks kommuner. Trots den snabba landhöjningen i

Västernorrlands län kan klimatförändringar medföra högre havsnivåer jämfört med dagens situation vid vissa lufttrycks- och vindförhållanden, vilket innebär att områden som tidigare inte utsatts för erosion kommer att påverkas. För bedömning av den långsiktiga erosionen används normalt havets medelvattennivå.

Förutsättningar för erosion längs vattendrag finns utmed sträckor av samtliga av länets större vattendrag. Klimatscenarierna visar på ökad årsmedelvattenföring under detta sekel. Flödena kommer också att förändras mellan olika årstider. I huvudsak förväntas medelhöga vattenflöden komma att få längre varaktighet. Detta innebär att för större delen av länet kan erosionen längs vattendrag komma att öka. Vårfloderna väntas dock bli något mindre.

I Västernorrlands län är raviner vanliga längs såväl större som mindre vattendrag främst i områden med siltjord. Eftersom raviner kan utvidgas kan bebyggelse på relativt stora avstånd hotas.

Skred, ras och slamströmmar

Delar av Västernorrlands län hör till de områden i Sverige som har högst frekvens av skred och ras, men även slamströmmar förekommer.

Skred och ras är exempel på snabba rörelser i jord eller berg som kan orsaka stora skador. I denna utredning redovisas områden med förutsättningar för skred, ras och slamströmmar enligt MSB:s kommunvisa översiktliga stabilitetskarteringar. Sådana områden finns i lerområden med större utsträckning närmast kusten, exempelvis i Kramfors och Sundsvall, och i låglänta områden och i anslutning till vattendrag. För dessa områden behöver mer detaljerade utredningar genomföras.

Instabila förhållanden råder även längs älvslänter, ofta belägna längre in i landet, där jordlagren närmast släntkrönet består av fastare sand och silt medan de djupare jordlagren utgörs av lös lera eller siltig lera. Längs många älvstränder har branta så kallade nipor uppstått, d.v.s. rasslänter som normalt är instabila.

Det kan finnas risker för ras och skred inom andra områden som inte är bebyggda, eftersom MSB:s kartering är begränsad till befintlig bebyggelse.

Förändrade nederbördsförhållanden kommer att påverka yt- och grundvattennivåer, portryck i marken samt vattenföring och vattennivåer i vattendragen. Detta betyder att områden som idag anses vara stabila, utifrån de rekommendationer som finns, kan behöva åtgärdas om samma säkerhetsnivå ska gälla.

Risk för bebyggelse, infrastruktur, miljöfarlig verksamhet och förorenad jord

Denna utredning har syftat till att översiktligt klargöra områden som kan påverkas av naturolyckor med hänsyn tagen till framtida klimatförändringar. Det finns förutsättningar för naturolyckor (erosion, skred, ras och slamströmmar) på flera platser i länet vid dagens förhållanden och i ökad utsträckning vid klimatförändringar. Risken för översvämningar till följd av 100-årsflöden väntas dock inte öka.

Bebyggelse och infrastruktur samt områden med miljöfarlig verksamhet och förorenad jord respektive förutsättningar för naturolyckor har sammanställts på kartor för olika delar av länet samt för hela länet. Härav framgår att känsliga områden är främst lokaliserade till flera av tätorterna i länet, i huvudsak beroende på förekomst av bebyggelse, infrastruktur och olika typer av verksamhet.

Strategier och åtgärder för skydd mot naturolyckor

Med hänsyn till klimatförändringar bör man tillämpa en strategi som präglas av ökade säkerhetsmarginaler vid långsiktig fysisk planering. Det innebär att säkerställa tillräckligt avstånd i både plan och höjd för att kunna klara en ökad fara för t.ex. översvämning eller erosion.

Det är också viktigt att ge förutsättningar för en flexibel markanvändning, exempelvis genom att ha utrymme och möjlighet att vidta åtgärder för framtida klimatförändringar. Det kan exempelvis innebära att det finns plats för en skyddsvall eller avschaktning av en slänt med otillfredsställande stabilitet. För att undvika skador till följd av översvämning, erosion, skred och ras finns ett antal alternativa strategier som kan väljas, både för befintlig bebyggd miljö och för ny bebyggelse.

Det handlar om att utifrån en bedömd riskbild och befintliga värden som kan behöva skyddas att välja det samhällsekonomiskt mest lämpliga alternativet. Den strategi som väljs innebär olika konsekvenser för människa och miljö samt leder till kostnader för såväl kommunen som enskilda. Här finns också möjlighet att antingen välja att permanent utföra åtgärder som ger tillfredsställande säkerhet eller att ha beredskap för att skydda mot eventuella naturolyckor.

Rekommendationer för fysisk planering och befintlig bebyggd miljö

För att skydda samhället är det nödvändigt att arbeta förebyggande genom att identifiera risker och vidta åtgärder för att skydda utsatta områden men även att vara mer observant vid planering av framtida utbyggnadsområden. En generell rekommendation är att utreda de områden som idag har låg säkerhet mot naturolyckor för att värdera om de förväntade ändringarna av klimatet påverkar situationen negativt.

För exploateringsområden är det viktigt att pröva markens lämplighet för avsett planändamål med hänsyn till risker för skred, ras, erosion, slamströmmar och översvämning. De förväntade effekterna av ett förändrat klimat under denna tidsperiod måste då beaktas. Klimatanpassning av områden med bebyggelse, infrastrukturanläggningar etc. kan innebära att åtgärder måste vidtas för att hindra skador till följd av naturolyckor. I denna utredning har översiktligt redovisats var sådana områden finns inom länet. För dessa områden behöver risker undersökas närmare genom detaljerade utredningar av geotekniska, topografiska och hydrologiska förhållanden.

Markanvändningen inom områden med förorenad mark och miljöfarlig verksamhet bör föregås av en översiktlig utredning för bedömning av risker. Hänsyn ska tas till framtida flöden och vattennivåer som kan förväntas till följd av klimatförändringar och de följd-

effekter (ras, skred, erosion, slamströmmar och översvämning) som redovisas i denna utredning.

För att kunna vidta åtgärder som ger tillfredsställande dammsäkerhet krävs uppgifter om de hydrologiska konsekvenserna av förändrat klimat. Osäkerheter kring det framtida klimatet får inte hindra att nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder vidtas. Arbete pågår på nationell nivå med att utarbeta en vägledning för hur framtida flöden ska beräknas för dammar för att ta hänsyn till effekterna av ett förändrat klimat.

Kompletterande undersökningar

Utredningen har varit av översiktlig karaktär och för att närmare klargöra risker inom identifierade områden behöver mer detaljerade utredningar genomföras som underlag för fysisk planering och anpassningsåtgärder för befintlig bebyggd miljö.

1 BAKGRUND OCH SYFTE

I samband med arbetet med att samordna den regionala anpassningen till ett förändrat klimat i Västernorrlands län finns behov av att klargöra vilka risker som finns till följd av klimatförändringar. En av aktiviteterna är att identifiera områden i länet där klimatförändringar kan komma att medföra ökade risker för naturolyckor. Länsstyrelsen i Västernorrlands län har gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att genomföra en sådan inventering. Uppdraget har avgränsats till att omfatta områden med förutsättningar för naturolyckor av typen skred, ras, erosion och översvämning. Utredningen har genomförts i samarbete med SMHI.

Med utgångspunkt från befintliga uppgifter har områden i Västernorrlands län identifierats där det finns förutsättningar för skred, ras, erosion och översvämning som kan medföra skador på befintlig bebyggelse och infrastruktur samt påverka områden med miljöfarlig verksamhet och förorenad jord. Inventeringen har beaktat risker som kan uppkomma till följd av framtida klimatförändringar och som kan orsaka större olyckor eller extraordinära händelser. Resultaten ska kunna användas för fortsatta arbete med klimatanpassning i länets kommuner.

Denna utredning är översiktlig och mer detaljerade undersökningar måste genomföras för att närmare klargöra behov av åtgärder, där det finns risker för naturolyckor. Utredningen är avsedd att användas som ett underlag för länsstyrelsernas arbete med regional klimatanpassning respektive för kommunernas risk- och sårbarhetsanalyser och fysiska planering. Utredningen är inte avsedd att beskriva behov av och förslag till skydds- och anpassningsåtgärder för bebyggelse, infrastruktur samt områden med miljöfarlig verksamhet och förorenad jord till följd av potentiella risker för naturolyckor.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR

2.1 Metod för klimat- och sårbarhetsanalys

I utredningen har använts den metod som SGI och SMHI har utvecklat för klimat- och sårbarhetsanalyser och som utgår från en värdering dels av förutsättningarna för ny exploatering, dels anpassningsbehov för befintlig bebyggd miljö till följd av klimatförändringar. Detaljeringsgraden i analysen anpassas till aktuell planeringsnivå, vilket även gäller omfattningen av underlagsmaterial. För Västernorrlands län har analysen omfattat att översiktligt klargöra sådana förhållanden och områden där det kan finnas risk för översvämning, erosion av stränder vid kuster och vattendrag samt skred/ras i dagens klimat och vid framtida klimatförändringar.

Denna utredning redovisar översiktligt förutsättningar och bedömda risker för naturolyckor i Västernorrlands län. Redovisningen avser att ge en bild över var det kan finnas riskområden som närmare behöver analyseras.

2.2 Klimat- och sårbarhetsanalys för Västernorrlands län

Utredningen har omfattat:

- Översiktlig beskrivning av geologiska och topografiska förhållanden i Västernorrlands län.
- Förväntade klimatförändringar i länet med avseende på nederbörd och temperatur.
- Översiktlig bedömning av förändrade höga flöden för större vattendrag i länet och förändrad säsongsvariation av flöden till följd av klimatförändringar.
- Beräkning av framtida havsvattenstånd med olika återkomsttider för dagens och framtidens klimat.
- Översiktlig bedömning av ras-, skred- och erosionsrisker inom bebyggda områden idag och i ett framtida klimat.
- Med utgångspunkt från risker för naturolyckor har identifierats bebyggelse, transportinfrastruktur, vattenkraftsdammar, miljöfarlig verksamhet och förorenade markområden som kan vara i riskzonen för översvämning, ras, skred och erosion.
- Strategier och rekommendationer för anpassning till förändrat klimat för befintlig bebyggd miljö och vid fysisk planering.

Resultaten redovisas i denna rapport inklusive kartor över länet, Karta 1-9, med identifierade riskområden, principförslag till åtgärder för att minska och förebygga risker och skador i riskutsatta områden samt förutsättningar för den fysiska planeringen.

2.3 Underlagsmaterial

Utredningen har baserats på sammanställning och värdering av befintligt material med uppgifter om förutsättningar för naturolyckor som finns hos länsstyrelsen, SGI och andra myndigheter, t.ex. skredriskinventering, översvämningsskartering, geologiskt och topografiskt kartmaterial.

Klimatförändringar för Västernorrlands län beskrivs utifrån beräkningar baserade på regionala klimatscenarier från EU-projektet ENSEMBLES och från Rossby Centre vid SMHI samt sammanställningar av den senaste forskningen gällande global havsnivåförändring.

Det bör observeras att underlagsmaterialet har varierande detaljeringsgrad. Några nya undersökningar eller inventeringar har inte ingått i denna utredning med undantag av en inventering av erosionsförutsättningar längs vattendrag, och klimatanalys av nederbörd, temperatur, vattenföring och havsvattenstånd. Det har inte ingått i denna utredning att inventera om det i kommunerna pågår eller på senare tid utförts utredningar som underlag för klimatanpassning. Underlagsmaterial, kontakter och referenser som använts i utredningen framgår av referenslistan i slutet av rapporten.

2.4 Redovisning av resultat

Resultaten av utredningen redovisas som beskrivande text och tillhörande kartor. Kartorna är utförda i skalorna 1:250 000 respektive 1:500 000 och avsedda för utskrift i format A1. Redovisade områden och förhållanden på tillhörande kartor är anpassad till utredningens översiktliga nivå. Kartorna bör därför inte förstöras till annan detaljeringsgrad.

Kartmaterialet är producerat i GIS-skikt för olika analysdelar och en förteckning över dessa finns i Bilaga 3. Som underlagskarta i analysen och för redovisning har använts Lantmäteriets översiktskarta, vilken tillhandahållits av länsstyrelsen.

3 GEOLOGISK / GEOTEKNISK ÖVERSIKT

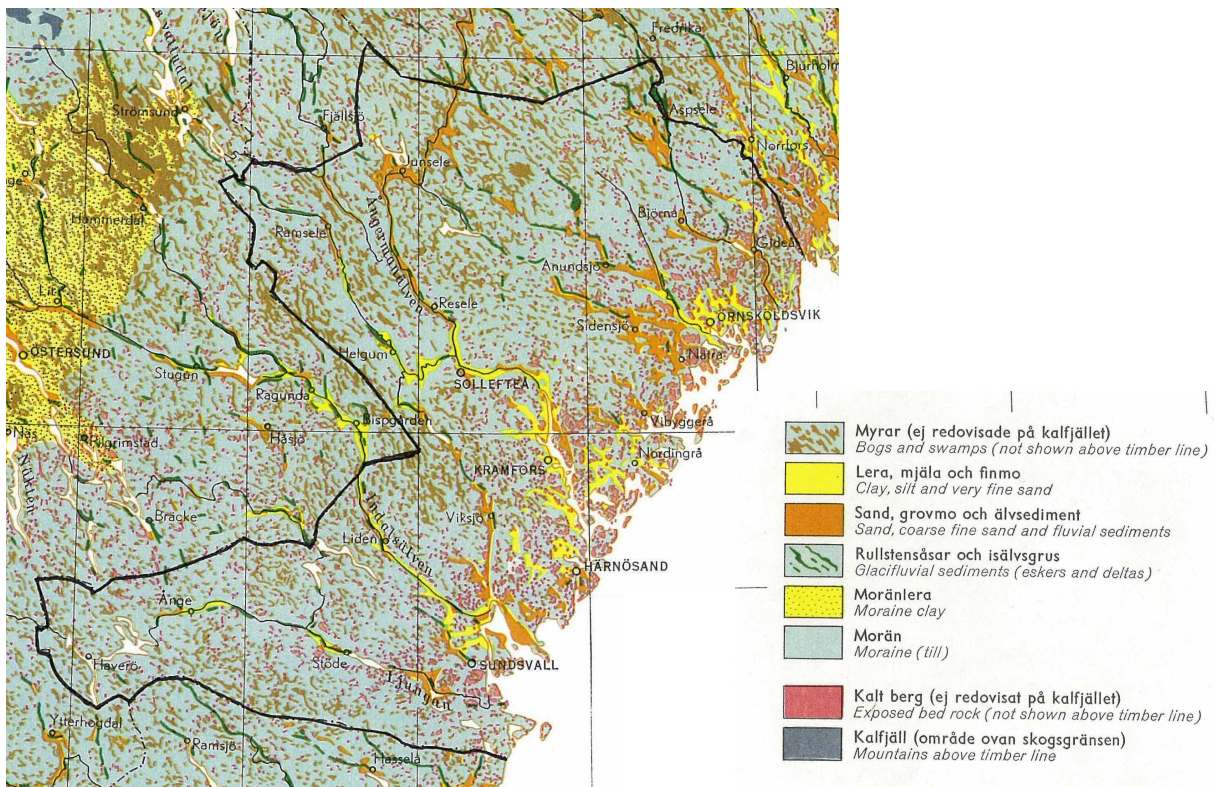
Större delen av Västernorrlands län karakteriseras av ett storkuperat landskap med tätt liggande berghöjder. Dessa har vanligen mjukt rundade former. Höjdskillnaderna mellan terrängens högsta och lägsta partier inom en och samma sluttning kan överstiga 100 m. Denna bergkullterräng når delvis ända ut till kusten.

Jordförhållandena i Västernorrlands län har huvudsakligen präglats av den senaste istiden, som upphörde för ca 10 000 år sedan, samt av den efterföljande landhöjningen. Under istiden var området täckt av ett ca tre kilometer tjockt istäcke. Inom större delen av länet utgörs det översta jordtäcket av morän. Moränen har bildats genom direkt materialavlagring från inlandsisen. Ofta underlagrar moränen andra jordar. Moränen och rullstensåsarna är delvis täckta av yngre finsediment, se nedan. På höjder och sluttningar har moränen ofta omlagrats av vågorna till svallgrus och svallsand, som kan ha en betydande mäktighet (mer än 10 m).

Kalt berg har stor utbredning, framför allt i kusttrakterna. Där är jordtäcket oftast obefintligt på höjderna, medan bergssidor och dalbottnar kan vara täckta av mäktiga jordlager.

Tre stora älvar, Ljungan, Indalsälven och Ångermanälven, rinner genom länet. Ljungan mynnar i Bottenhavet vid Njurunda och Indalsälven mynnar i Klingefjärden. Den ”egentliga” Ångermanälven mynnar vid Sandslån norr om Nyland i den havsfjärd som lite oriktigt också benämns Ångermanälven. Andra större vattendrag är Fjällsjöälven och Faxälven, som utgör biflöden till Ångermanälven, samt Selångersån, Nätraån, Moälven och Gideälven. Delar av Västernorrlands län hör till de områden i Sverige som har högst frekvens av skred och ras. Vattendragen har grävt sig allt djupare ned i jordlagren bestående av såväl delta- som fjärdsediment.

Den högst belägna strandnivån efter istiden kallas Högsta Kustlinjen (HK). Allra högst i landet, ca 286 m över nuvarande havsnivå, ligger HK vid Skuleskogen söder om Örnsköldsvik. De områden som låg under HK var tidigare havsområden och fjärdar, som stod i kontakt med Bottenhavet. På botten av dessa havsområden och fjärdar avlagrades finkorniga sediment bestående av lera och siltig lera samt ställvis av sulfidjord (sulfidlera och sulfidsilt), vars äldre beteckning är ”svartmocka”. De finkorniga sedimenten är mäktigast vid kusten för att successivt minska in mot land och helt upphöra vid HK-gränsen.



Figur 3-1. Översiktskarta över de geologiska förhållandena i Västerbottens län.
Källa: Atlas över Sverige.

Närmast kusten, exempelvis vid Kramfors och Sundsvall, består de lösa jordlagren huvudsakligen av de ovan beskrivna havs- och fjärdsediment. På större avstånd från kusten, exempelvis vid Matfors, Sollefteå, Ramsela och Näsåker, utgörs de lösa jordlagren utmed vattendragen av deltasediment bestående av sand och silt. Deltasedimenten har i ett tidigare skede avlagrats av vattendragen där de nådde den dåvarande kustlinjen men har senare ”lyfts upp på land” på grund av landhöjningen. Deltasediment påträffas längs älvdalarna hela vägen nedströms HK. Där älvar och vattendrag har mynnat ut i områden som tidigare varit täckta av havsfjärdar har på många ställen deltasediment bestående av sand och silt avlagrats ovanpå tidigare avlagrade finkorniga fjärd- och havssediment bestående av lera och siltig lera samt även sulfidjord. På vissa platser kan deltasedimenten vara upp mot 40-50 m mäktiga. Efterhand som landhöjningen har fortskridit har sedan vattendragen eroderat sig ned i deltasedimenten. Längs många älvstränder har branta så kallade nipor uppstått, d.v.s. rasslänter som normalt är instabila. Förrådiska men vanligt förekommande instabila förhållanden råder längs älvslänter där jordlagren närmast släntrönet består av fastare sand och silt medan de djupare jordlagren utgörs av lös lera eller siltig lera. Ibland ligger de finkornigare jordlagren på nivåer under älvens vattenlinje. Olyckligtvis har man inte alltid uppmärksammat de lösa finkorniga jordlagren, och bebyggelse och infrastruktur kan därmed ha byggts i ett ur stabilitets-synpunkt utsatt läge i eller nära slänter.



Figur 3-2 Sundsvall utmed Selångersån. Flerbostadshus nära släntkrön.

4 KLIMATANALYS AV NEDERBÖRD, TEMPERATUR OCH FLÖDEN

I detta kapitel redovisas temperatur- och nederbördsförhållanden samt klimatpåverkade flöden i vattendrag, säsongsförändringar och förändring av 100-årsflöden för dagens och framtida klimat. En sammanfattning finns i avsnitt 4.6

4.1 Framtida klimat och klimatanalyser

Planering i långa tidsperspektiv baseras med fördel på ett underlag som tar hänsyn till de osäkerheter som ofrånkomligen finns i alla förutsägelser om framtiden. Ett sätt att ta hänsyn till de otaliga utvecklingsmöjligheterna är att arbeta med så kallade scenarier som beskriver framtiden på olika sätt. Inom det internationella forskningssamhället görs stora ansträngningar för att beräkna och uppskatta ett framtida klimat.

Dynamiken och förekomsten av vatten kommer att förändras eftersom ett förändrat klimat innebär väsentliga skillnader i årstidernas karaktär, speciellt med avseende på temperatur och nederbörd. Säsongsvariationen i vattenföring drivs till stor del av nederbördsmönster och lagring av vatten i landskapet i t.ex. snö och sjöar. I de delar av Sverige som upplever längre köldperioder lagras betydande mängder vatten under vintern i form av snö som under en relativt kort period smälter när temperaturen stiger under vår och försommar. I ett klimat med högre temperatur kan denna säsongsvariation förändras och bli mindre accentuerad, samtidigt som höga flöden kan uppträda vintertid. Intensiva skyfall uppträder idag främst sommartid och orsakar ibland översvämningar, speciellt för vattensystem som inte dimensionerats för extrema flöden såsom exempelvis kombinerade dag- och spillvattensystem samt dräneringar i anslutning till infrastruktur. I ett varmare framtida klimat med ökad konvektiv nederbörd kan riskerna för skyfall komma att öka.

För att få en översiktlig bild av framtidens klimat använder man sig av globala klimatmodeller. Dessa drivs med antaganden om framtidens utsläpp av växthusgaser, så kallade utsläppsscenarier. Detta arbete sker i första hand vid de stora internationella klimatforskningsinstituten. För mer detaljerade analyser kopplas de globala klimatberäkningarna till regionala modeller med bättre upplösning och med beskrivning av detaljer såsom Östersjön och den Skandinaviska bergskedjan. Regionala klimatmodeller finns bland annat vid Rossby Centre på SMHIs forskningsenhet.

Inom EU-projektet ENSEMBLES har ett ensemblesystem (se Bilaga 1, avsnitt B1-1) utvecklats för beräkning av klimatförändringar baserat på de bästa europeiska globala och regionala klimatmodellerna med hög upplösning. Idag finns fler scenarier tillgängliga än tidigare och för analysen i denna rapport har 16 scenarier använts. Analys av en samling klimatscenarier ger nya och bättre möjligheter att behandla de osäkerheter som är nära förknippade med frågeställningen.

En utförligare beskrivning av klimatscenarier, utsläppsscenarier, osäkerheter och beskrivning av beräkningsmodeller, se Bilaga 1.

Beräkningar av framtida klimat har tidigare genomförts i bl.a. Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU (2007a). För dessa analyser användes fyra framtidsscenarier. Ett delbetänkande berörde även översvänningsproblematiken där också höga flödens bakomliggande faktorer såsom exempelvis extrem nederbörd och intensiv snösmältning identifierats, SOU (2006). Underlag till detta delbetänkande levererades av SMHI, Bergström, m.fl. (2006). Klimat- och sårbarhetsutredningen sammanställde även riskerna för naturolyckor i ett förändrat klimat, SOU (2007b).

4.2 Dagens klimat

För Västernorrlands län har observationer för **nederbörd** och **temperatur** hämtats från SMHI:s areellt interpolerade databas PTHBV (Johansson, 2000, Johansson och Chen 2003; 2005) för att sammanställa dagens klimat. Databasen innehåller optimalt interpolerade observationer med en upplösning på 4×4 km och innehåller data från och med 1961. En analys av temperaturen i Västernorrlands län för perioden 1961 - 1990 visar att medeltemperaturen var 1.9 °C. För perioden 1991-2008 (18 år) var medeltemperaturen 2.9 °C, det vill säga 1 °C högre än i den föregående 30-årsperioden. Motsvarande analys av medelnederbörden i Västernorrlands län för perioden 1961 - 1990 ger att den var 659 mm/år. För perioden 1991-2008 (18 år) var medelnederbörden 716 mm/år, det vill säga nästan 9 % högre än i den föregående 30-årsperioden.

Tabell 4-1 redovisar den observerade **medelvattenföringen** för de nio vattendrag som ingår i analysen.

Tabell 4-1. *Medelvattenföring i mynningen i utvalda vattendrag i Västernorrlands län.*

Vattendrag	Medelvattenföring [m ³ /s]
Gideälven	36
Moälven	26
Fjällsjöälven	132
Nätraån	12
Faxälven	167
Ångermanälven	500
Indalsälven	455
Selångersån	5
Ljungan	138

4.3 Metodbeskrivning av klimatanalyserna

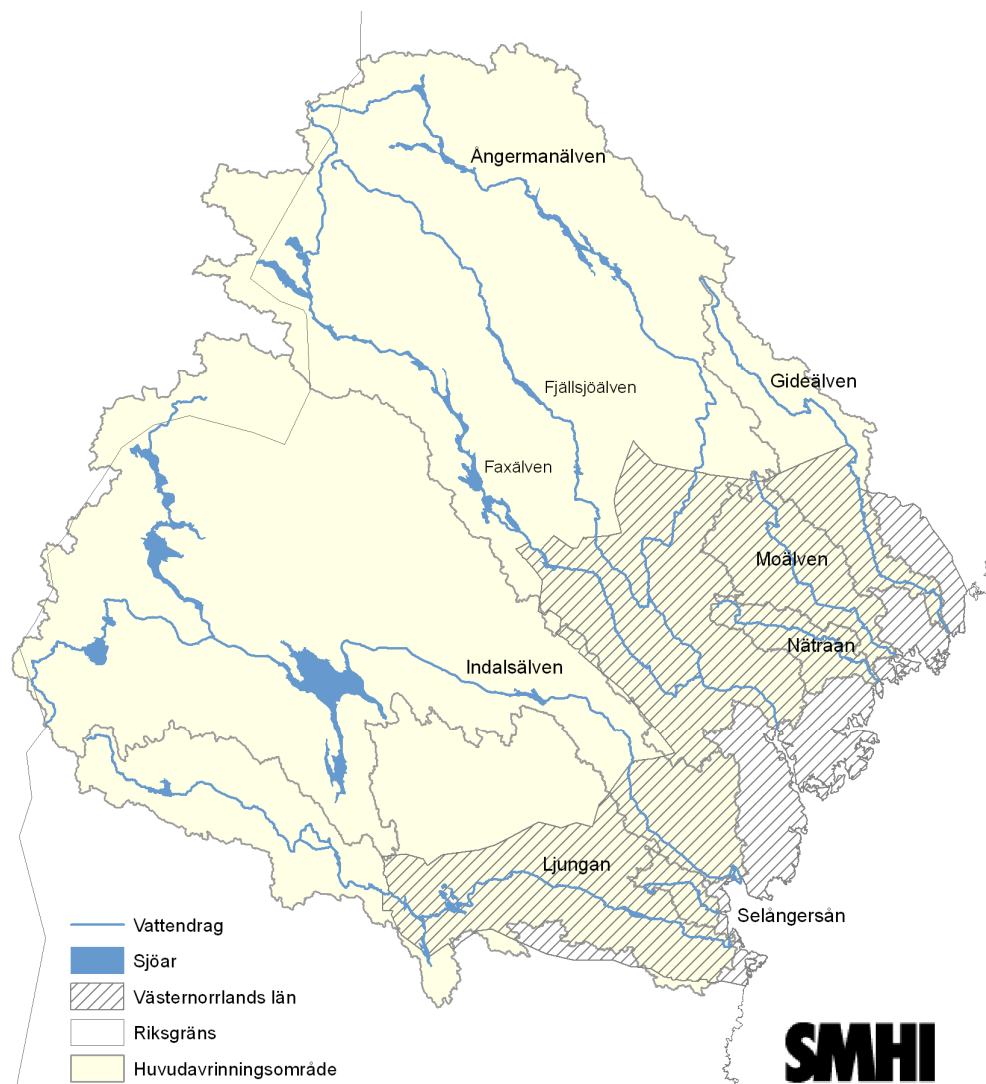
4.3.1 Referensperiod

I klimatstudier jämförs aktuella värden med medelvärden för en längre period, en referensperiod. I enlighet med internationell praxis används i denna rapport den så kallade standardnormalperioden 1961-1990 som referensperiod. Denna standardnormalperiod används fram till år 2021 då en ny 30-årsperiod, 1991-2020, är fullbordad. Referenspe-

riod och analysperiod för olika undersökta parametrar i denna utredning kan variera med ett par år beroende på datatillgång och modellernas insvängningsperiod.

4.3.2 Geografiskt område

Denna rapport behandlar förhållandena i Västernorrlands län och de största vattendragen, se Figur 4-1. För nederbörd och temperatur presenteras data för länet som helhet. Analyser gällande vattenföring presenteras i utvalda punkter, såväl som i kartformat. De delar av vattendragen som har avrinningsområden som ligger utanför länet ingår i beräkningsunderlaget men presenteras inte explicit.



Figur 4-1. Västernorrlands län och de avrinningsområden som ingår i analysen.

4.3.3 Omfattning

Analys av temperatur, nederbörd, vattenföringens säsongsvariation och 100-årsflöden baseras på en ensemble av 16 st klimatscenarier till år 2050 och 12 st klimatscenarier till

år 2098. Bedömningen baseras på regionala klimatscenarier från EU-projektet ENSEMBLES samt från Rossby Centre vid SMHI

Vattenföringens säsongsvariation

Säsongsvariation av vattenföring redovisas för länets nio största vattendrag; Ljungan, Selångersån, Indalsälven, Ångermanälven inkl utloppen för Faxälven och Fjällsjöälven samt Nätraån, Moälven och Gideälven. Medelvattenföringen för varje dag på året under referensperioden 1963-1992 presenteras tillsammans med medelvattenföringen samma dag under 2121-2050 respektive 2069-2098. Vidare ges även percentiler av varje dags max- respektive min-vattenföring, vilket indikerar spridningen mellan beräkningsresultaten från olika scenarier.

100-årsflöden

Beräknade förändringar i 100-årsflödets mellan 1993-2098 relativt referensperioden 1963-1992 redovisas för länets nio största vattendrag; Ljungan, Selångersån, Indalsälven, Ångermanälven inkl utloppen för Faxälven och Fjällsjöälven samt Nätraån, Moälven och Gideälven. Inga beräkningar av vattennivåer har utförts.

Begreppen återkomsttid, risk och sannolikhet är centrala i samband med diskussioner om översvämningsrisker, men terminologin skapar ibland missförstånd. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Infrastruktur med lång livslängd exponeras för denna risk under lång tid och således är den ackumulerade sannolikheten avsevärd. Sannolikheten för exempelvis ett 100-års flöde är 1 på 100 för varje enskilt år. För ett objekt med en beräknad livslängd på 100 år och är anpassat för att klara en 100-årsnivå, är den ackumulerade sannolikheten för översvämning med nivåer över 100-årsnivån under denna period 63 %. Detta är ett skäl till att man för riskobjekt såsom t. ex. större dammar ofta sätter gränsen vid, eller t.o.m. bortom, flöden med en återkomsttid på 10 000 år. Sannolikheten under 100 års exponering uppgår till ca 1 %. Tabell 4-2 visar sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikheten under 100 år.

Tabell 4-2. Sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid (50 respektive 100 år) och sannolikhet i procent.

Återkomsttid (år)	Sannolikhet under 50 år (%)	Sannolikhet under 100 år (%)
100	39	63
1000	5	9,5
10 000	0,5	1

Beräkningen av 100-årsflödets storlek görs med en statistisk beräkning, s.k. frekvensanalys, baserad på vattenföringens årliga maxvärden från en tidsserie. Genomgående har Gumbel-fördelningen använts, även kallad Extreme Value Type I. Resultat från en frekvensanalys måste tolkas med försiktighet. Dessa är i högsta grad beroende på mätseriens längd vilket gör att exempelvis ett 100-årsflöde ofta ändras i takt med att nya data erhålls. Beräkningarna försvåras speciellt om dataserierna är korta eller om de är påverkade av regleringar i vattendraget. För att underlätta tolkningen i ett klimatperspektiv används i denna utredning samma längd på tidsseriens längd som en standardperiod, d.v.s. 30 år.

100-årsflöden har beräknats för löpande 30-årsperioder efter 1963-1992 (t.ex. 1964-1993, 1965-1994 o.s.v.) för samtliga klimatscenarier. 100-årsflödet beräknat för perioden 1963-1992 utgör referensvärdet med vilket beräknade 100-årsflöden för övriga 30-årsperioder jämförs med. Förändringen av storleken på 100-årsflödet uttrycks i procent.

Olika geografiska områden har olika flödesrespons och den rumsliga variationen presenteras i kartformat för åren 2050 (analysperiod 2021-2050) och 2098 (analysperiod 2069-2098). Kartorna kan ge värdefulla indikationer av områden där 100-årsflöden i ett framtida klimat förväntas skilja sig mycket från dagens. Speciellt bör områden där stora ökning av 100-årsflöden förekommer identifieras. Tidigare utförd dimensionering och bedömning av risker för översvämning kan där behöva revideras.

4.3.4 Översvämning i vattendrag

Översvämningar beror på högt vattenstånd i vattendrag och sjöar till följd av höga flöden, högt havsvattenstånd, eller en kombination av båda. Framtida klimatpåverkade havsvattenstånd för Västernorrlands kust har beräknats inom denna utredning och behandlas i Kapitel 5. Tidigare har översiktliga översvämningsskarteringar gjorts på uppdrag av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, MSB (tidigare Räddningsverket), för Ljungan, Indalsälven, Ångermanälven med biflödena Faxälven och Fjällsjöälven samt Moälven (Räddningsverket 2000; 2001; 2002; 2003a; 2003b; 2003c). En mer detaljerad översvämningsskartering är gjord för en kortare sträcka av Selångersån, närmast utloppet i havet genom Sundsvall (Eklund, 2009).

Resultaten från de översiktliga översvämningsskarteringarna har i denna utredning använts vid analys av risker för samhällsviktiga anläggningar, se kapitel 8. Vid analysen har valts att redovisa nivån för Beräknat högsta flöde (Bhf) som man i planeringssammanhang ofta använder som en övre gräns för förväntad ytnivå vid översvämning. Metoderna för beräkning av Bhf är framtagna enligt Flödeskommitténs riktlinjer för dammar av riskklass 1 (Svensk Energi, m.fl. 2007). Inga nya ytnivåberäkningar i vattendrag

eller nya översvänningskarteringar längs vattendrag eller kust har utförts inom detta uppdrag.

Översvänningsområdena framtagna i de översiktliga översvänningskarteringarna (för Bhf) framgår av Karta 1-9. När det gäller de översiktliga översvänningskarteringarna bör man tänka på att de till största delen bygger på en höjdmödel med ett medelfel i höjddled på upp till $\pm 2,5$ m (Lantmäteriets GSD-höjddata, 50 m rutnät).

Framtida översvänningsrisker beror av flödesutvecklingen i vattendragen och framtida havsvattennivåer. Framtida flödets förändring i säsongvariation och förändring av 100-årsflöden i länet, se kapitel 4.4, kan användas för att bedöma risken för översvämningar i framtiden och behov av vidare utredningar. Exempel på en sådan utredning kan vara uppskattningar av framtida översvänningsutbredning vid framtida havsvattenstånds-scenarier tillsammans med olika flödesscenarier.

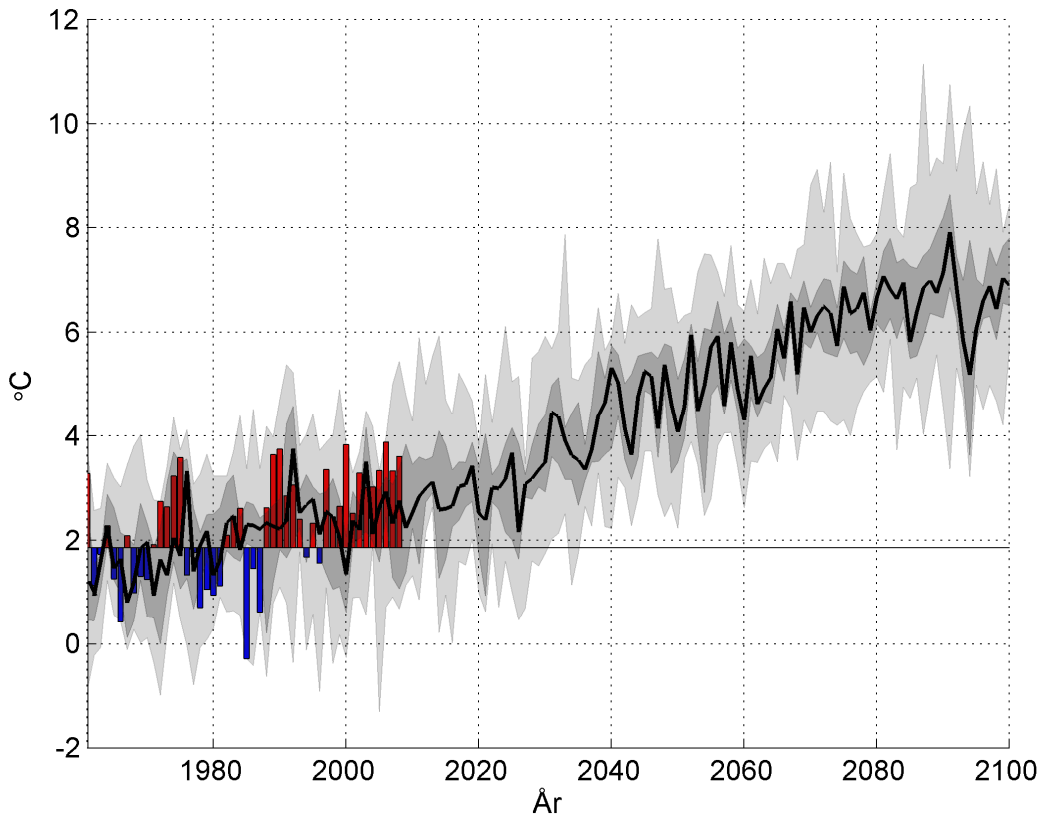
En annan typ av översvämningar är de som orsakas av intensiva skyfall, främst sommartid, vid vilka dagvattensystem inte förmår leda bort vattenmängderna. Konsekvenser av sådana händelser har inte studerats inom detta uppdrag.

4.4 Resultat av klimatanalys

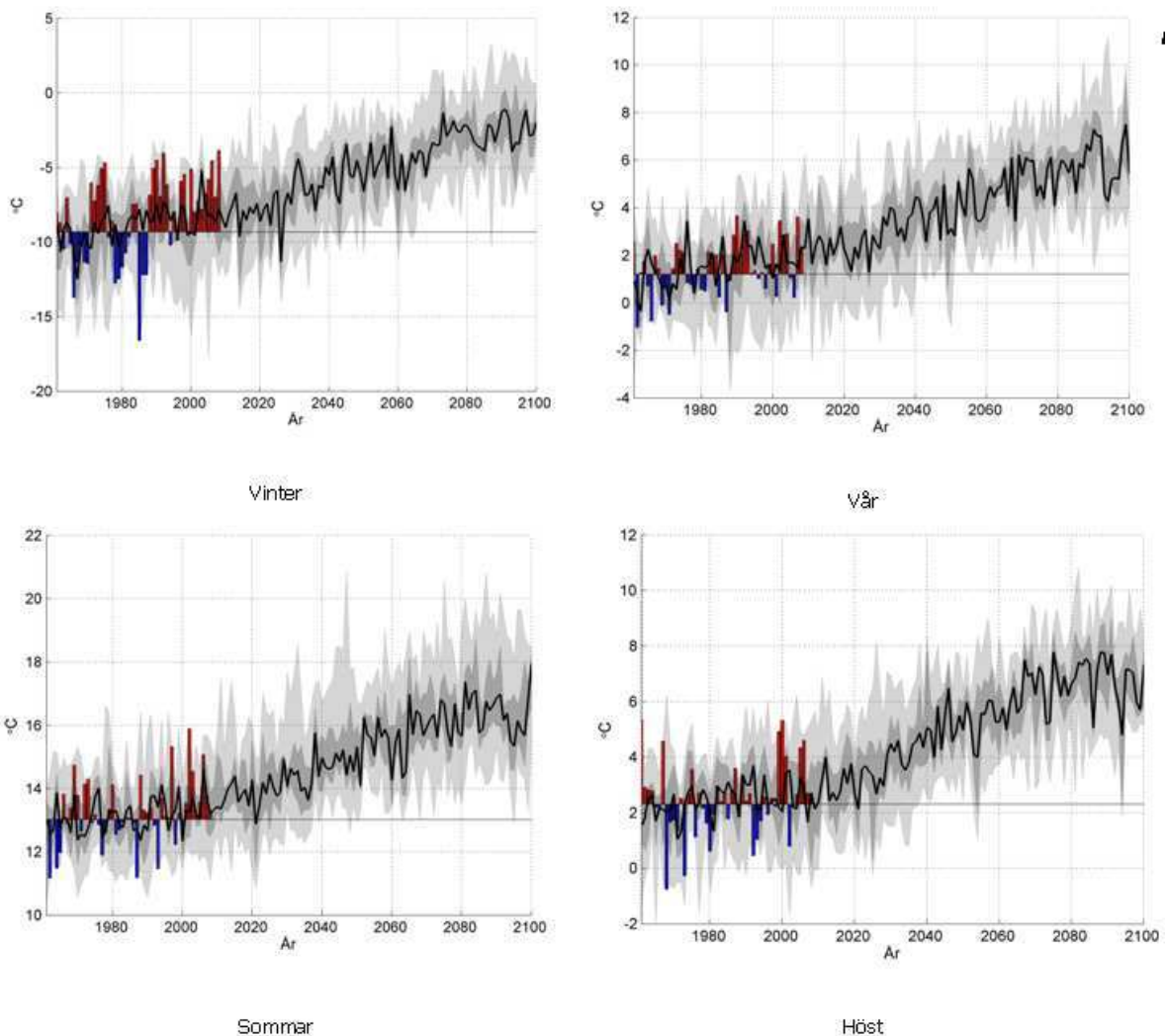
4.4.1 Temperatur

Beräknad utveckling av årsmedeltemperaturen för Västernorrlands län baserat på samtliga klimatscenarier (se Bilaga 1) visas i Figur 4-2. Årsmedeltemperaturen under referensperioden 1961-1990 visas som en horisontell linje. Historiska observationer för länet illustreras som avvikelser från medeltemperaturen med staplar. Positiv avvikelse visas i röda staplar och negativ visas i blå staplar.

De olika skuggningarna beskriver variationen i resultat mellan olika klimatscenarier. Dessa fält är uppifrån och nedåt: maximalt värde, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet från samtliga klimatscenarier jämfört med referensperioden. Medianvärdet av alla klimatscenarier visas med en svart linje. Figur 4-3 visar motsvarande data uppdelat på de fyra årstiderna, där vinter definieras som december – februari, vår som mars – maj, sommar som juni – augusti och höst som september – november.



Figur 4-2. Beräknad temperaturutveckling i Västernorrlands län baserat på samtliga klimatscenarier. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar.



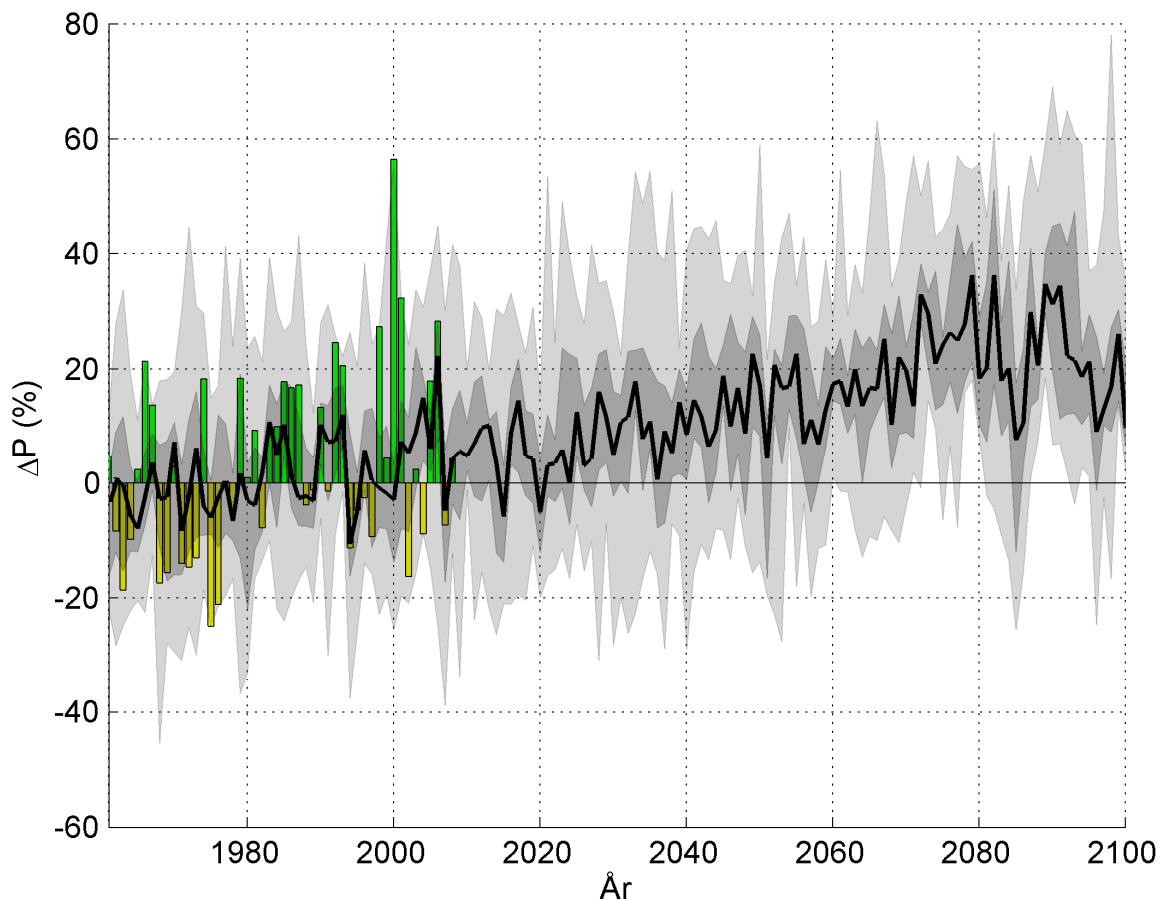
Figur 4-3. Beräknad temperaturutveckling i Västerbottens län för de olika årstiderna baserat på samtliga klimatscenarier. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Observera att skalorna skiljer sig mellan figurerna.

Resultatet tyder på en ökning av årsmedeltemperaturen med ca 4-6 °C från ca 2 °C till 6-8 °C i Västerbottens län mot slutet av perioden 2010-2100. Temperaturökningen är accentuerad under vinterperioden (ca 6-7 °C ökning) men framträder under alla årstider. Vidare är trenden likartad i de flesta klimatscenarier och även de lägsta årsmedeltemperaturerna är mot slutet av den undersökta perioden generellt högre än referensperiodens medeltemperatur.

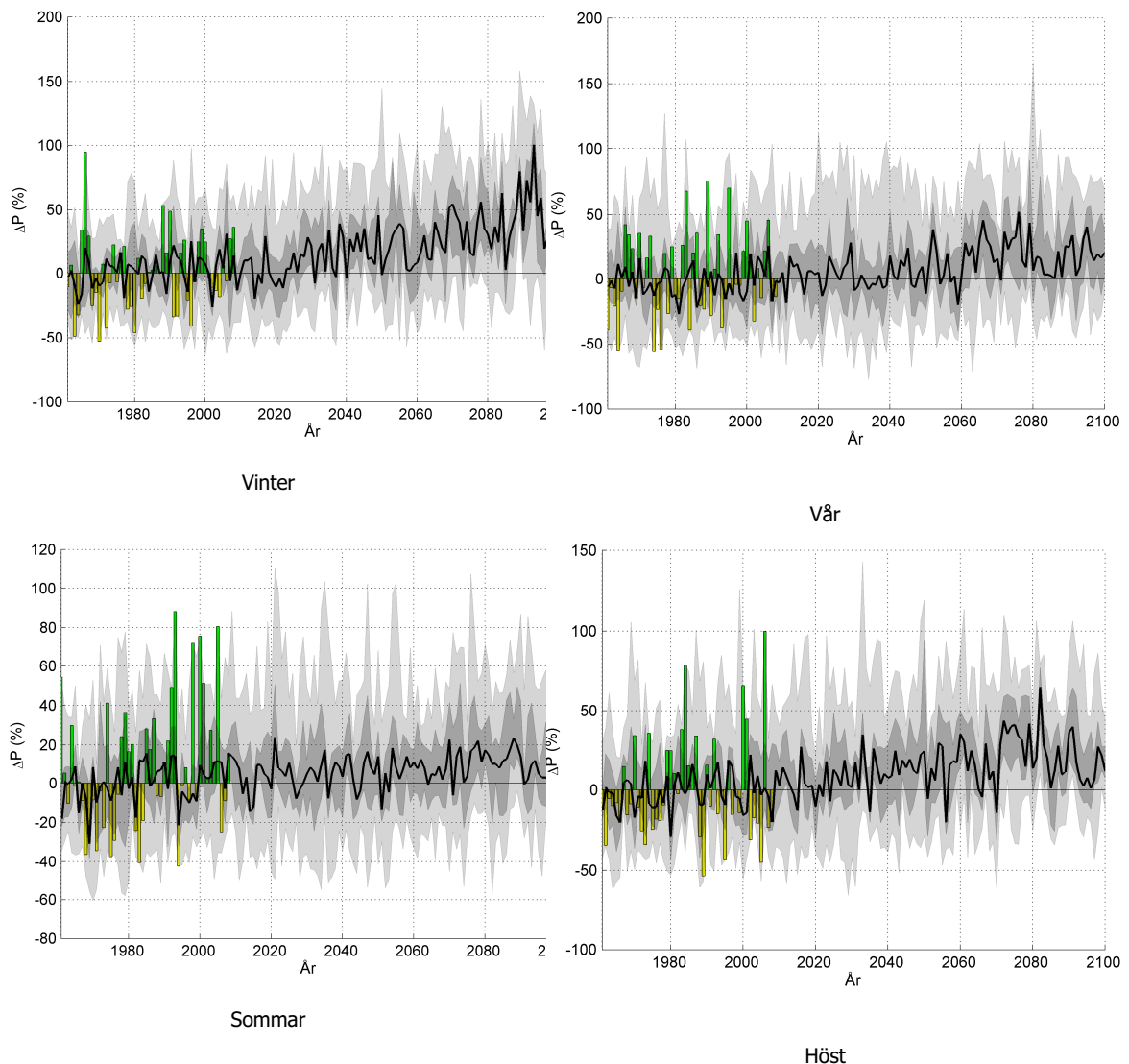
4.4.2 Nederbörd

Beräknad utveckling av årsmedelnederbörd för Västernorrlands län baserat på samtliga klimatscenarier (se Bilaga 1) visas i Figur 4-4. I analysen har beräknad total årsnederbörd fram till år 2100 jämförts med den normala under referensperioden 1961-1990. Förändringen anges i procentuell avvikelse. Historiska observationers avvikelse från referensperiodens medelnederbörd för länet visas med staplar. Positiv avvikelse visas med gröna staplar och negativ visas med gula staplar.

De olika skuggningarna avser uppifrån och nedåt, den största positiva avvikelsen, 75:e percentilen av avvikelsen, 25:e percentilen av avvikelsen och den största negativa avvikelsen för samtliga klimatscenarier jämfört med referensperioden. Medianvärdet av alla klimatscenarier visas med en svart linje. I Figur 4-5 visas motsvarande data uppdelat på de fyra årstiderna, där vinter definieras som december – februari, vår som mars – maj, sommar som juni – augusti och höst som september – november.



Figur 4-4. Beräknad nederbördsutveckling i Västernorrlands län baserat på samtliga klimatscenarier. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar.



Figur 4-5. Beräknad nederbördsutveckling i Västernorrlands län, uppdelat på de fyra årstiderna, baserat på samtliga klimatscenarier. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Observera att skalorna skiljer sig mellan figurerna.

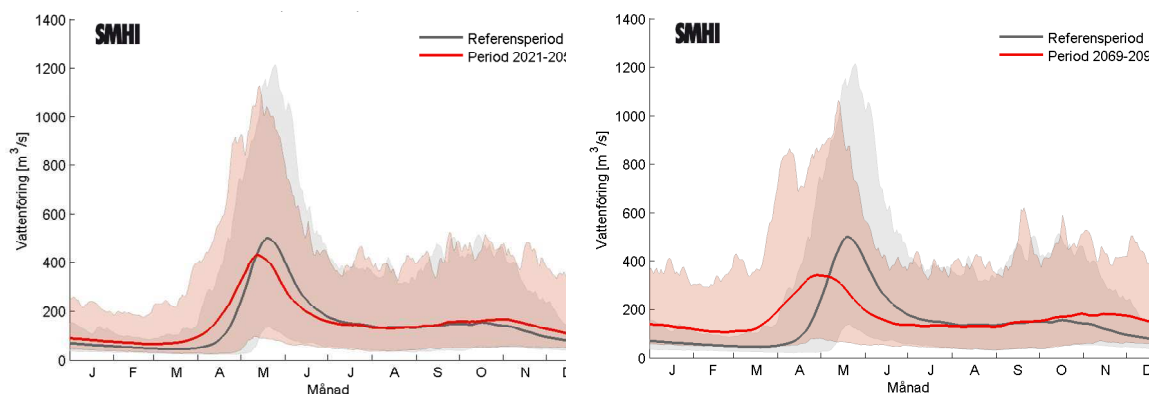
Årsmedelnederbörden för Västernorrlands län kan förväntas öka under perioden fram till år 2100 med i medeltal 20 %, men resultaten innehåller stor spridning. Ur årstidsdiagrammen som kan utläsas att störst ökning av nederbörden väntas ske under vinterhalvåret.

4.4.3 Vattenföringens säsongsvariation

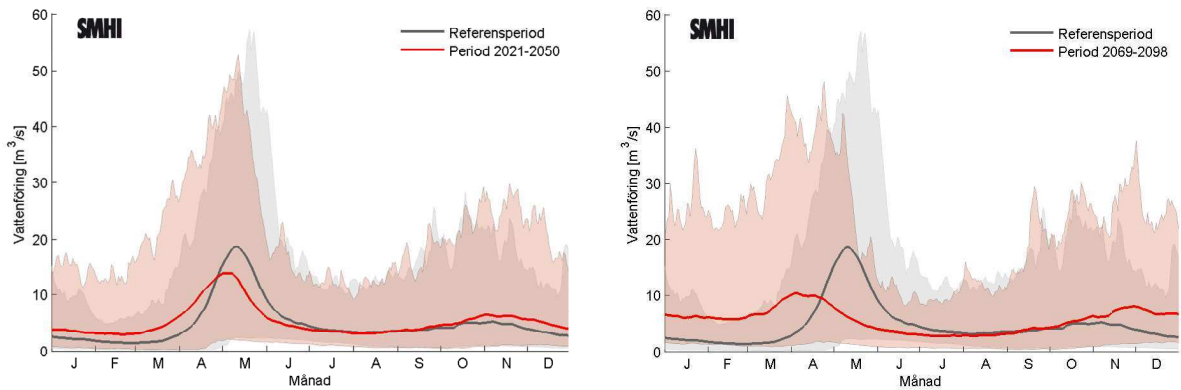
I Figur 4-6- Figur 4-14 presenteras beräknad flödesvariation under året i Ljungan, Selångersån, Indalsälven, Ångermanälven inklusive utloppen för Faxälven och Fjällsjöälven samt Nätraån, Moälven och Gideälven beräknade för *oreglerade* förhållanden. För varje vattendrag visas perioden 2021-2050 samt 2069-2098 tillsammans med referensperioden 1963-1992. Medelvattenföringen för varje dag på året under referensperioden presenteras med en mörk linje och för den analyserade framtida perioden presenteras medelvattenföringen i rött. De färgade fälten fältet visar spannet mellan 75:e percentilen och 25:e percentilen för varje dags maximala resp. minimala värde under året av alla klimatscenarier. Grått fält visar variationen under referensperioden och rött fält visar variationen för angiven framtida period.

För samtliga analyserade vattendrag visar beräkningarna en omfördelning av flödet som blir tydligare mot slutet av seklet. Den idag tydliga årtidskaraktäristiken med låga vinterflöden och en betonad vårflood kan i viss mån ersättas av en flödesregim med högre flöden under höst och vinter och lägre vårflood.

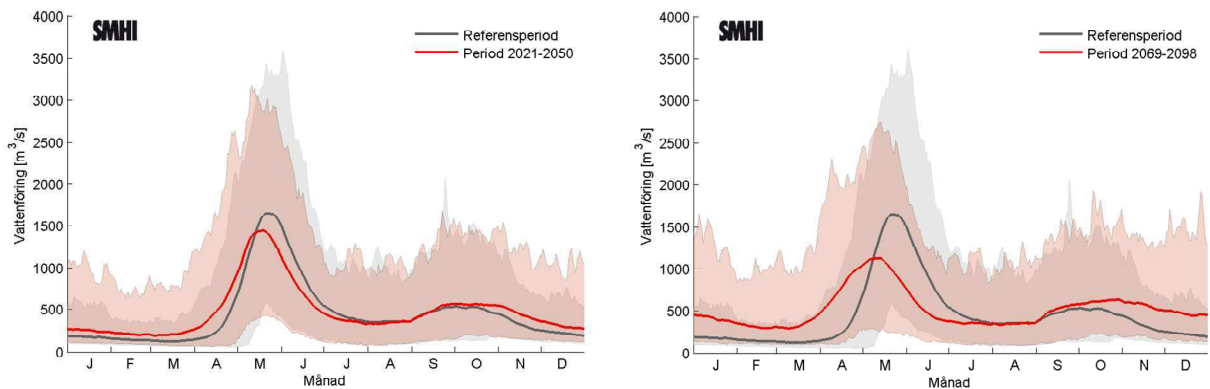
Årsmedelvattenföringen väntas öka med 10 – 20 % generellt för länets större vattendrag.



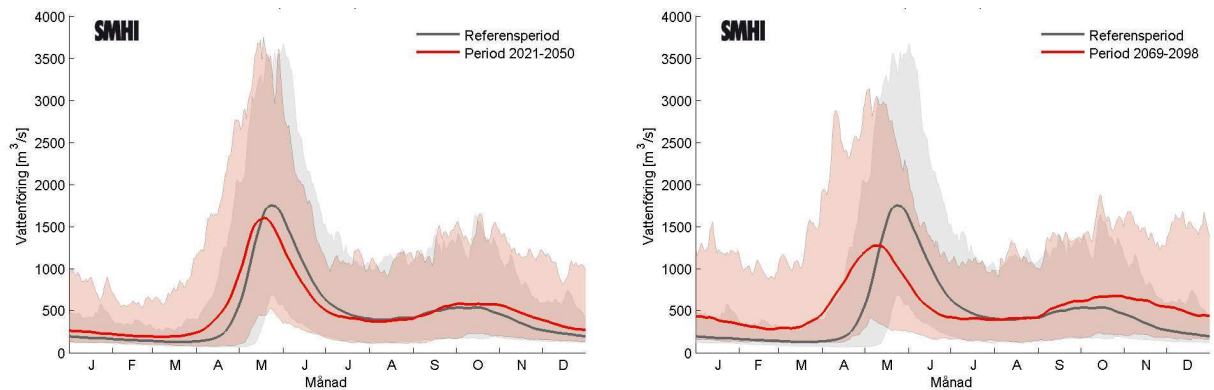
Figur 4-6. Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för **Ljungans** utlopp för samtliga scenarier. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under referensperioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75:e percentilen och 25:e percentilen för varje dags maximala resp. minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



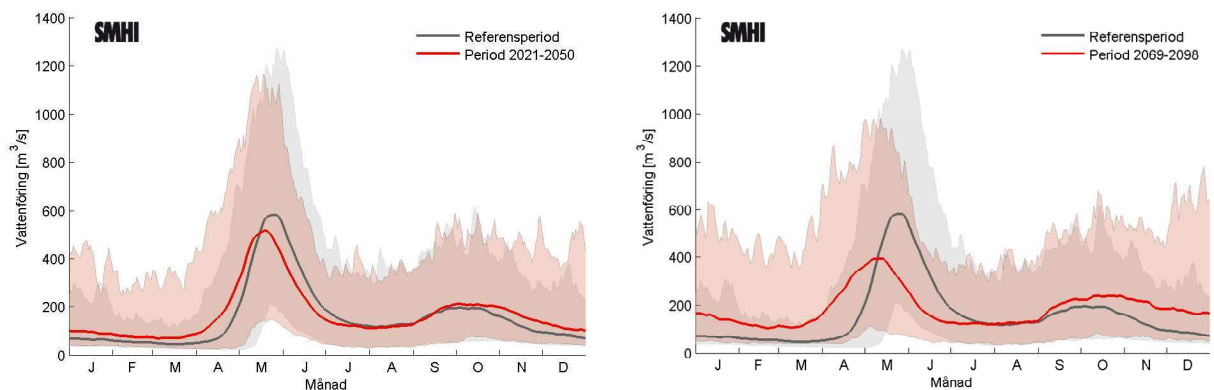
Figur 4-7. Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för **Selångersåns** utlopp för samtliga scenarier. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



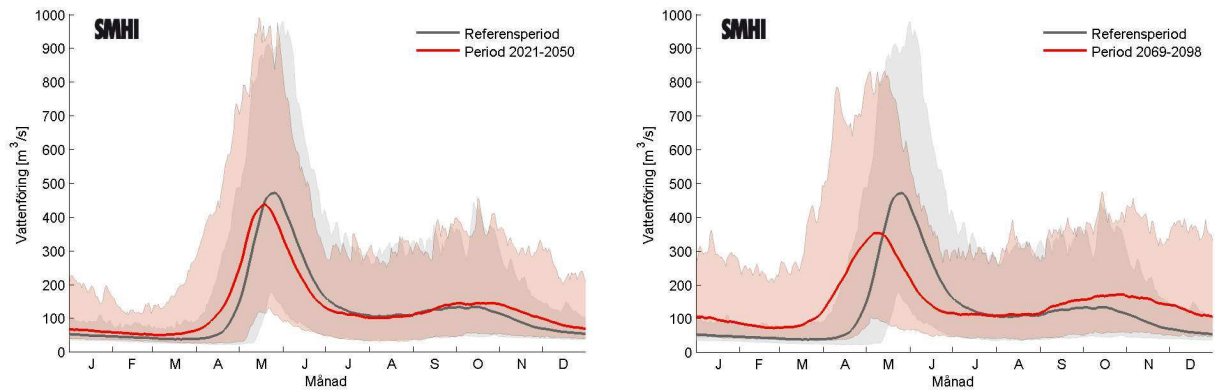
Figur 4-8. Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för **Indalsälvens** utlopp för samtliga scenarier. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



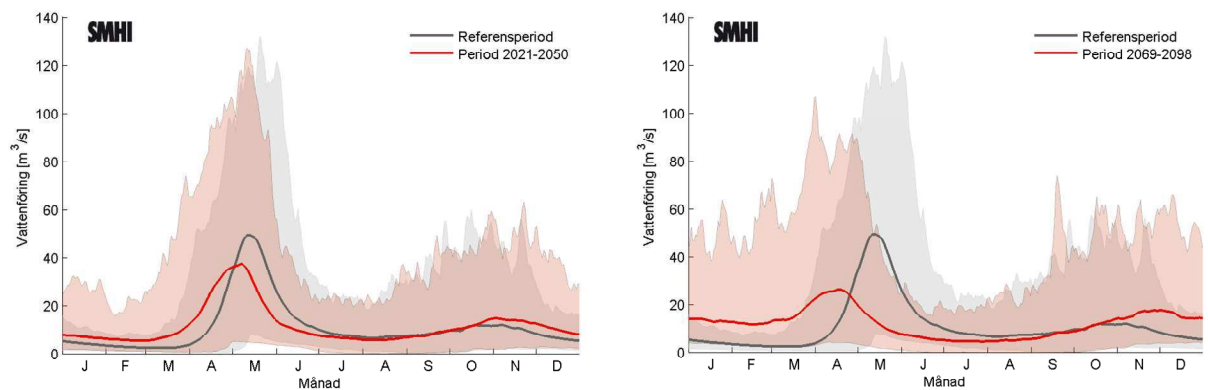
Figur 4-9. Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för **Ångermanälvens** utlopp för samtliga scenarier. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



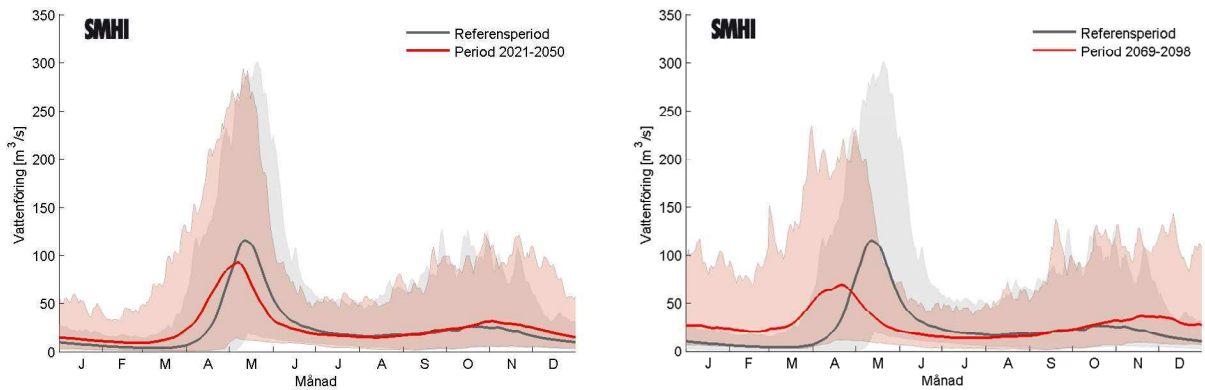
Figur 4-10. Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för **Faxälvens** utlopp för samtliga scenarier. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



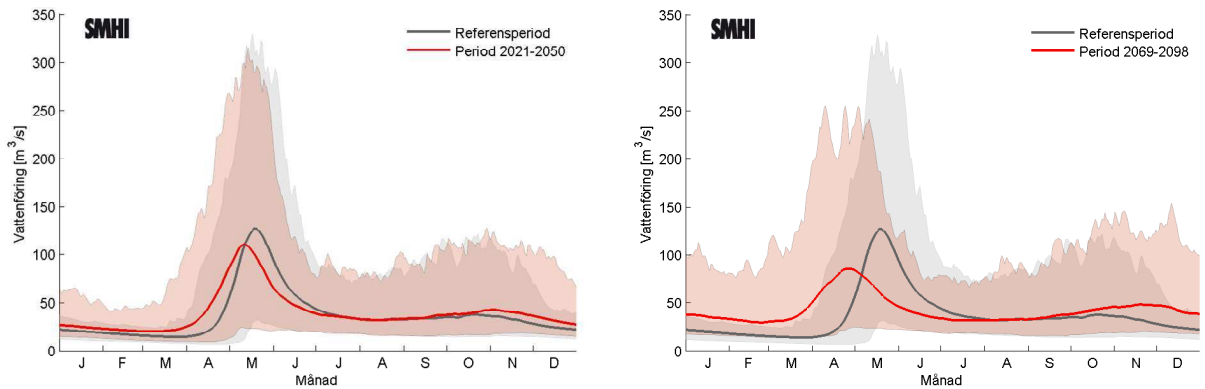
Figur 4-11. Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för **Fjällsjöälvens** utlopp för samtliga scenarier. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



Figur 4-12. Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för **Nätraåns** utlopp för samtliga scenarier. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



Figur 4-13 Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för **Moälven** utlopp för samtliga scenarier. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



Figur 4-14 Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för **Gideälvens** utlopp för samtliga scenarier. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.

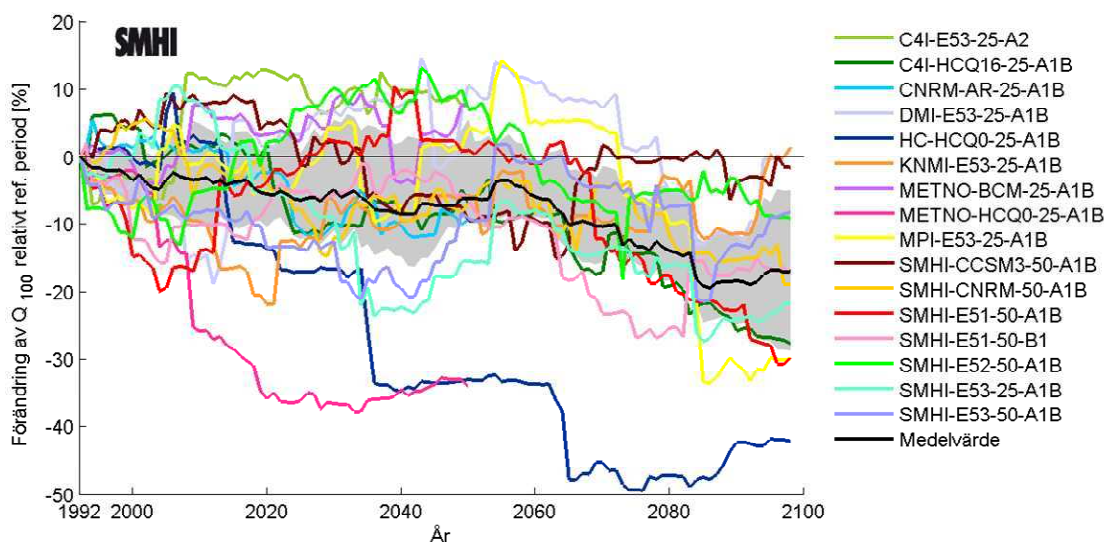
4.4.4 100-årsflöden

I Figur 4-15 till Figur 4-23 presenteras löpande 100-årsflöden beräknade för Ljungan, Selångersån, Indalsälven, Ångermanälven inkl utloppen för Faxälven och Fjällsjöälven samt Nätraån, Moälven och Gideälven för oregerade förhållanden.

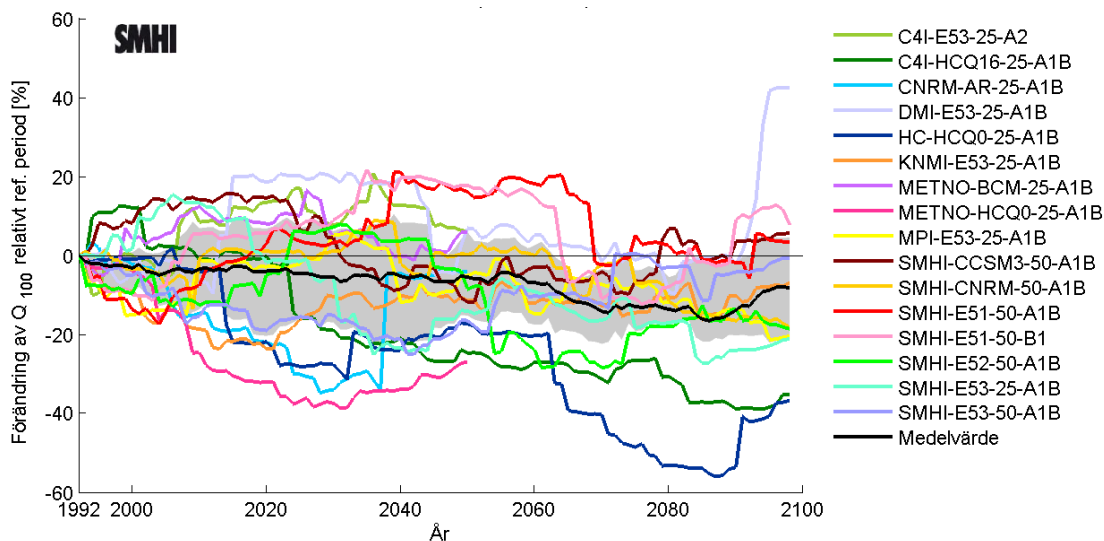
De snabba förändringar som ses i graferna har en periodicitet på ca 30 år och beror på inflytande av enstaka extremvärden under den period som använts till frekvensanalysen. Effekten är allmän och relaterad till frekvensanalys som metod. Detta kan ha avgörande inflytande i en enskild tidsserie men inte i en ensemble. Vidare ger dessa snabba variationer möjligheter att tolka hur robust analysen är.

Som framgår av figurerna är variationen betydande mellan olika klimatscenarier. Trenden för medelvärdet av samtliga klimatscenarier ger tillsammans med fältet som representerar percentilerna en beskrivning som är mer lättolkad. Generellt sett pekar resultaten på att 100-årsflödena minskar för de undersökta vattendragen.

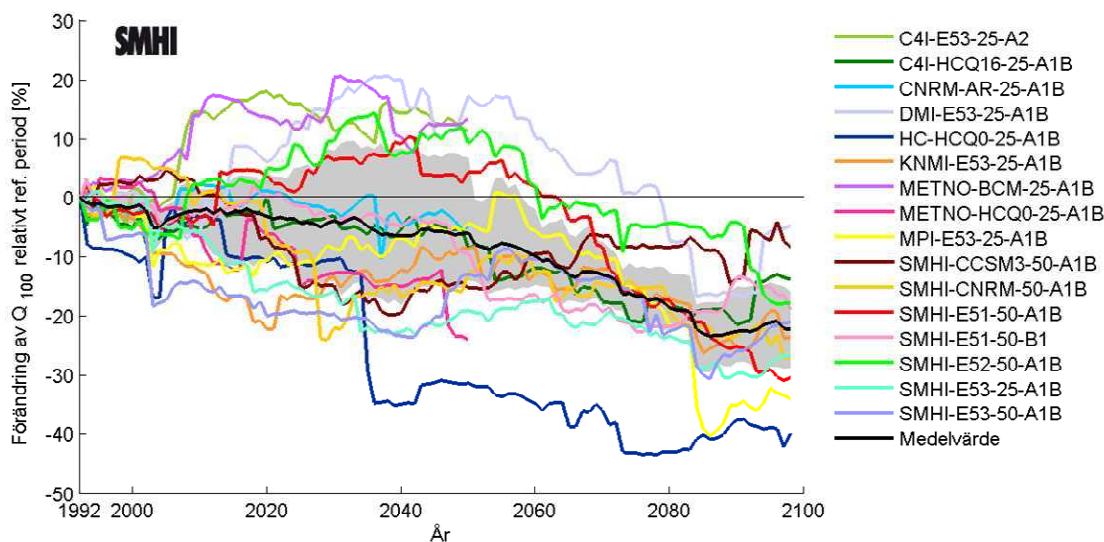
Under perioden fram till 2050 ser storleken på 100-årsflödena ut att vara ganska oförändrade eller endast svagt minskande i samtliga undersökta vattendrag jämfört med dagens 100-årsflöden. Fram mot slutet av seklet tyder resultaten på att 100-årsflödet minskar med 15 - 20 % mot idag.



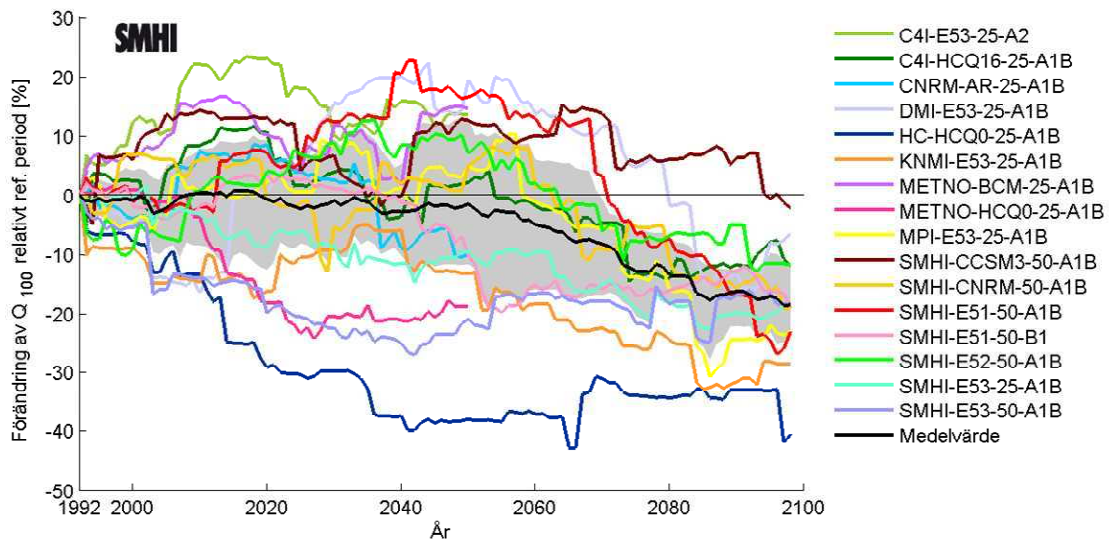
Figur 4-15. Beräknad förändring (%) av flöden med en återkomsttid på 100 år för **Ljungan** under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Enskilda scenarier (färgskala) samt medelvärde (svart linje). Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av löpande 100-årsflödet för samtliga scenarier.



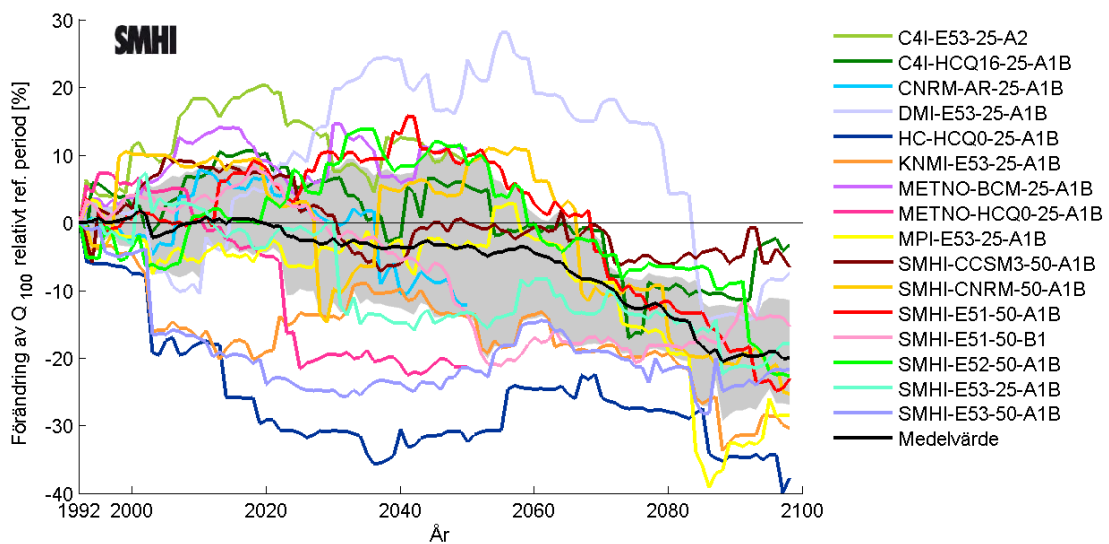
Figur 4-16. Beräknad förändring (%) av flöden med en återkomsttid på 100 år för **Selångersån** under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Enskilda scenarier(färgskala) samt medelvärde (svart linje). Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av löpande 100-årsflödet för samtliga scenarier.



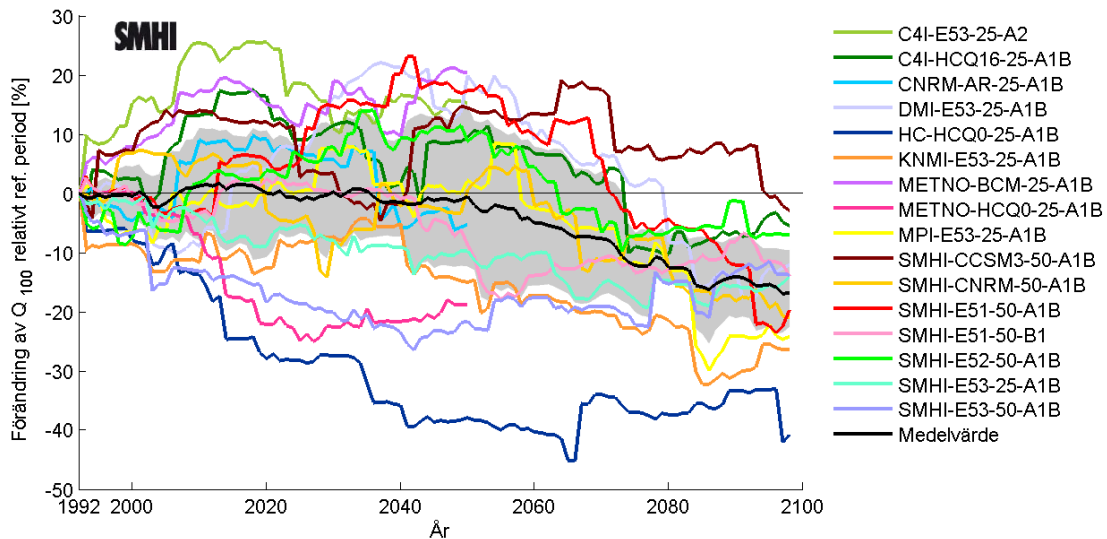
Figur 4-17. Beräknad förändring (%) av flöden med en återkomsttid på 100 år för **Indalsälven** under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Enskilda scenarier(färgskala) samt medelvärde (svart linje). Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av löpande 100-årsflödet för samtliga scenarier.



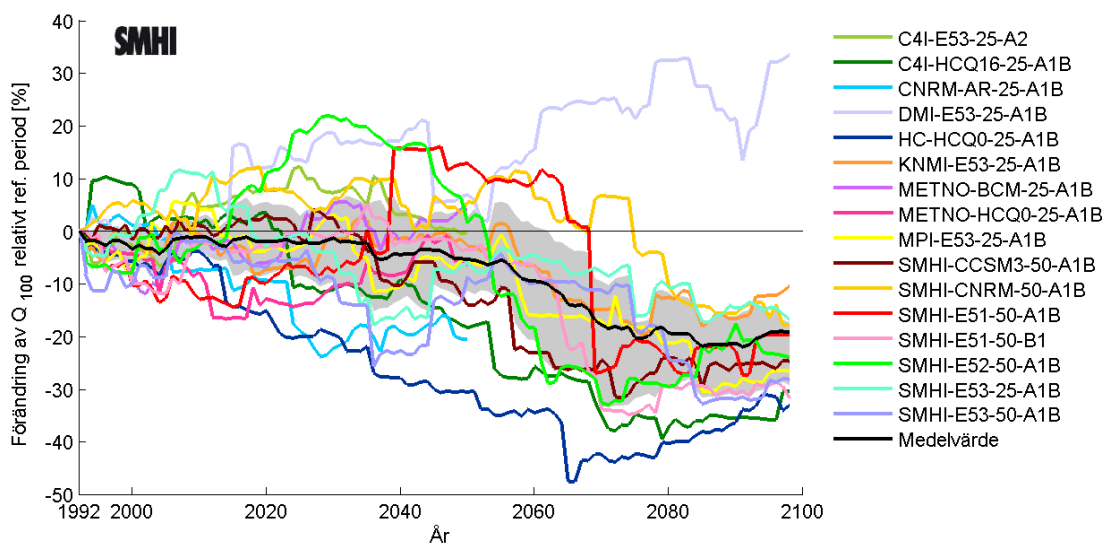
Figur 4-18. Beräknad förändring (%) av flöden med en återkomsttid på 100 år för **Ångermanälven** perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Enskilda scenarier(färgskala) samt medelvärde (svart linje). Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av löpande 100-årsflödet för samtliga scenarier.



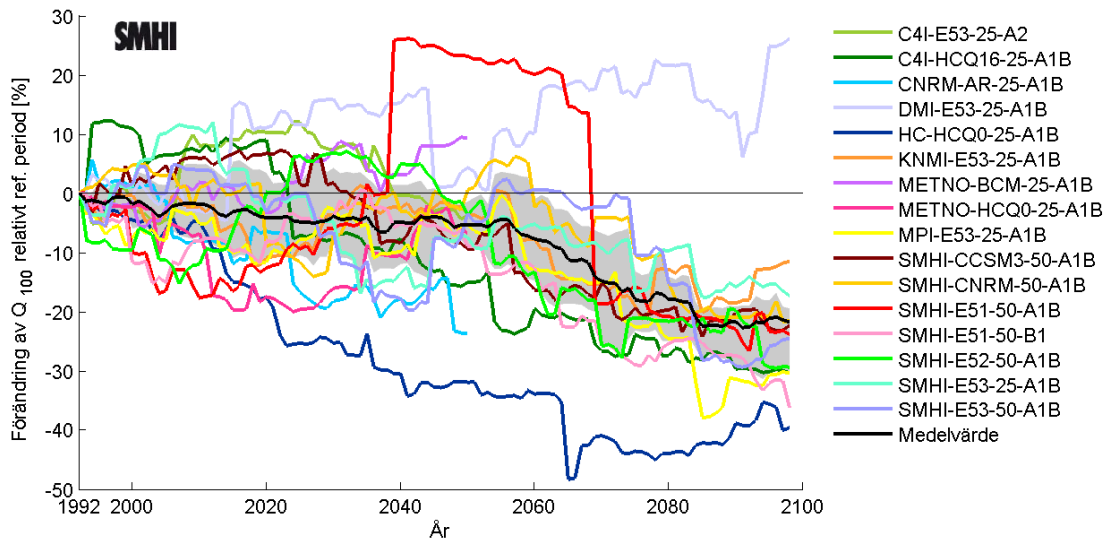
Figur 4-19. Beräknad förändring (%) av flöden med en återkomsttid på 100 år för **Faxälven** under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Enskilda scenarier(färgskala) samt medelvärde (svart linje). Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av löpande 100-årsflödet för samtliga scenarier.



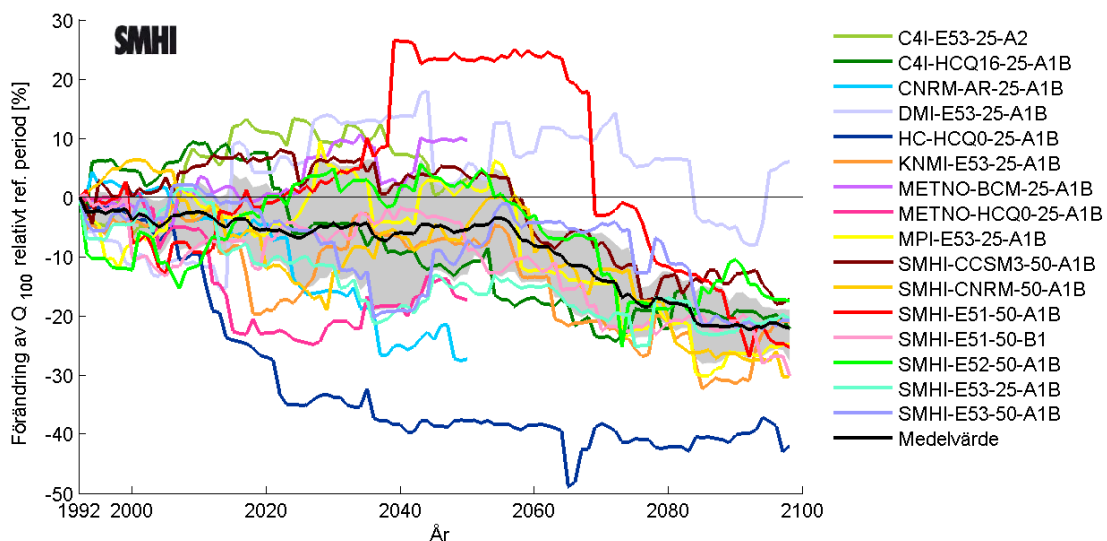
Figur 4-20. Beräknad förändring (%) av flöden med en återkomsttid på 100 år för **Fjällsjöälven** under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Enskilda scenarier(färgskala) samt medelvärde (svart linje). Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av löpande 100-årsflödet för samtliga scenarier.



Figur 4-21. Beräknad förändring (%) av flöden med en återkomsttid på 100 år för **Nätraån** under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Enskilda scenarier(färgskala) samt medelvärde (svart linje). Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av löpande 100-årsflödet för samtliga scenarier.

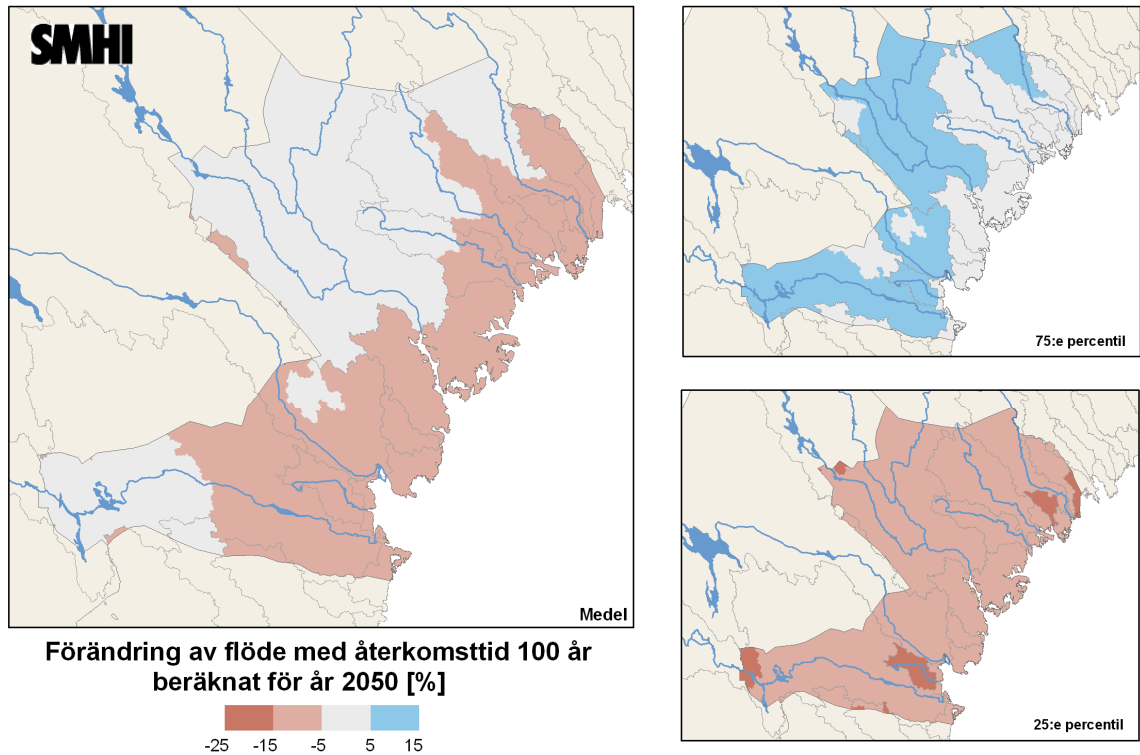


Figur 4-22. Beräknad förändring (%) av flöden med en återkomsttid på 100 år för **Moälven** under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Enskilda scenarier(färgskala) samt medelvärde (svart linje). Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av löpande 100-årsflödet för samtliga scenarier.

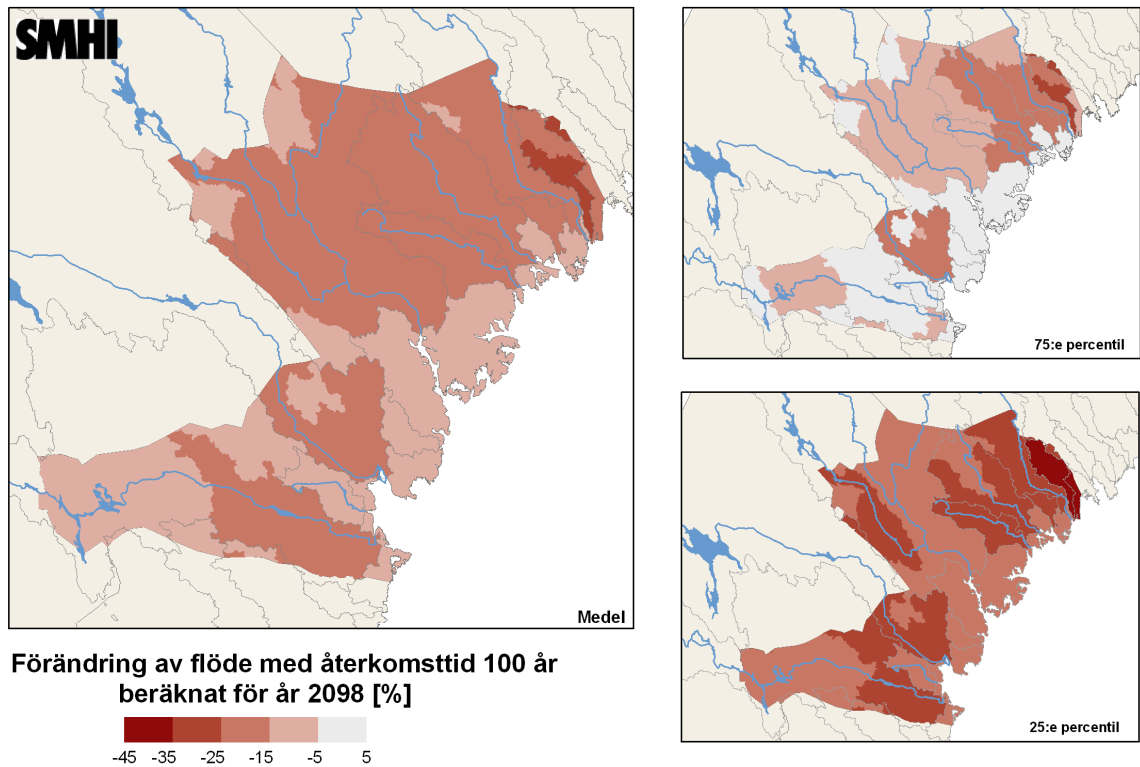


Figur 4-23. Beräknad förändring (%) av flöden med en återkomsttid på 100 år för **Gideålv** under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Enskilda scenarier(färgskala) samt medelvärde (svart linje). Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av löpande 100-årsflödet för samtliga scenarier.

I Figur 4-24 och Figur 4-25 visas medelvärdet av förändringen av 100-årsflödet i hela länet bland samtliga klimatscenarioer för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098. Parallellt visas även 25:e percentilen av samt 75:e percentilen av samtliga scenariers 100-åsvärden för samma perioder.



Figur 4-24. Förändring av 100-årsflöden i olika delar av Västernorrlands län för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Avrinningsområdena för respektive vattendrag framträder som mörka linjer. Den större figuren visar medelvärdena medan den övre högra figuren visar 75:e percentilen och den nedre högra figuren visar 25:e percentilen av samtliga scenariers 100-åsvärden.



Figur 4-25. Förändring av 100-årsflöden i Västernorrlands län för perioden 2068-2098 jämfört med referensperioden 1963-1992. Avrinningsområdena för respektive vattendrag framträder som mörka linjer. Den större figuren visar medelvärdena medan den övre högra figuren visar 75:e percentilen och den nedre högra figuren visar 25:e percentilen av samtliga scenariers 100-åsvärden.

4.5 Diskussion kring klimatanalys av nederbörd, temperatur och flöden

Den temperaturökning som hittills har skett har gått snabbare än vad som visas av flertalet av de analyserade scenarierna. På samma sätt som för temperatur har den observerade ökningen för nederbörd varit snabbare än i de flesta klimatscenierna som har använts i analysen. Dessa avvikelser kan bero på att det är en kortare tidsperiod som jämförs med en längre, men också på att klimatet ändrar sig snabbare än vad klimatmodellerna visar.

Analyserna visar på att tillrinningen i medeltal kommer att öka under vinterhalvåret men minska under vår och tidig sommar. Detta beror på ökad nederbörd vintertid vilken i mindre grad än idag kommer lagras som snö på grund av högre temperaturer. Dessa förändringar syns tydligast mot slutet av detta sekel. Årsmedelvattenföringen väntas öka med 10 – 20 % generellt för länets större vattendrag.

Minskningen av storleken på flöden med en återkomsttid på 100 år beror troligtvis på att 100-årsflödet idag är kopplat främst till snösmältning. Simuleringsresultaten tyder på mindre snömagasin i framtiden vilket även medför mindre accentuerade vårflöden. För perioden fram till år 2050 är trenden svag och förändringarna av storleken på 100-årsflöden syns tydligast mot slutet av seklet. Spridningen i resultat är betydande vilket bör beaktas i tolkningen av resultaten, se Bilaga 3 för diskussion kring spridning i ensembleberäkningar. Vissa scenarier visar på ökande flöden medan andra visar minskade flöden för samma perioder. Därför kan medelvärde och percentiler av klimatscenierna användas som stöd vid uttolkningen av resultaten.

Omfattningen av översvämmade områden längs vattendragen till följd av framtida 100-årsflöden beror i reglerade vattendrag främst på flödenas storlek och den regleringsstrategi som tillämpas. De sammantagna medelvärdena av de klimatpåverkade flödena indikerar en minskning av storleken på 100-årsflödena mot slutet av detta sekel jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Därmed väntas översvämmingar till följd av framtida 100-årsflöden bli mindre omfattande än de översvämningsytor till följd av 100-årsflöde som beräknats med hjälp av historiska tidsserier.

Beräknat högsta flöde (Bhf), vilket redovisas i MSBs (tidigare Räddningsverket) översiktliga översvämningskarteringar, ger större översvämningsytor än dagens 100-årsflöde. Några analyser av framtida Bhf har inte gjorts inom denna utredning. Bhf beräknas med en annorlunda metodik och bygger på andra antaganden än beräkningarna av 100-årsflöden. Trender som ses för 100-årsflöden för olika klimatscenarier är i regel inte tillämpbara på Bhf. Vidare har inte nivåberäkningar för vattenstånd i vattendrag eller beräkningar av framtida översvämningsutbredningar ingått i detta uppdrag. I beräkningarna av framtida flöden har naturliga förhållanden simulerats. Inverkan av regleringar i vattendragen har således inte beaktats för att resultaten ska bli generella och inte knutna till en speciell reglerstrategi. Då både framtida perioder och referensperiod simuleras oreglerat kan utvecklingen av flödenas karaktär studeras och jämföras. Alla flöden i ett reglerat vattendrag påverkas av den regleringsstrategi som tillämpas. I dagsläget är det omöjligt att med rimlig säkerhet beskriva regleringar i framtiden då de dels beror på klimatet men troligen till ännu större grad på driften av vattenkraftssystemet,

vilken i sin tur påverkas av ekonomiska beslut, framtidens energimix samt överföringskapaciteter m.m.

4.6 Slutsatser av klimatanalys

Sammanfattningsvis dras följande slutsatser av den genomförda klimatanalysen:

- Sammantaget visar de genomförda analyserna på att klimatet kommer att fortsätta förändras i den riktning som redan nu kan utläsas av observerad nederbörd och temperatur.
- Årsmedeltemperaturen har sedan 1990 till idag ökat med 1.8 °C. Enligt den ensemble av klimatscenarier som har analyserats kommer denna temperaturökning att fortsätta så att en temperatur på ca 6-8 °C uppnås mot slutet på seklet. Trenden är likartad i de flesta klimatscenarier och även de lägsta årsmedeltemperaturerna är mot slutet av den undersökta perioden högre än idag.
- Årsmedelnederbörden har sedan 1990 ökat med ca 9 %. Mot slutet av seklet visar ensemblen av klimatscenarier en nederbördsökning som i medeltal ligger runt 20 % jämfört med referensperioden 1961-1990. Den största ökningen av nederbörden sker under vinterhalvåret.
- Tillrinningen till huvudvattendragen bedöms komma att förändras avsevärt under perioden fram till 2100. För samtliga analyserade vattendrag tyder resultaten på en omfördelning av flödet under året. Dagens låga vintertillrinning och höga vårfloeden bedöms skiftas i takt med en ökande temperatur och förändrad vinternederbörd. Den idag tydliga årtidskaraktäristiken med låga vinterflöden och en betonad vårflood verkar i viss mån ersättas av en flödesregim med högre flöden under höst och vinter och en mindre betonad vårflood. Detta kan medföra exempelvis att tidpunkten för höga flöden blir mindre förutsägbar vilket kan påverka aktiviteter i eller nära älvarna. Generellt sett syns dock en trend om minskande storlek på flöden med 100 års återkomsttid.
- Variationen är betydande mellan olika klimatscenarier samtidigt som minskande trend i de genomsnittliga 100-årsflödena är tydlig, speciellt mot slutet av seklet. För huvudvattendragen beräknas minskningen till 15 – 20 % mot slutet av seklet.
- Omfattning av översvämmade områden längs vattendragen beror av flödesutvecklingen och den reglerstrategi som tillämpas. De sammantagna medelvärdena av klimatpåverkade flöden i huvudvattendragen indikerar en minskning av storleken på 100-årsflöden under perioden fram till 2100 jämfört med referensperioden. Översvämningar till följd av framtida 100-årsflöden bedöms därför bli mindre omfattande än översvämningar till följd av dagens 100-årsflöden.

5 KLIMATANALYS AV HAVSVATTENSTÅND

I detta kapitel redovisas havsnivåer idag och till följd av klimatförändringar. En sammanfattning finns i avsnitt 5.3. Potentiella översvämningssområden för dagens och framtida klimat längs kustområdena i länet har inte redovisats på kartor eftersom det saknas kartmaterial med tillräckligt detaljerad höjdskala.

5.1 Framtida havsnivåer

Frågan om framtidens havsnivåer har blivit alltmer aktuell under de år som gått sedan IPCC presenterade sin fjärde Assessment Report (AR4) i januari 2007 (IPCC, 2007) och som utgick från den då tillgängliga klimatforskningen. AR4 angav 18-59 cm som ett intervall för höjningen av havsnivån, med regionala variationer.

Efter AR4 har flera vetenskapliga artiklar publicerats som betonar risken för att isavsmältningen kan komma att ske snabbare och att världshavet kan komma att stiga mer än vad som tidigare antagits. Av speciellt intresse är också sammanställningar och bedömningar som rör framtida havsnivåer för specifika regioner. Med utgångspunkt från internationella sammanställningar och rekommendationer behöver ställning tas till vad som kan vara relevant för svenska förhållanden. Med nuvarande kunskap kan endast lämnas ett riktvärde för den globala havsnivåhöjningen av storleksordningen 30 cm till år 2050 och 100 cm 2100. Klimatscenerierna indikerar nämligen en snabbare höjning efter mitten av detta sekel. Det bör observeras att det successivt kommer nya forskningsrön om havsvattennivåer som kan komma att ändra dagens kunskap. Sammanställningen av resultaten ges nedan.

Sammantagit pekar resultaten på att en övre gräns för hur mycket havsytans nivå kan komma att stiga är 1 m (1990-2100). Utifrån denna höjning har vi beräknat framtida extremnivåer för Västernorrlands Län.

De havsnivåer som angavs i AR4 baserades på ett olika tänkbara utsläpp av klimatgaser. Då det lägsta scenariot bygger på nivåer som vi redan överskridit har vi valt att inte använda detta resultat för att beräkna ett lågt scenario för Västernorrland.

5.1.1 Terminologi

Årets medelvattenstånd

Årets medelvattenstånd är ett beräknat värde bestämt genom regression av många års årsmedelvärden. Det krävs mer än 30 års värden för att någorlunda väl kunna bestämma regressionslinjen. Respektive års medelvattenstånd betraktas som detta års värde på regressionslinjen.

Årshögsta vattenstånd

Årshögsta vattenstånd är det högsta vattenstånd som uppnås under ett år. De högsta nivåerna är ofta kortvariga av storleksordningen 6 timmar.

Återkomsttid

Om ett värde, t.ex. ett högt havsvattenstånd, har 100 års återkomsttid innebär det att värdet i medeltal uppnås eller överträffas en gång vart hundra år. 100 års återkomsttid betyder att en händelse har 1 % sannolikhet att inträffa varje enskilt år medan 10 års



2010-10-21

2-1002-0144
14242

återkomsttid betyder att sannolikheten för händelsen är 10 % varje år. Jämför 100-årsflöden, avsnitt 4.4.3.

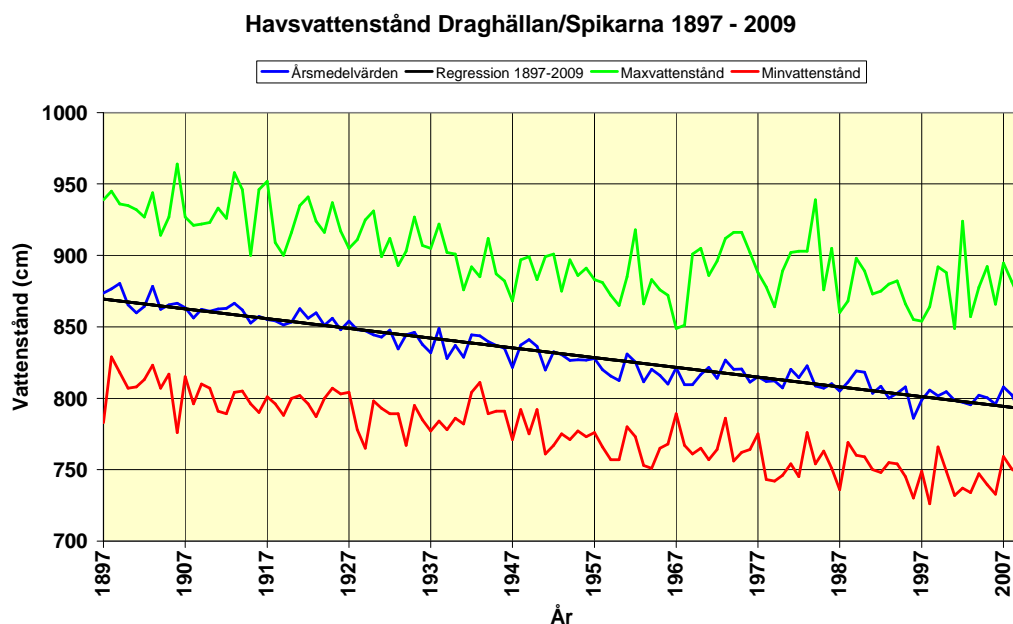
Konfidensintervall

Med t.ex. ett 95-procentigt konfidensintervall menas att ett värde ligger inom intervallet med 95 procents sannolikhet.

Höjdsystem

Rikets höjdsystem 2000 är Sveriges nya nationella höjdsystem. Mätningarna utfördes under åren 1979-2003 vid den tredje precisionsavvägning (Riksavvägningen) som höll bättre kvalitet än sina föregångare, RH00 och RH70. Nollnivån definieras av Normal Amsterdam Peil (NAP), vilket är en punkt i Amsterdam som används som 0-punkt även i andra europeiska länder. Med införandet av RH 2000 har det för första gången skapats möjligheter för alla lokala användare att ansluta sina lokala höjdnät till ett nationellt höjdsystem som såväl regionalt som lokalt håller en mycket hög kvalitet.

5.1.2 Havsvattenstånd idag och i framtiden vid Västernorrlands kuster

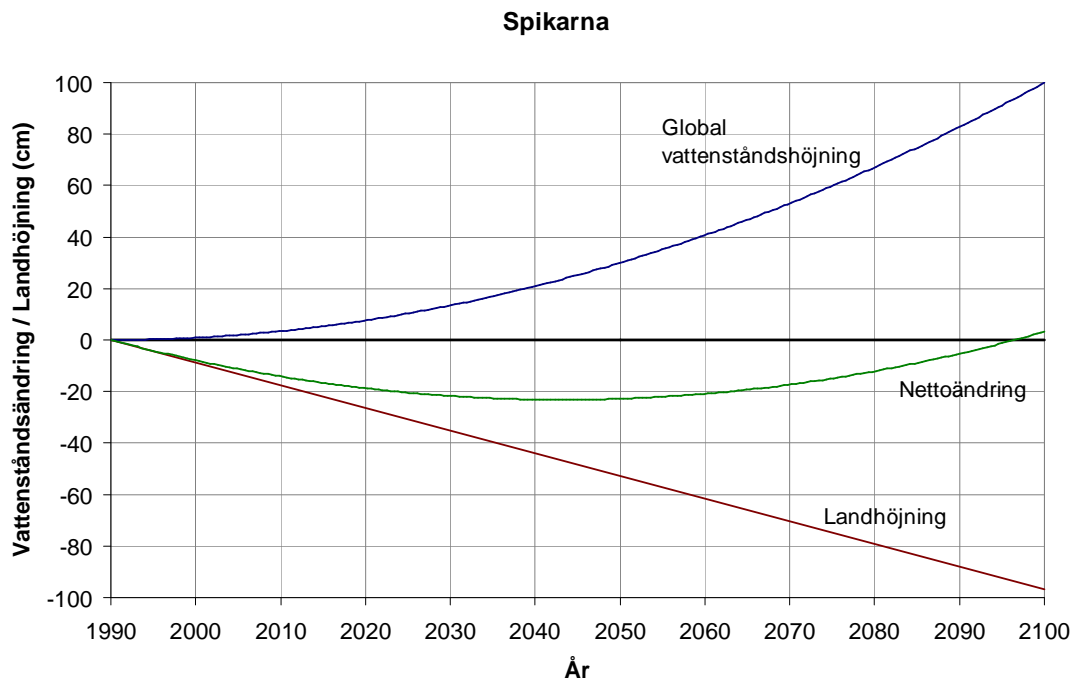


Figur 5-1. *Havsvattenståndet vid Draghällan/Spikarna 1897-2009. Data visas i ett lokalt höjdsystem, och landhöjningens effekt visas tydligt. Blå linjen visar årsmedelvärdet, gröna och röda linjen visar årets högsta respektive lägsta vattenstånd.,.*

Figur 5-1 visar årets medelvattenstånd samt årets högsta och lägsta vattenstånd för åren 1897-2009 i ett lokalt höjdsystem för Spikarna och Draghällan. I Spikarna utanför Sundsvall har vattenståndet observerats sedan 1968. Vid den närliggande nedlagda stationen Draghällan pågick mätningar från 1897 till 1969. De två stationerna följer varandra väl observationsmässigt, vilket kan ses vid en jämförelse av samtidiga mätningar vid de två platserna under åren 1968-1969.

Landhöjningen i Västernorrland har historiskt sett varit större än havsnivåhöjningen. Därför upplever man det som att havet sjunker relativt land. Den absoluta landhöjningen i södra Västernorrland (Spikarna) är 88 cm/100 år. I norra Västernorrland (Skagsudde) är den absoluta landhöjningen ca 91 cm/100 år. Om havsytan globalt stiger med en meter 1990-2100 beräknas den upplevda höjningen av medelvattennivån bli några cm högre än 1990 i Västernorrland, eller om man räknar från 2010, ca 10-15 cm högre.

Figur 5-2 visar global vattenståndshöjning, absolut landhöjning och den resulterande nettoändringen vid Spikarna 1990-2100. Den globala vattenståndshöjningen eskalerar mot slutet av seklet, men effekten av landhöjningen leder till att havet fortsätter att sjunka relativt land (nettoändringen) under första halvan av seklet. Jämfört med referensåret 1990 är det först strax innan 2100 som havet når samma nivåer igen. Om man ser till 2010 års medelvattennivå kommer denna att överskridas igen ca 2080.



Figur 5-2 Global vattenståndshöjning, absolut landhöjning och nettoändring av medelvattentytan för Spikarna 1990-2100. Relationen bygger på antagandet om att höjningen av havsytan blir 100 cm från 1990 fram till 2100.

Den apparenta (upplevda) landhöjningen beräknat från Spikarna och Draghällans vattenståndsserier (1897-2009) är 68 cm/100 år, vilket innebär att havsnivån historiskt sett har höjts med 20 cm/100 år. En beräkning av havsnivåhöjningen vid de svenska mätplatserna visar att denna har accelererat under 1900-talet och för de senaste 30 åren har den varit ca 3 mm per år (motsvarande 30 cm/100 år). Samma resultat återfinns globalt i satellitmätningar (3,2 +/-0,4 mm/år från 1992, se t.ex. CSRIO:s hemsida).

5.1.3 Extrema havsnivåer i Västernorrland

Vattenstånd från Spikarna och Draghällan har analyserats med avseende på extremer. Högsta vattenstånd relativt medelvatten uppmättes år 1984 till 128 cm över medelvatten

eller 137 cm i RH2000 (för året 2010). Vid beräkningarna av medel- och extremnivåer i framtiden har vi använt oss av den absoluta landhöjningen i Spikarna. Vissa modellresultat i AR4 pekade på ökade tendenser till västvindsklimat med oftare förekommande extrema vattenstånd till följd. Nyare resultat indikerar att detta är mindre sannolikt och vi har i beräkningen nedan utgått ifrån att fördelningen av extremer blir som i dagens klimat.

Tabell 5-1 visar det vattenstånd som förekommer med 50 och 100 års återkomsttid i dagens klimat och i framtidens klimat i höjdsystemet RH2000. I beräkningen av vattenstånd 2100 har vi använt 1990 som startpunkt med 1 m höjning av vattenståndet och 110 år av landhöjning. För dagens klimat redovisas resultaten som det ser ut idag, år 2010.

Tabell 5-1. Beräknade havsvattenstånd för återkomsttiderna 50 och 100 år i Västerorrlands län (Spikarna) angett i cm i RH2000. Kursiverade siffror anger 95%-igt konfidensintervall för det framräknade återkomstvärdet. Dagens klimat redovisar extremnivåerna som det ser ut 2010. För beräkningen av framtidens klimat har den apparenta landhöjningen mellan 1990 och 2100 lagts till. Osäkerhet för samtliga värden är +/- en decimeter. Årets medelvattenstånd vid Spikarna är 8,2 cm i RH2000 år 2010.

	50 år	100 år
Dagens klimat	120	127
Spikarna årshögsta relativt 2010	<i>113 - 133</i>	<i>118 - 143</i>
Framtida klimat	137	144
Spikarna årshögsta 2071-2100	<i>130 - 150</i>	<i>135 - 160</i>

5.1.4 Sammanställning av nyare uppgifter från den internationella forskningen kring havsvattenstånd

Nyare uppgifter från den internationella forskningen presenteras i Tabell 5-2. Tabellen är baserad på de uppgifter som nått SMHI hittills och gör inte anspråk på att vara fullständig. Observera att siffrorna inte är helt jämförbara eftersom de utgår från olika referensperioder. Därför har den aktuella referensperioden angivits i tabellen. En större svårighet är att nivåerna representerar olika sannolikheter och att detta ofta inte framgår klart av källmaterialet. De nedre gränserna är dessutom ofta baserade på helt skilda antaganden, varför de lägsta värdena inte är jämförbara. Ändå är tabellen intressant eftersom den återspeglar olika länders och organisationers syn på hotet från ett stigande hav.

Tabell 5-2. Sammanställning av internationella utredningar avseende stigande havsnivå.

Datum	Källa	Referensperiod	Höjning till ungefär år 2100 (cm)
Januari 2007	IPCC	1980-1999	18-59 (exkl. isdynamik)
Hösten 2008	Holländska Deltakommittén	1990	55-120
April 2009	Rummukainen och Källén	2009	"det kan röra sig om en meter under de närmaste 100 åren"
Juni 2009	Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam	1980-1999	75 (65-100)
November 2009	Copenhagen diagnosis	1980-1999	"at least twice as much as projected by Working Group1 of the IPCC AR4" "it may well exceed 1 m"
November 2009	NOAA	"by the end of this century"	3 – 4 fot (90-120 cm)
November 2009	Netherlands Environmental Assessment Agency PBL m.fl.	1990	55 -110 (40 -105 lokalt för Holland)
Juni 2009	UK Climate Projections science report	1980-1999	11,6 – 75,8 cm runt Storbritannien och Irland

Man kan naturligtvis fråga sig varför senare bedömningar av havets framtida nivåer skiljer sig så mycket från IPCC:s siffror från 2007. En del av skillnaden är dock skenbar och kan till en del bero på att uppgifterna presenterats på ett annat sätt i AR4 än i IPCC:s tredje Assessment Report (TAR) från 2001. IPCC tolkas också ibland alltför bokstavigt utan att man tar hänsyn till att IPCC - som det uttryckligen skrivs i sammanfattningen för beslutsfattare - diskuterat dynamiska processer och effekterna av isflöden separat (Naturvårdsverket, 2007, sid. 33).

Ytterligare en orsak är att de olika källorna använder sannolikhetsnivåer som ofta skiljer sig åt. Jämförelsen mellan IPCC AR4 och den holländska Deltakommitténs bedömningar diskuteras ingående av Vellinga, et al. (2008) i ett underlagsdokument till Deltakommittén. Man betonar att man i det holländska arbetet fokuserat på den övre gränsen av tänkbara utvecklingar genom att använda A1F1-scenariet för framtida utsläpp och att en stor skillnad också ligger i bedömningarna av utvecklingen av isarna på Antarktis och Grönland. IPCCs högsta siffra (59 cm) och det högsta värdet från *UK Climate Projections science report* (75,8 cm) har det gemensamt att de representerar 95-percentilen, vilket i detta sammanhang alltså inte kan ses som en övre gräns.

Det är slutligen viktigt att notera att de flesta uppskattningar som förekommer rörande framtida havsnivåer bygger på något eller några av IPCC:s utsläppsscenarioer. Det innebär att effekterna av eventuella utsläpps begränsningar till följd av internationella avtal

inte medräknats. Om man lyckas genomföra utsläpps begränsningar så minskar stigningstakten, men den upphör inte helt på grund av klimatsystemets stora tröghet.

5.2 Diskussion kring framtida havsvattenstånd

De beräkningar som presenteras här har utgått ifrån en global höjning om 1 m mellan 1990 och 2100. Vi har samtidigt utgått ifrån ett antagande om att höga vattenstånd kommer att uppträda på ungefär samma sätt som i dagens klimat. De mest extrema resultaten bygger på Deltakommitténs resultat. I tidigare arbeten förekommer också ett "högt scenario" enligt IPCC. Dessa beräkningar bygger på en global höjning på 59 cm samt en regional höjning (Nordsjön) på 20 cm. Därutöver tillkommer bidraget lokalt i Östersjön, och det är här som tendenserna till ökat västvindsklimat är som tydligast. Skillnader mellan resultaten för Västernorrland och angränsande områden beror dels på dessa olika antaganden, dels på effekten av ökade västvindar och dels på osäkerheter i Östersjömodellens höjdsystem och skillnader i landhöjning.

Klimatscenerierna innehåller osäkerheter som innebär att uppgifterna om framtida havsnivåer behöver anges med övre och undre nivåer. Vi har här inte tagit ställning till en lägsta nivå för Västernorrland. Ett räkneexempel som utgår ifrån dagens havshöjning på 3 mm/år leder till en fortsatt apparent landhöjning något långsammare än dagens, nämligen 5,8 mm/år i stället för 6,8 mm/år.

För den fysiska planeringen är perioden bortom år 2100 också av intresse. I några av de ovanstående analyserna diskuterar man även havets fortsatta höjning. Siffror så höga som 2-4 meter anges t.ex. av den holländska Deltakommittén. Här är osäkerheten dock mycket stor eftersom framtida utsläpp och en rad återkopplingsmekanismer, som är kända i begränsad omfattning, kommer in i bilden i hög grad.

5.3 Slutsatser klimatanalys av havsvattenstånd

Nyare resultat pekar på att en övre gräns för hur högt den globala havsytan kan komma att stiga är upp emot 1 m fram till 2100 från referensåret 1990 och att höjningen sker i allt snabbare takt mot seklets slut. För Västernorrlands del innebär det att effekten av landhöjningen blir mindre. Jämfört med 1990 kommer medelvattenytan år 2100 att ligga några cm högre i länets södra del och ungefär som nu i länets norra del. Eftersom landhöjningen mellan 1990 och 2010 har dominerat över havsnivåhöjningen och havet sjunkit relativt land under de senaste två decennierna kommer medelvattenytan år 2100 att vara ca 10-15 cm högre än den är idag, 2010.

Statistik över extrema vattenstånd har tagits fram för dagens klimat och för en global havsnivåhöjning på 1 m fram till 2100. De vattenstånden som i dag har en återkomsttid på 100 år, 127 cm i höjdsystemet RH2000 eller 119 cm över årets medelvattenstånd, kommer att förekomma med en återkomsttid på mindre än 50 år. Vattenstånd som år 2100 har en återkomsttid på 100 år är 144 cm i RH2000, 17 cm högre än för dagens (2010) förhållanden. I perioden fram till ca 2080 förväntas både medelvattenståndet och extrema vattenstånd att vara som idag eller lägre.

6 EROSION VID KUSTER OCH VATTENDRAG SAMT RAVINBILDNING

6.1 Översiktlig inventering av förutsättningar för erosion

Med erosion menas den process som leder till förlust av material från stranden och botten i vattendrag och längs kuster. Erosion och sedimentation är en ständigt pågående naturlig process i landskapet. Den naturliga balansen kan störas av mänskliga aktiviteter, exempelvis genom konstruktioner i vatten, fartygstrafik, avverkning av strandnära skog m.m. Under vissa betingelser sker mer omfattande erosionsangrepp, t.ex. längs kuster vid stormar eller vid höga flöden och vattennivåer i vattendrag och sjöar.

Det finns olika typer av erosion. Erosion från *vågor* orsakas främst av vindvågor men även vid tappning av dammar eller av fartygstrafik. *Strömmande vatten* kan medföra erosion i vattendrag och på angränsande stränder och slänter. *Vinderosion* är begränsad i Sverige och förekommer framförallt i områden som saknar vegetationstäckning, exempelvis längs sandstränder och dyner samt på åkerjord under vår och försommar. Erosion kan också uppkomma av nötande *is* från istäcken och isdämmor som utbildats i samband med vårflöden i vattendrag. *Inre erosion* kan förekomma i finkornig friktionsjord genom att grundvattenströmmar för med sig partiklar och på så sätt orsakar materialvandring.

Om det inom ett visst avgränsat område råder jämvikt mellan eroderat och avsatt mängd material sägs området vara stabilt från erosionssynpunkt. Vid en nettoförlust av material är området utsatt för erosion och i motsatt fall sker en ackumulation av material.

En förutsättning för erosionsprocesser är dels tillgång på erosionskänsligt jordmaterial, dels en flödes/vindhastighet som är tillräckligt hög för att loss göra och transportera materialet. När flödes/vindhastigheten minskar avsätts materialet igen. De mest erosionsbenägna jordarna är ensgraderade framförallt jordarter med en kornstorleksfördelning motsvarande finsand och mellansand.

Klimatförändringar kan medföra en ökad nederbörd som ökar avrinningen i vattendragen vilket i sin tur medför ökad erosion. Vid kusterna innebär en högre havsnivå att stranderosionen kommer att öka och att områden som tidigare inte varit utsatta för erosion kan påverkas.

SGI har utfört en översiktlig inventering av omfattningen av stranderosion i Sverige i samverkan med berörda kommuner. Syftet med inventeringen var att få en översikt av var stranderosion förekommer och var det finns förutsättningar för erosion utmed landets havskuster och vid stränder utmed de sex största sjöarna i landet. Uppgifter har inhämtats för kommuner belägna vid kuster och sjöar om var erosion konstaterats. Dessutom har förutsättningar för erosion inventerats med utgångspunkt från de geologiska förhållandena.

För närvarande utför SGI en översiktlig inventering av förutsättningar för erosion i de ca 60 största vattendragen i Sverige. Denna inventering är en fortsättning av ovannämnda kustinventering. Här har inventeringen begränsats till att förutsättningar för erosion med utgångspunkt från de geologiska förhållandena.

Resultatet från inventeringarna redovisas på SGI:s hemsida www.swedgeo.se/Myndighetsstöd/Stranderosion.



Figur 6-1. Exempel på erosionskador vid havskust. Stranderosion vid Åhus. Foto: Kristianstads kommun.

6.2 Översiktlig beskrivning av kuststräckan

Kalt berg har stor utbredning, framför allt i kusttrakterna i den norra och södra delen av länet. Där är jordtäcket oftast obefintligt på höjderna, medan bergssidor och dalbottnar kan vara täckta av mäktiga jordlager. I dalgångarna längs Ångermanälvens mynningsvik med samma namn finns dock flackare områden med lager av finkornig jord bestående av lera och silt samt sulfidjord.

6.3 Erosionsförhållanden

6.3.1 Kusterosion

Omfattningen av erosionsförhållandena längs den svenska kusten har karterats översiktligt av SGI, Rydell m.fl. (2006). Längs kusten i Västernorrlands län finns förutsättningar för erosion i kustkommunerna, Sundsvall, Timrå, Härnösand, Kramfors och Örnsköldsvik. Områdena redovisas på Karta 2-7.

Sundsvalls kommun

Utmed kuststräckan i Sundsvalls kommun finns förutsättningar för erosion utmed stränderna vid:

- Rönnebottensviken, Lubban, Brämösundet, Björkviken, Bergafjärden och Bodviksfjärden i södra delen av kommunen
- Vid Kvissleby – utmed stränderna vid Essvik, Svartvik och Stockvik
- Runt Sundsvallsfjärdens inre delar
- Utmed Alnösundet vid Johannedal och Sundsbruk
- På Alnös stränder mot norr och nordost

Timrå kommun

Utmed kuststräckan i Timrå kommun finns förutsättningar för erosion utmed stränderna vid:

- Klingefjärdens norra stränder
- Inre Tynderösundets norra stränder

Härnösands kommun

Utmed kuststräckan i Härnösands kommun finns förutsättningar för erosion utmed stränderna vid:

- Byviken samt Pålvisken i södra delen av kommunen
- Älandsbro och Finviksstrand
- Vålånger, Utansjö och Ramvik
- Lugnösens norra del samt vid flera platser runt Hemsön

Kramfors kommun

Utmed kuststräckan i Kramfors kommun finns förutsättningar för erosion utmed stränderna:

- I Ångermanälvens mynningsvik vid
 - Nänsjöviken,
 - Lunde
 - Kramforsviken
 - Nyland och Sandslån
 - Marieberg
 - Storsvedjan
 - Klockestrand
 - Hummelviken.
- Runt Norafjärden och Gaviksfjärden
- Runt Ullångersfjärden, Dockstafjärden och Norrfjärden vid
 - Mjällomslandet
 - Ullånger
 - Docksta
 - Kexed

Örnsköldsviks kommun

Utmed kuststräckan i Örnsköldsviks kommun finns förutsättningar för erosion utmed stränderna vid:

- Bjästa och Köpmanholmen
- Bäckfjärden och Gullviksfjärden
- Örnsköldsviksfjärden och Dekarsöfjärden
- Risöfjärden, Ulträsfjärden och Sannafjärden
- Husum (stränderna sydväst och nordost om Husum)

Lokala effekter tillkommer på erosionen till följd av stormar, översvämning och tillfälliga högvatten eller andra säsongsbetonade effekter. För att ta hänsyn till dessa förhållanden kan göras ett schablontillägg med ca 25 %.

6.3.2 Erosion längs vattendrag

Förutsättningarna för erosion i vattendrag inventerats översiktligt av Rydell m.fl. (2009). Med dessa utredningar som underlag har följande nio större älvar och åar i Västernorrlands län inventerats i detta projekt:

- Ljungan som mynnar i Sundsvallsbukten vid Kvissleby söder om Sundsvall, se Karta 3, 4, 7 och 8.
Förutsättningar för erosion finns mellan Alby och Ånge och utmed Ångesjön, runt Borgsjön, samt älvsträckan mellan Ljungaverk och Stöde, älvsträckan mellan Nedansjö och Matfors samt mellan Klingsta och Kvissleby/Svartvik.
- Selångersån, som mynnar i Sundsvallsfjärden i Sundsvalls centrala del, se Karta 3 och 7
- Indalsälven, som mynnar i Sundsvallsbukten i Klingefjärden norr om Timrå, se Karta 3 och 7. Förutsättningar för erosion finns, dock med mindre luckor, längs hela älvsträckan inom Västernorrlands län.
- Ångermanälven, som mynnar i sin mynningsfjärd med samma namn vid Sandslån, se Karta 1, 3, 5 och 7. Förutsättningar för erosion finns, dock med mindre luckor, längs hela älvsträckan inom Västernorrlands län.
 - Faxälven, se Karta 1 och 5 som är ett biflöde till Ångermanälven med sammanflöde vid Västanvåg norr om Sollefteå. Längs älvsträckan inom Västernorrlands län finns förutsättningar för erosion mellan Ramsele och Helgumssjön samt mellan Helgumssjön och sammanflödet med Ångermanälven.
 - Fjällsjöälven, se Karta 1 och 5, som är ett biflöde till Ångermanälven med sammanflöde vid Åkvisslan nordväst om Näsåker. (Fjällsjöälven är dessutom en bifurkation som leder vatten mellan Faxälven och Ångermanälven.) Förutsättningar för erosion finns, dock med mindre luckor, längs hela älvsträckan inom Västernorrlands län.
- Nätraån, se Karta 2 och 5, som mynnar i Nätrafjärden vid Köpmanholmen söder om Örnsköldsvik. Förutsättningar för erosion finns längs hela åsträckan förbi Bjästa och ned till mynningen i havet vid Köpmanholmen.

- Moälven, se Karta 2 och 5, som mynnar i Örnsköldsviksfjärden vid Domsjö. Uppströms Anundsjön sammanflyter de två åarna Norra respektive Södra Anundsjöåarna vid Bredbyn. Nedströms Anundsjön kallas vattendraget Moälven. Förutsättningar för erosion finns längs Norra Anundsjöån från uppströms Kubbe till Bredbyn. Kortare åsträckor med förutsättningar för erosion finns längs Södra Anundsjöån. Förutsättningar för erosion finns längs Moälvens hela delsträcka mellan Mellansel och Moliden, samt vid älvsträckorna vid Västerhus, Billstasundet samt i Örnsköldsviks centrala delar.
- Gideälven, se Karta 2 och 5, som mynnar i Bottenhavet vid Husum. Förutsättningar för erosion finns längs i stort sett längs hela älvsträckan mellan länsgränsen mot Västerbottens län och mynningen vid Husum förutom utmed stränderna i de större sjöar som älven passerar.

6.3.3 Ravinbildning

Ravinbildning är vanligast i områden med siltjord men förekommer även i områden med sand- eller lerjord. Raviner kan utvecklas snabbt genom ytvattenserrosion och/eller inre erosion (grundvattenerosion). Raviner utvecklas ofta genom flera på varandra följande skred och/eller ras längs med en dräneringsfåra på marken, ett vattendrag eller ett grundvattenflöde och växer till bakåt från sin mynning. Vid intensiv nederbörd strömmar de eroderade jordmassorna vidare som slamströmmar, och kan påverka områdena nedanför slänten. En ravin kan bli tio till tjugo meter djup, är V-formad och har branta sidor, Fallsvik m.fl. (2006).

I Västernorrlands län är raviner vanliga längs såväl större som mindre vattendrag i områden med siltjord. Raviner grenar vanligen ut sig och orsakar på sikt oftast stor markförstörelse, Figur 6-2. Därmed kan bebyggelse på relativt stora avstånd hotas.



Figur 6-2 *Ravin i silt i Dalälvens dalgång ca 1500 m nordväst Solvarbo, Dalarna..
Foto: C. Fredén, SGU, 1999*

Inre erosion kan förekomma i finkornig friktionsjord genom att grundvattenströmmar för med sig partiklar och på så sätt orsakar materialvandring. På grund av inre erosion kan kaviteter (hålrum) bildas i jordlagren och marken kan störta samman. Såväl ravinbildning som kollapsande kaviteter kan skada människor, bebyggelse och infrastruktur.

6.4 Konsekvenser av klimatförändringar

6.4.1 Kusterosion

Kusterosion ökar vid höjd havsnivå och om frekvens och styrka på stormar ökar.

Havsnivåförändring

Havsnivåhöjningen kommer att inverka på kusterosionen först i slutet av seklet, då den kommer ifatt landhöjningen.

Förändring av frekvens och styrka på stormar

Det är okänt om frekvens och styrka på stormar kommer att förändras på grund av klimatförändringar, eftersom klimatscenerierna inte ger tydliga scenarier för framtida vindförhållanden. Det är därför svårt att i denna utredning fastställa hur kusterosionen kommer att förändras på grund av detta.

6.4.2 Erosion längs vattendrag

Klimatanalysen i denna rapport (Kapitel 4) visar på ökad nederbörd och årsmedelvattenföring men däremot på minskande 100-årsflöden. Trots ökad medelnederbörd kommer storleken på höga flöden i vattendragen att minska främst på grund av en förlängd och därmed utjämnad snösmältningssäsong. Sammantaget kan därför problemen förenade med erosion delvis komma att bli oförändrade eller till och med minska. Hänsyn har inte tagits till den effekt reglering av vattendrag innebär.

6.4.3 Ravinutveckling

De klimatbetingade förändringar som påverkar benägenheten ravinutveckling är främst höga flöden vilka ger vatteninrånka jordlager samt intensiva regn som temporärt ger kraftig erosion", Fallsvik m.fl.(2006). I Västernorrlands län finns områden där benägenheten för ravinutveckling kommer att öka beroende på ökad nederbörd och därmed ökad avrinning. Klimatanalysen i denna rapport (Kapitel 4) visar också på ökad nederbörd och årsmedelvattenföring men däremot på minskande 100-årsflöden. Därför kan problemen komma att bli oförändrade eller till och med minska i delar av länet.

6.5 Landhöjningen

Landhöjningens intensitet är högst i landet utmed kusten av Västernorrlands län. Landhöjningen motverkas av den havsnivåhöjning, som är en följd av klimatförändringen, se Kapitel 5.

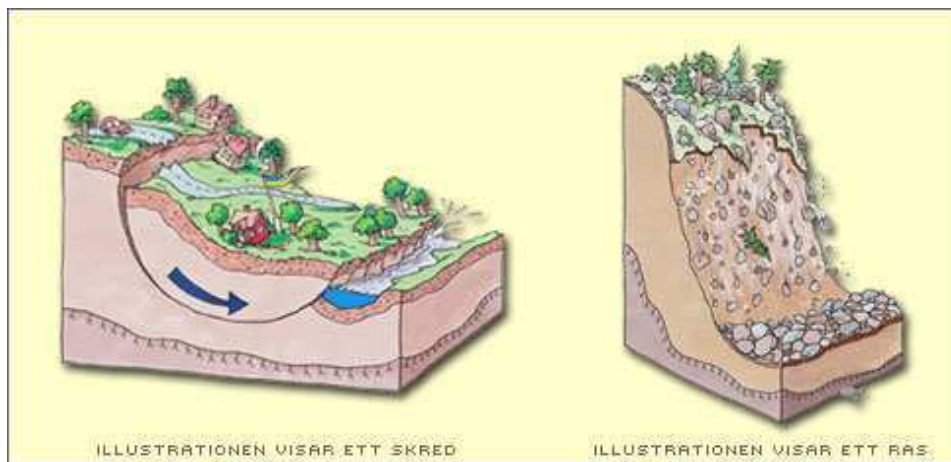
Nedströms den sista forsen eller vattenfallet i vattendragen utgör havsnivån så kallad erosionsbas. På grund av den intensiva landhöjningen sjunker denna erosionsbas successivt undan, vilket förklarar att förhållandevis mycket erosion och därmed många skred inträffar utmed de nedersta älvsträckorna. Tidigare avlagrade finsediment belägnapå nivåer under älvälvbotten utmed dessa havsnära älvsträckor kan vara mäktiga och utgör således en lättroderad potential för nya skred efterhand som landhöjningen fortgår. En klimatbetingad havsnivåhöjning kommer dock att motverka denna effekt.

7 SKRED, RAS OCH SLAMSTRÖMMAR

7.1 Översiktlig beskrivning av förutsättningar

Skred, ras och slamströmmar är exempel på snabba rörelser i jord eller berg som kan orsaka stora skador dels på mark och byggnader inom det drabbade området, dels inom nedanförliggande markområden där massorna hamnar, se Figur 7-1, 7-2 och 7-3.

Ett skred eller ras är i många fall en följd av en naturlig erosionsprocess, men kan också utlösas av mänskliga ingrepp i naturen. En gemensam nämnare är att både skred och ras kan inträffa utan förvarning.



Figur 7-1 Illustration av skred och ras i jord.



Figur 7-2 Åre samhälle ligger på avlagringar av grus och sand från ett stort antal slamströmmar som inträffat sedan istiden längs Mörviksåns ravin. Foto: J Lundqvist, SGU 1962



Figur 7-3 Spår av slamström nedströms ravin, ca 5 m bred och 2 m djup erosionskanal, Kittelfjäll, Vilhelmina, Foto: SGI

7.1.1 Skred och ras

Skred är en jordmassa som kommer i rörelse och som under rörelsen till en början är sammanhängande. Ytlagrets torra lera, torrskorpan, bryts sönder i stora flak. Jordskred förekommer i finkorniga silt- och lerjordar, så kallade kohesionsjordar, men även i andra jordar med inslag av ler och silt, exempelvis finkornig morän.

Ett ras är en massa av sand, grus, sten eller block eller en del av en bergslänt, som kommer i rörelse. De enskilda delarna rör sig fritt i förhållande till varandra. Berg innehåller större och mindre sprickor som kan leda till att stora block loss görs och faller ned.

En ökad nederbörd påverkar jordars stabilitet negativt och ökar faran för skred och ras genom att ett ökat vattentryck i markens porer minskar hållfastheten. Grundvattenförändringar påverkar portrycket i jorden. Ökad nederbörd kan också leda till ökad avrinning och erosion som påverkar släntstabiliteten. Intensiva regn och vattenmättade jordlager ökar också benägenheten för skred i moränmark och slamströmmar. Klimat-scenarierna visar att temperatur- och nederbördsökningen blir störst under vinterhalvåret, vilket ger höga vattennivåer.

Skogsavverkning kan också leda till förändrad stabilitet eftersom vegetationen som suger upp mycket av markvattnet tas bort. Detta kan leda till högre grundvattennivåer och ytvattenflöden. En högre grundvattennivå ökar portrycket i jordlagren och försämrar jordens hållfasthet. Ökade ytvattenflöden kan ge erosion och skred i sluttningar och dalgångar. Djupa spår från skogsmaskiner (skördare och skotare) medför ofta att vatten från befintliga vattendrag och diken leds om till andra delar av slänterna. Detta kan leda till ny erosion samt skred och slamströmmar inom de släntområden som drabbas av ökad vattenavrinning.

Klimatförändringar påverkar även frekvensen av ras i berg. En ökad växling av varmt och kallt väder, så kallade nolltemperaturgenomgångar, kan innebära att vatten i bergets sprickor fryser och kan spränga loss bergmaterial. Bergras bedöms i huvudsak vara ett lokalt problem. Klimatanalysen visar på ökade temperaturer, framför allt vintertid, vilket ökar sannolikheten för nollgenomgångar. Någon särskild analys av framtida nollgenomgångar har dock inte genomförts inom denna utredning.

7.1.2 Moränskred och slamströmmar

I branta slänter av exempelvis morän, uppstår skred oftast när jorden är vattenmättad efter en nederbördsrik period eller i samband med snösmältningen. I Sverige är moränskred vanligast i fjällterräng, men kan även uppstå i kuperad terräng av morän i andra delar av landet.

Där en slänt är lång och brant kan vattenmättade jordmassor från ett högt beläget moränskred strömma nedför slänten som en slamström. Så länge som slänten är tillräckligt brant fortsätter slamströmmen sin rörelse nedåt och längs sin väg påverkas marken och omgivningen av mycket kraftig erosion. Ytterligare jordmassor innehållande sten och block och även hela träd dras ofta med och därmed kan slamströmmens volym successivt öka nedför slänten.

I raviner uppstår problem på grund av skred, ras och erosion i sidoslänterna. Jordmassor ansamlas därmed längs ravinbotten och kan på så sätt dämna upp ravinens vattendrag. Vid kraftig vattenföring i ravinens vattendrag kan massorna åter sättas i rörelse och tillsammans med vattenmassorna bilda en slamström.

Den naturliga balansen när det gäller stabilitetsförhållandena och benägenheten för slamströmmar i moränslänter kan förändras vid avverkning av skog. Detta leder till en snabbare avrinning av ytvatten vilket kan leda till att jordmassor kommer i rörelse. Djupa spår av tunga skogsmaskiner kan leda om mindre vattendrag så att en ökad avrinning påverkar angränsande släntområden med ökad benägenhet för utveckling av slamströmmar där.

Klimatförändringar kommer i många områden att innebära att nederbörden ökar liksom antalet tillfällen med intensiv nederbörd. Detta leder också till att risker för moränskred och slamströmmar kan öka.

7.2 Inventering av förutsättningar för skred, ras och slamströmmar

I denna utredning har vi redovisat områden, se Karta 1-9, med förutsättningar för skred, ras och slamströmmar enligt MSB:s (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) översiktliga stabilitetskarteringar för Västernorrlands län. Enbart idag bebyggda områden karteras i MSB:s regi. Således har inte gles bebyggelse på landsbygden, eventuella planerade exploateringsområden eller områden med enbart infrastruktur medtagits. Nedan följer en beskrivning av metoden, och vad metodens olika etapperna redovisar.

7.2.1 Använd metodik

Enligt MSB:s metod indelas den översiktliga stabilitetskarteringen i två steg, dels en förstudie och dels en huvudstudie (Etapp 1). Syftet med förstudien är att avgränsa de områden som ska behandlas vidare i huvudstudien. Huvudstudien innebär att stabilitetsförhållandena för slänter innehållande jordlager bestående av lera, silt och sand i bebyggda områden karteras översiktligt. Dessutom karteras översiktligt branta områden med morän och andra grovkorniga jordar i anslutning till bebyggelse.

Huvudstudien, Etapp 1 är indelad i två deletapper – Etapp 1A och Etapp 1B:

- I Etapp 1A karteras översiktligt stabilitetsförhållandena respektive förutsättningarna för slamströmmar med avseende på jordart och topografi.
- I Etapp 1B karteras stabilitetsförhållandena respektive förutsättningarna för slamströmmar översiktligt utifrån fältundersökningar, besiktningar och överlagsberäkningar i särskilt utvalda sektioner och eventuella tidigare utförda stabilitetsberäkningar.

MSB:s metod för indelning av stabilitetszoner för slänter i lera silt och sand, MSB:s översiktliga stabilitetskartering (2010), beskrivs i Bilaga 4.

7.2.2 Karterade delar av Västernorrlands län

I Västernorrlands län har utförts såväl fullständig översiktlig stabilitetskartering av ler-, silt- och sandslänter som översiktlig kartering av stabiliteten i raviner och slänter i morän och grov sedimentjord i Sollefteå, Kramfors, Örnsköldsviks och Sundsvalls kommuner. I Timrå, Härnösands och Ånge kommuner är dock översiktlig stabilitetskartering av ler-, silt- och sandslänter endast utförd enligt Etapp 1A. Inte heller översiktlig kartering av stabiliteten i raviner och slänter i morän och grov sedimentjord har utförts i dessa tre kommuner, se Tabell 7-1.

Tabell 7-1 Översiktliga stabilitetskarteringar i MSB:s regi

Kommun	Ler-, silt- och sandslänter		Moränskred och slamströmmar	
	Karteringsår	Utförda etapper	Karteringsår	Utförda etapper
Sollefteå	2007	1A, 1B	2009	1A, 1B
Kramfors	2007	1A, 1B	2009	1A, 1B
Örnsköldsvik	2007	1A, 1B	2007	1A, 1B
Sundsvall	2007	1A, 1B	2004	1A, 1B
Timrå	1996	1A		Ej utförd
Härnösand	1996	1A		Ej utförd
Ånge	1996	1A		Ej utförd

I denna utredning redovisas resultatet från Etapp 1B för de fyra kommuner där denna etapp har utförts. För de tre kommuner (Timrå, Härnösand och Ånge) där endast Etapp 1A är utförd redovisas istället Stabilitetszon I, vars innebörd förklaras nedan, se Karta 1-9. Vidare redovisas resultatet från den översiktliga karteringen av stabiliteten i raviner och slänter i morän för de fyra kommuner där detta har utförts, se Karta 1-9.

7.2.3 Bedömningsklasser för raviner och slänter i morän och andra grovkorniga sedimentjordar

För raviner och slänter morän och andra grovkorniga sedimentjordar görs i Etapp 1B en bedömning av benägenheten för jordrörelser i slänter och raviner. Denna bedömning görs med hjälp av studier av ett antal förhållanden (exempelvis topografiska och hydrologiska) och översiktligt beräknade stabilitetsförhållanden. Benägenheten för slamströmmar baseras på studier och analys av spår från tidigare jordrörelser, högvattenflöden, fara för dämning, vegetationstäckning etc.

Etapp 1B resulterar i indelning av raviner och slänter i fyra bedömningsklasser som anger olika behov och angelägenhetsgrad för detaljerad undersökning och eventuella behov av regelbunden observation. Kriterier för de olika klasserna framgår av Tabell 7-2.

I denna utredning redovisas enbart områden med Bedömningsklass 2. Områden med bedömningsklass 3 och 4 redovisas ej. Områden med Bedömningsklass 1 saknas i länet.

Tabell 7-2 *Indelning i bedömningsklass beroende av bedömt behov av detaljerad utredning och observationer. I denna utredning redovisas enbart områden med Bedömningsklass 2.*

Bedömningsklass	Behov av detaljerad utredning
1	Angeläget utredningsbehov föreligger. Området bör hållas under observation.
2	Utredningsbehov föreligger. Området bör hållas under observation.
3	Inget utredningsbehov föreligger, men området bör hållas under observation.
4	Inget behov av ytterligare utredning eller observation föreligger.

7.3 Områden med förutsättningar för skred och ras i lera, silt och sand

Områden med lera, silt och sand återfinns utmed älvarna upp till HK. Dessa jordlager utgörs huvudsakligen av deltasediment, som avlagrats vid läget för vattendragens tidigare mynning i havet, vars nivå senare har sjunkit undan på grund av landhöjningen. I dessa äldre deltasediment har nipor utvecklats på grund av erosion från vattendraget och tidvis höga grundvattentryck i jordlagren. Detta har gett upphov till successiva ras och skred, exempelvis utmed Ångermanälven, Faxälven och Ljungan.

Lerområden och områden med sulfidjordar återfinns i de flesta låglänta områden utmed kusten och i anslutning till vattendrag under HK, exempelvis stränderna för Ångermanälvens mynningsfjärd vid Kramfors. Leran, som i huvudsak är av glacialt ursprung, kan delvis vara överlagrad med silt och sand, exempelvis utmed Ångermanälven och Gideälven.

I MSB:s utredningar har tätbebyggda områden med förutsättningar för skred och ras karterats. Riskerna inom områden med gles bebyggelse, för framtida exploateringsområden och infrastruktur på landsbygd har inte studerats.

7.4 Konsekvenser av klimatförändringar

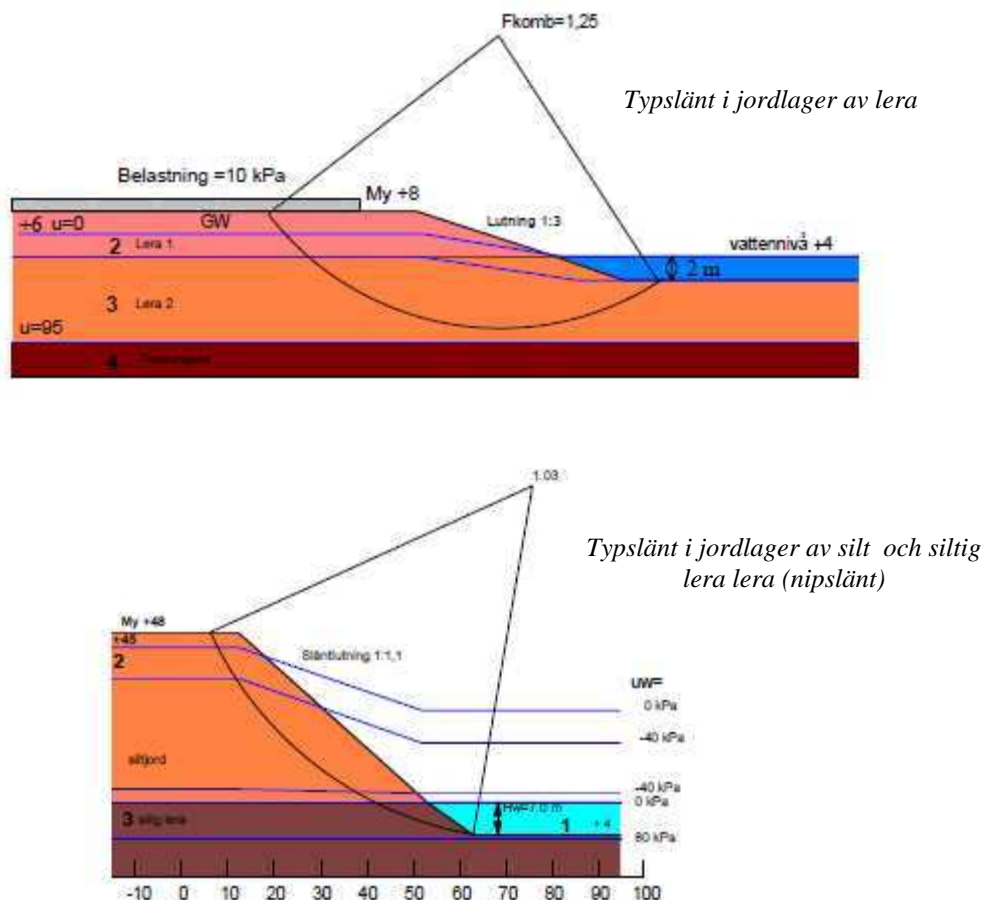
7.4.1 Ändrade förhållanden på grund av förändring av klimatet

Viktiga utlösande faktorer för skred är de belastningar som jorden utsätts för, jordens egenskaper och ändringar i geometrin som till exempel erosion i vattendrag kan bidra

till. I belastningen ingår förutom jordens egenvikt även vattentryck och belastningar och annan påverkan från mänskliga aktiviteter.

I Kapitel 4 som beskriver förväntade förändringar av klimatet i Västernorrlands län redogörs bland annat för förändringar i nederbörd och vattendragens flöden. Båda dessa faktorer har inverkan på sannolikheten för skred och ras. Nederbörden beräknas på årsbasis öka med ca 20 %, med den största ökningen under vinterhalvåret.

De förändrade nederbördsförhållandena kommer att påverka yt- och grundvattennivåer, portryck i marken samt vattenföring och vattennivåer i vattendragen. Samtliga dessa förändringar kan var för sig eller i kombination påverka säkerheten mot stabilitetsbrott i negativ riktning. I en studie, SGI Varia 560:1 (2005), genomförd för att förklara hur jordslänters stabilitet förändras vid förändrat klimat med främst ökade nederbörds- mängder, har ett antal typfall studerats, Figur 7-4. Den studien visar att det är rimligt att anta en försämring av säkerheten på mellan 5% och 30 % beroende på vilka förhållanden som antas och hur de varierar. Det betyder att områden som idag anses vara stabila, utifrån de rekommendationer som finns, kan behöva åtgärdas om samma säkerhetsnivå ska gälla.



Figur 7-4. Exempel på två typslänter som beräknats för nya klimatförutsättningar. Källa: SGI Varia 560:1 (2005).

7.4.2 Förändringar i säkerhetsnivå på lokaler som finns i Västernorrlands län

I de översiktliga stabilitetsutredningar som MSB (f.d. Räddningsverket) genomfört i Västernorrlands län framgår att de flesta områden med behov av fördjupade undersökningar omfattar slänter där vanliga jordarter är silt och sand.

I kustlandet i Västernorrlands län förväntas frekvensen av skred och ras att öka beroende på ökad nederbörd och avrinning och därmed ökad erosion och ökade portryck, Fallsvik m.fl.(2006).

Skred och ras utlöses ofta av erosion som sin tur ökar vid ökade flöden. Klimatanalysen i denna rapport (Kapitel 4) visar på ökad nederbörd och årsmedelvattenföring men däremot på minskande 100-årsflöden. Trots ökad medelnederbörd kommer storleken på höga flöden i vattendragen att minska främst på grund av en förlängd och därmed utjämnad snösmältningssäsong. Sammantaget kan därför problemen förenade med erosion som ger upphov till skred och ras delvis komma att bli oförändrade eller till och med minska. Hänsyn har inte tagits till den effekt reglering av vattendrag innebär. (Se även avsnitt 6.4.2 och 7.1.1).

I SGI Varia 560:1 (2005), beskriver ett typfall höga branta nipslänter av sandiga och siltiga jordar. Dessa slänter har ofta naturligt en låg säkerhet mot stabilitetsbrott. Orsaken till att slänterna inte rasar i större omfattning än de gör beror på negativa portryck som har en positiv inverkan på jordens hållfasthet. Blir jorden mer vattenmättad minskar det negativa portrycket och säkerheten försämras. Det kan leda till ökad frekvens av ytliga ras.

Innehåller sand- och siltslänter skikt av tätare jordmaterial styr dessa grundvattnet ut i slänten och kan orsaka grundvattenerosion som i sin tur kan ge upphov till ytliga skred.

Slänter av tät jord kan ibland innehålla lager av genomsläppliga jordar. I dessa lager kan ett vattenövertryck uppstå i samband med hög nederbörd. Innan trycket har utjämnats innebär det en försämring av säkerheten mot stabilitetsbrott.

Många av de slänter där stabilitetsutredning genomförts i Västernorrlands län har ett vattendrag vid släntfoten. Ökad strömning i vattendraget resulterar i ökad erosion som inverkar negativt på säkerheten. Påverkan blir mindre om vattennivån i vattendraget stiger eftersom det vattentryck som påverkar slänten har en stabiliserande verkan. Om vattennivån i vattendraget sjunker undan snabbare än vattentrycket i slänten normaliseras uppstår ett kritiskt läge när det gäller säkerheten mot ras och skred.

7.4.3 Konsekvenser av klimatförändringar

Sammanfattningsvis kan konstateras att klimatförändringar visar att nederbörden kommer att öka, vilket ökar riskerna för ras och skred inom områden med otillfredsstillande stabilitet för dagens förhållanden. Det innebär också att det inom ytterligare områden kan komma att finnas slänter som inte har erforderlig stabilitet.

7.5 Områden med förutsättningar för moränskred och slamströmmar

I branta slänter i morän kan såväl skred som slamströmmar uppkomma och där det även finns vattendrag med tillräckligt stora avrinningsområden kan slamströmmar transporteras längre sträckor och påverka bebyggelse och infrastruktur.

Slamströmmar utlöses oftast vid intensiva regn sommartid, vilka brukar omfatta ett begränsat område. Klimatförändringen väntas innebära ökad frekvens av intensiv nederbörd sommartid.

I MSB:s utredningar har tätbebyggda områden med förutsättningar för moränskred och slamströmmar karterats i fyra av länets kommuner: Sundsvall, Örnsköldsvik, Kramfors och Sollefteå. Riskerna i Timrå, Ånge och Härnösands kommuner samt inom områden med gles bebyggelse, inom områden för framtida exploateringsområden och infrastruktur på landsbygd har inte studerats i MSB:s utredningar:

- Områden med förutsättningar för moränskred och slamströmmar enligt Bedömningsklass 1 (angeläget utredningsbehov föreligger och området bör hållas under observation) saknas i de karterade kommunerna.
- Områden med förutsättningar för moränskred och slamströmmar enligt Bedömningsklass 2 (utredningsbehov föreligger och området bör hållas under observation) framgår av Tabell 7-3.
- Områden där inget utredningsbehov föreligger, men som framgent bör hållas under observation, redovisas inte i detta uppdrag.

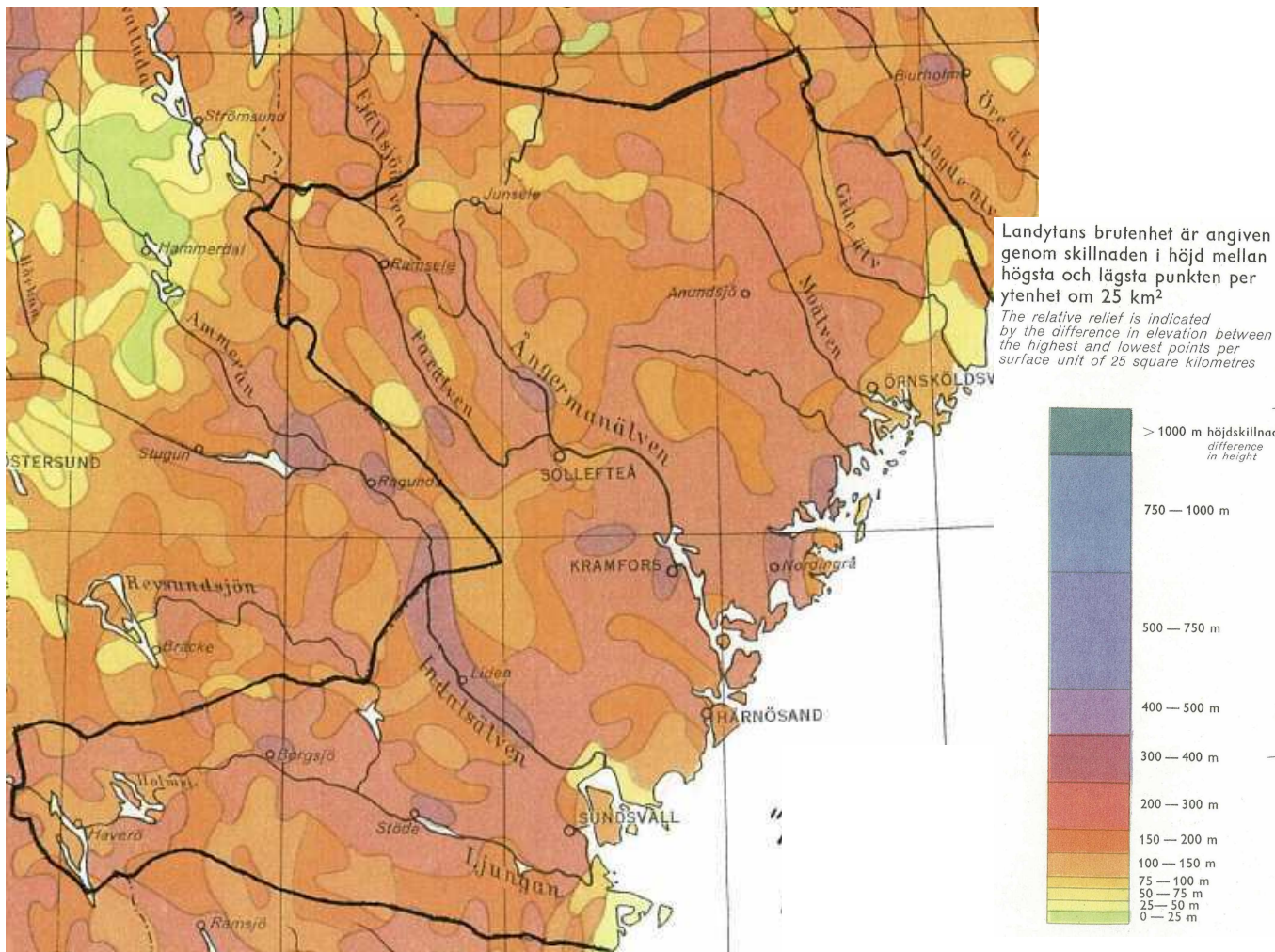
Tabell 7-3 *Områden i Västernorrlands län som enligt MSB:s utredningar har förutsättningar för moränskred och slamströmmar enligt Bedömningsklass 2 (utredningsbehov föreligger och området bör hållas under observation)*

Sundsvall	Örnsköldsvik	Sollefteå	Kramfors
Stöde	Hummelvik	Remsle	Bollstabruk
Österlo	Själevad		Björsta (Kramfors)
Klingsta	Åsberget		Häggvik
Kvissleby			Klockestrand
Indal			Öd (Kramfors)
Järkvissle			Nordingrå
			Nyland

Topografiska förutsättningar för att moränskred och slamströmmar ska uppstå finns i de områden där landskapets brutenhet är störst inom Västernorrlands län främst längs älvdalarna och i Höga kustområdet. Kartan i Figur 7-5 visar de områden där landskapets brutenhet är stor vilket utgör ett översiktligt underlag för bedömning av benägenheten för moränskred och slamströmmar utanför de av MSB karterade områdena.

Det framgår av kartan i Figur 7-5 att inom Västernorrlands län är den maximala höjdskillnaden 400-500 m per ytenhet om 25 km². I Sverige finns större höjdskillnader enbart längs fjällkedjan, där den högsta mängden och frekvensen av slamströmmar inträffar.

far. Utanför fjällkedjan tillhör Västernorrlands län en region där slamströmmar är relativt vanliga på grund av topografin samt jordlager- och nederbördsförhållandena. Detta i kombination med förhållandevis mera bebyggelse i Västernorrland jämfört med fjällvärlden gör att riskerna förknippade med slamströmmar är relativt stora i länet. De topografiska förhållandena kännetecknade av begränsade höjdområden medför dock att slamströmmarnas storlek bedöms kunna bli jämförelsevis begränsade, men de har trots detta en potential att förstöra byggnader och egendom samt kunna skada människor.



Figur 7-5 Utdrag ur Atlas över Sverige, Landytans brutenhet. Inom Västernorrlands län överstiger inte den maximala höjdskillnaden 400-500 m per ytenhet om 25 km².

7.5.1 Klimatförändringens inverkan

I dagens klimat finns förutsättningar för moränskred och slamströmmar i Västernorrlands län på grund av de topografiska förhållandena, nederbörds- och avrinningsförhållandena samt jordlagerförhållandena.

Översiktligt kommer benägenheten för moränskred och slamströmmar i södra delarna av länet att öka beroende på ökad nederbörd sommartid och högre frekvens av intensiva



2010-10-21

2-1002-0144
14242

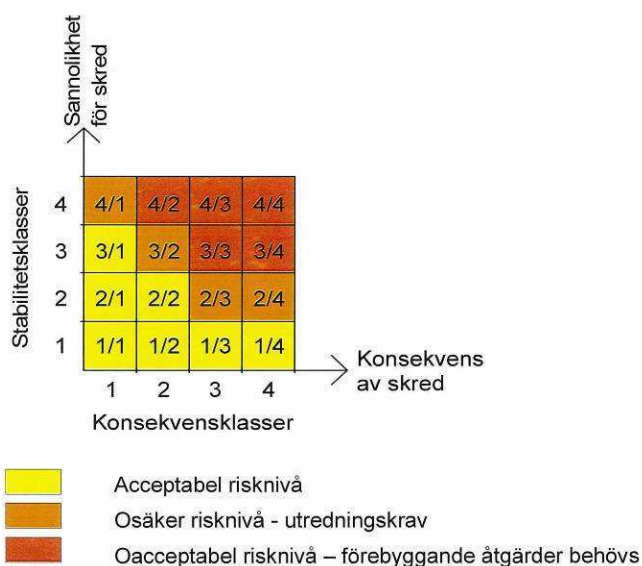
regn och därmed ökad erosion, Fallsvik m.fl. (2006). I de norra delarna av länet kommer benägenheten att vara oförändrad. I denna rapport har ingen geografisk analys av nederbördsmonster ingått.

8 RISK FÖR BEBYGGELSE, INFRASTRUKTUR, MILJÖFARLIG VERKSAMHET OCH FÖRORENAD JORD

8.1 Risker för naturolyckor

Denna utredning har syftat till att översiktligt klargöra områden som kan påverkas av naturolyckor och med hänsyn tagen till framtida klimatförändringar. Utredningen är avsedd att användas som ett underlag för länsstyrelsens regionala samordning av klimatanpassning samt vid arbete med kommunernas risk- och sårbarhetsanalyser och fysiska planering.

Det finns förutsättningar för naturolyckor (skred, ras, erosion, slamströmmar och översvämning) på flera platser i länet vid dagens förhållanden och i ökad utsträckning vid klimatförändringar, som redovisats i tidigare kapitel. Detta innebär att bebyggelse, dammar och infrastruktur kan skadas samt att miljöfarlig verksamhet och förorenad jord kan påverkas. Riskerna för en sådan skada definieras som en kombination av sannolikheten för en sådan skada och dess konsekvenser, jfr Figur 8-1.



Figur 8-1. Illustration av risker för skred som en kombination av sannolikhet och konsekvenser.

Sannolikheten eller förutsättningar för en naturolycka beror av naturliga geotekniska och topografiska förhållanden som redovisats i tidigare kapitel. I denna utredning redovisas förutsättningar för fara för olika typer av naturolyckor. *Konsekvenser* är de värden som drabbas av en olycka, t.ex. skador på människor och egendom eller värdefull natur. För Västernorrlands län har identifierats bebyggelse, infrastruktur, dammar samt förorenad jord och miljöfarlig verksamhet som kan hotas av naturolyckor. *Riskerna* uttrycks i denna utredning som en sammanvägning av sannolikhet / förutsättningar för naturolyckor och konsekvenser redovisat på en översiktlig nivå.

Figur 8-1 visar ett sätt att värdera risken för en naturolycka, här exemplifierad för skred. Där sannolikheten för skred är stor och samtidigt konsekvenserna är omfattande är risken oacceptabel och åtgärder behöver vidtas (de röda fälten i figuren). Om risknivån är osäker (orange fält) behöver utredningar utföras för att klargöra risknivån.

Om risknivån är acceptabel för dagens förhållanden (de gula fälten) kan en ökad sannolikhet för skred till följd av klimatförändringar innebära att en osäker eller oacceptabel risknivå uppkommer. Detsamma gäller om konsekvenserna ökar, t.ex. om ett områdes värde ökar till följd av exploatering i ett område med risk för naturolyckor.

Om å andra sidan åtgärder vidtas för att minska sannolikheten för en naturolycka genom att förstärkningsåtgärder utförs kan riskerna elimineras eller minskas.

I detta kapitel beskrivs översiktligt hur naturolyckor kan påverka bebyggelse, infrastruktur, dammar samt områden med miljöfarlig verksamhet och förorenad jord. Vid bedömningen av hur riskerna för naturolyckor påverkar samhället ingår följande kategorier: bebyggelse, förorenad mark, miljöfarlig verksamhet, vägar, järnvägar, flygfält, hamnar och dammar. Dessa objekt samt områden förutsättningar för naturolyckor har sammanställts på Karta 1-9. Härav framgår att känsliga områden eller punkter är främst lokaliserade till flera av tätorterna i länet, i huvudsak beroende på förekomst av bebyggelse, infrastruktur och olika typer av verksamhet. I dessa områden finns redan idag områden där det finns fara för naturolyckor och där risken kan komma att öka till följd av klimatförändringar. Samtidigt är denna utredning översiktlig och en mer detaljerad undersökning måste genomföras för att klargöra vilka platser och anläggningar som är utsatta för risker (sannolikhet och konsekvenser) kopplade till naturolyckor.

För närvarande finns främst översiktliga karteringar av förutsättningar för skred, ras, erosion, slamströmmar och översvämning. Dessa ger ett översiktligt underlag för val av lämplig markanvändning men är inte tillräckligt som beslutsunderlag för detaljerad planering och exploatering. För att kunna bedöma behovet av förebyggande åtgärder och anpassning till klimatförändringar erfordras därför mer detaljerade undersökningar.

8.2 Bebyggelse

I länet har genomförts översiktliga stabilitetskarteringar av förutsättningar för skred och ras samt slamströmmar. Stabilitetskarteringarna, som enbart avser bebyggda områden, baseras främst på förekommande lösa jordlager i sluttande terräng och raviner. Det finns ett flertal områden med förutsättningar för skred, ras och slamströmmar, men riskerna vid lokalisering av enskilda byggnader måste bestämmas genom mer detaljerade undersökningar.

De områden som identifierats vid översiktliga stabilitetskarteringar har markerats på Karta 1-9. Störst fara för skred och ras finns inom områden med lösa och delvis mäktiga lager av lera, silt och sand längs älvarna, längs mindre vattendrag, längs kusten och längs Ångermanälvens mynningsvik vid Kramfors. Förutsättningar för moränskred och slamströmmar finns främst i Kramfors, Sollefteå, Örnsköldsviks och Sundsvalls kommuner i branta och/eller långa slänter och raviner.

MSB/Räddningsverket har utfört översiktliga översvämningsskarteringar längs de större vattendragen i länet. De områden som kan komma att översvämmas vid Beräknat högsta flöde har redovisats på Karta 1-9. Hänsyn har här inte tagits till ökad vattenföring på grund av klimatförändringen. Den översiktliga skarteringen baseras emellertid på alltför översiktligt topografiskt underlag för att kunna användas för värdering av risker för bebyggd miljö och tekniska anläggningar. Lokala översvämningar som förekommer vid häftiga regn har inte analyserats inom detta uppdrag.

Områden med förutsättningar för erosion enligt SGI:s översiktliga inventering finns i delar av kustkommunerna och längs flera vattendrag. Bebyggelse som kan påverkas av sådan erosion redovisas på Karta 1-9.



Figur 8-2. Skred i Vagnhärad, 1997. Foto: SGI.

8.3 Förorenad mark

Potentiellt förorenade områden har kartlagts och klassats enligt MIFO-metodiken (Metodik för inventering av förorenade områden). Metoden bygger på en sammanvägd bedömning av föroreningarnas farlighet (hälsa och miljö), föroreningsnivå (hur förorenat ett objekt är baserat på en sammanvägning av halt, mängd och volym), spridningsförutsättningar, områdets känslighet och skyddsvärde. I förorenade områden ingår även nedlagda deponier. MIFO-metodiken och dess bedömningsgrunder är beskrivna i rapporter från Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 1999). Resultatet av bedömningen medför att objekten inordnas i fyra riskklasser:

- Klass 1 - Mycket stor risk
- Klass 2 - Stor risk
- Klass 3 - Måttlig risk
- Klass 4 - Liten risk

Uppgifter om MIFO-klassade objekt har tillhandahållits av Länsstyrelsen Västernorrland. Totalt är 218 MIFO-klassade objekt belägna inom riskområde för naturolyckor med hänsyn taget till ett förändrat klimat. Av dessa tillhör 10 objekt riskklass 1, 92 objekt riskklass 2, 57 objekt riskklass 3 och 59 objekt riskklass 4. I denna utredning behandlas endast områden med riskklass 1 och 2.

I riskklass 1 tillhör de hotade objekten branscherna järn-, stål- och manufaktur samt massa- och pappersindustri. Massa- och pappersindustrier hotas av översvämning och de övriga hotas av antingen översvämning eller erosion. Föroreningar här beror på vilka processer som använts, men generellt kan kisaska, kvicksilver och oljeföroreningar förekomma vid objekt inom massa- och pappersbranschen. För järn- och stålbranschen är slagg, tungmetaller och oljeföroreningar vanliga föroreningar.

I riskklass 2 är majoriteten av objekten jämt spridda över branscherna drivmedelshandling, verkstadsindustri med halogenerade lösningsmedel, sågverk med doppning, SPIMFAB samt avfallsdeponier och industrideponier med ca 10-15 objekt i varje bransch. Översvämning är den naturolycka som hota flest objekt, ca 50 %, följt av ras/skred och erosion med ca 20 % vardera. Slamströmmar hotar ca 10 % av objekten. De flesta av avfallsdeponierna hotas av översvämning. För objekt tillhörande drivmedelshandling och SPIMFAB är PAH, koppar och bly vanliga föroreningar. Sågverksobjekten kan vara förorenade med koppar, krom, arsenik eller PAH. Deponier är en heterogen grupp där föroreningarna varierar mellan respektive objekt.

Översvämning kan medföra utlakning av föroreningar till ytvatten och eventuellt även spridning till icke förorenad mark. Spridningen till mark och vatten kan ske både som lösta föroreningar och genom partikelspridning. Översvämning orsakar förändrade syreförhållanden i marken, vilket kan påverka utlakningshastigheten för vissa kemikalier. Erosion innebär risk för partikelspridning av föroreningar till ytvatten.

8.4 Miljöfarlig verksamhet och riskobjekt

Med miljöfarlig verksamhet avses här verksamhet som enligt Miljöbalken är tillståndspliktig (Förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd, SFS 1998:899).

Riskobjekt kallas sådana verksamheter som omfattas av den så kallade Sevesolagstiftningen (Lag om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor, SFS 1999:381; Förordning om åtgärdena för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor, SFS 1999:382). Reglerna styr verksamheter där farliga ämnen förekommer i stora mängder vid ett och samma tillfälle; gränserna beror på ämnens kemiska egenskaper. Lagstiftningen innebär bland annat att verksamhetsutövarna är skyldiga att vidta alla åtgärder som krävs för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor för människa och miljö. De är dessutom skyldiga att upprätta ett handlingsprogram för hur riskerna för allvarliga kemikalieolyckor ska hanteras. Kommunen är skyldig att utarbeta en plan för räddningsinsatser vid dessa verksamheter.

En verksamhet kan omfattas endera av tillståndsplikt enligt Miljöbalken eller av Sevesolagstiftningen, eller båda. Uppgifter om miljöfarlig verksamhet och riskobjekt har inhämtats från Länsstyrelsen Västernorrland.

8.4.1 Miljöfarlig verksamhet

De miljöfarliga verksamheterna har beteckningarna A, B eller C. A-verksamheter är de som anses farligast, t.ex. gruvor, pappersmassafabriker och stora vindkraftverk. A-verksamheter är tillståndspliktiga och prövas av miljödomstol eller av regeringen. B-verksamheter är tillståndspliktiga och prövas av länsstyrelsen. Exempel på sådan verksamhet är energianläggningar, olika slags industrier, skjutfält och flygplatser. C-verksamheter är endast anmälningspliktiga, exempelvis skjutbanor, Försvarsmaktens hamnar, små industrier, stora växthus och små vindkraftverk. I denna utredning beaktas verksamheter som hanterar kemikalier och är tillståndspliktiga enligt beteckning A eller B.

Inom riskområde för naturolyckor finns tre A-verksamheter (två företag): Mondi Dynäs AB (pappersmassabruk) och Sundsvall Härnösand Airport, vilka båda hotas av översvämning. Flygplatsen tas upp under rubriken Flygfält. Utsläpp av kemikalier till vatten bedöms vara den största risken för pappersmassabruket. Några av de vanligast förekommande kemikalierna inom massa- och pappersindustrin är (rangordnade efter mängd Kemikalieinspektionen (2006)):

- Natriumhydroxid och kalciumhydroxid (basiska, starkt frätande i höga koncentrationer, späds i vatten. Riskerna är större i mindre vattendrag än för utsläpp till havet).
- Svavelsyra (starkt frätande i höga koncentrationer, späds i vatten, skadar mikroorganismer och kan bilda svavelsyramoln vid utsläpp, vilket ger upphov till allvarliga hälsorisker)
- Natriumklorat (toxiskt, frätande, kan bilda dioxiner)
- Väteperoxid: frätande, toxiskt, men omvandlas snabbt till vatten och syre.

Antalet B-verksamheter inom riskområden är 19 stycken, främst inom branscherna hamn, avloppsreningsanläggning och fiskodling. De utpekade hamnverksamheterna och fiskodlingarna ligger generellt inom riskområde för erosion. Beroende på respektive hamns utformning samt förändrade strömningsförhållanden på grund av såväl klimatförändringen som landhöjningen och mänsklig påverkan så kan ökad sedimenttransport innebära ett ökat behov för underhållsmuddring. Läget för hamnar redovisas i Bilaga 5. För fiskodlingarna bedöms inga allvarliga konsekvenser finnas, möjligen kan produktiviteten påverkas om siktdjupet förändras. Flera avloppsreningsanläggningar ligger inom översvämningsområden. Möjliga konsekvenser för avloppsreningsanläggningar som drabbas av översvämning är att man måste brädda, varvid avloppsvatten släpps ut orenat i vattendraget. Översvämningen kan innebära högre dagvattenflöden vilket gör att anläggningens maxkapacitet överskrids. Det är troligt att biologisk rening (aktiv slam) inte fungerar, vilket medför höga halter av kväve och nedbrytbart kol (BOD) i vattendraget. Detta leder till syrebrist och övergödning. Om även kemisk rening (fällningskemikalier) är omöjlig så släpps fosfor och mer BOD ut. Fosfor är begränsande för alger och högre fosforhalt innebär algutväxt i sjöar och hav. Om vattennivåerna stiger så högt att det

rinner in till verket från omgivningen kan de öppna bassängerna översvämmas och då fungerar inget av reningsstegen.

8.4.2 Riskobjekt

Det är bara en av länets Sevesoklassade anläggningar som är utsatt för risker för naturolyckor: Domsjö fabriker i Örnköldsvik som ligger inom riskområde för erosion. På anläggningen tillverkas sulfitmassa och man hanterar stora mängder svaveldioxid och ammoniak. Skador eller olyckor till följd av erosion kan undvikas om erosionsprocessen hålls under uppsikt och erosionsförebyggande åtgärder vidtas om behov uppstår.

8.5 Vägar och järnvägar

Risksituationen för vägar och järnvägar påverkas av hur omgivande områden ser ut och hur de används. Även utformningen av ingående konstruktioner i väg- eller järnvägsanläggningen påverkar riskerna.

När det gäller omgivningen är topografi, jordart och påverkan av vatten de faktorer som har störst betydelse. Branta sluttningar, jordarter som silt, lera och sand samt påverkan från nederbörd och strömmande vatten kan påverka stabilitetssituationen negativt. Där dessa faktorer kombineras, som till exempel längs många av de norrländska älvdalarna kan säkerheten vara låg. Översvämningsrisken är av naturliga skäl störst i låglänta områden i anslutning till sjöar eller vattendrag.

Även användningen av omgivande markområden har avgörande betydelse för säkerheten mot ras, skred och erosion. Förändringarna i risknivå kan ske under lång tid eller nästan omedelbart. Exempel på smygande förändringar är dräneringar som installerats i omgivande skogs- eller jordbruksmark men därefter inte underhålls. Dammkonstruktioner, som inte underhålls, uppströms väg eller järnväg kan också utgöra hot när de brister. Snabba förändringar kan bero på skogsavverkningar där effekterna blir ännu större vid efterföljande markberedning. Exploatering av naturmark till hårdgjorda ytor eller ny- eller ombyggnad av omkringliggande anläggningar påverkar även avvattningssituationen.

Utformningen av väg- eller järnvägsanläggningen påverkar också risken för ras, skred och erosion. Det gäller utformning av avvattningsanläggningar såsom diken, trummor och dräneringar, erosionsskyddens utbredning och motståndskraft samt uppbyggnad av jordkonstruktioner. Anläggningsägaren Trafikverket är medveten om betydelsen av dessa och förbättrar anläggningarna successivt.

8.5.1 Riskanalyser för vägar

Vägverket påbörjade år 2007 en analys av riskerna längs det nationella vägnätet. Analyserna har genomförts enligt den metod som presenteras i Vägverkets publikationer 2005:54 och 2005:55 "Riskanalys vald vägsträcka". I Västernorrlands län har sträckor för analys valts ut tillsammans med driftspersonal. De kriterier som legat till grund för urvalet har varit stor trafikmängd eller tidigare observerade situationer som skulle kunna vara tecken på problem med stabiliteten eller risk för översvämning. Ett annat kriterium för urval har varit sträckor som innehåller en eller flera av de faktorer som bedöms ha

betydelse för säkerheten såsom branta lutningar besvärliga jordarter eller ogynnsam vattensituation.

Exempel på vägar som analyserats är vägarna E4, E14, RV 83, RV 86, RV 87, RV 90 och V333. Vissa kompletterande riskanalyser kommer att genomföras för dessa vägar. Dessutom planeras riskanalyser på vägarna V 320, V 331, V 335, V345 och V 348.

Resultatet från riskanalyserna på vägnätet i Västernorrlands län visar att det finns risk för:

- Ras i branta fyllningslänter uppbyggda av finkornig jord
- Erosion med efterföljande ras på grund av igensatta eller hoptryckta in- och utlopp till trummor som går genom höga bankar av finkornig jord
- Håligheter på grund av grund- eller ytvattenflöden under eller genom vägbanken som för med sig finmaterial.

På väg E4 finns dessutom kupolsilar som kan bli igensatta vid höga flöden och låglänta partier där det finns risk för översvämning.

På väg E14, RV 83, RV 86, RV 87, RV 90 och V 330 har det även upptäckts sträckor där det finns risk för:

- Erosion och efterföljande ras i höga bankar av finkornig jord i lutande terräng där vattenflöden med hög hastighet når trumlagen
- Ras i vägbankar där vägen går på skrå och där det på grund av täta ytterslänter byggs upp höga portryck
- Översvämning och erosionsskador på vägen som kan orsakas av havererande dammar med okända ägare uppströms vägen.

Resultatet från riskanalyserna ingår i den löpande verksamheten för drift och underhåll av vägnätet. Behov av ombyggnader åtgärdas efterhand. Innan de har hunnit åtgärdas får driftpersonalen varningar när väderläget kräver större beredskap. Det gör att man under vissa perioder kan öka övervakningen på kända ställen.

8.5.2 Bedömning av risker längs järnvägar

Trafikverket genomför regelbundet säkerhetsbesiktningar av banorna. Tidsintervallet mellan besiktningstillfällena är beroende av vilken anläggningsdel som avses, banans trafikbelastning uttryckt som antal bruttoton och största tillåtna hastighet. Det betyder att anläggningsdelar som har betydelse för ras- och skredsynpunkt som trummor, diken, dräneringar och erosionsskydd säkerhetsbesiktigas 2-3 gånger per år på de flesta banorna. I samband med säkerhetsbesiktningen får de delar av anläggningen som innehåller fel eller försämras successivt besiktningens anmärkningar. När anmärkningarna senare åtgärdas kan fel som kan leda till olyckor eller tillbud förebyggas eller förhindras. Anläggningarnas risknivå är en direkt funktion av föreskrifternas efterlevnad.

- Bandel 153 Forsmo – Hoting och 130 Långsele – Mellansel. Dessa bandelar går genom ett väldigt kuperat område. Det innebär att järnvägen omväxlande går på höga bankar över raviner, i djupa jordskärningar eller på skrå i branta sluttnings-

ar. Under 2008 genomfördes en grundlig besiktning av bandel 153 och de mest kritiska bristerna har åtgärdats.

- Bandel 129 Mellansel - Vännäs delen Mellansel – länsgränsen
Sträckan innehåller ett antal höga bankar och höga skärningar. Under 2003 – 2005 upprustades bandelen och de mest kritiska bristerna åtgärdades.
- Bandel 235 Gävle – Sundsvall sträckan länsgränsen – Sundsvall. Delar av sträckan går nära vattendrag där det finns risk för skred.
- Bandel 224 Ånge – Sundsvall. Järnvägen går här i lutande terräng längs ett antal sjöar som Stödesjön, Lill Hällsjön och Stor Hällsjön. På dessa ställen är risken för ras och skred under utredning alternativt redan åtgärdade.
- Bandel 233 Sundsvall – Härnösand. Inga kända risker för ras eller skred på denna sträcka.
- Bandel 232 Härnösand – Långsele. Järnvägen går här längs Ångermanälven i lutande terräng. Sträckan är känslig för erosion och skred men är under ombyggnad.
- Bandel 211 Bräcke – Långsele sträckan länsgränsen – Långsele. Inga kända risker för ras eller skred på denna sträcka.

Längs ett fåtal speciellt utsatta järnvägssträckor i landet har Trafikverket ras- och skredvarningssystem installerade. Rasskydd finns på ett fåtal platser. Inga av dessa installationer finns i Västernorrlands län.

8.6 Hamnar

I avsnitten 8.4.1 Miljöfarlig verksamhet identifierades ett antal hamnar som är belägna inom områden med erosionsrisk. Beroende på respektive hamns utformning samt förändrade strömningsförhållanden på grund av såväl klimatförändringen som landhöjningen och mänsklig påverkan så kan ökad sedimenttransport innebära ett ökat behov för underhållsmuddring.

I Västernorrlands län finns 17 hamnar med fraktrafik enligt Länsstyrelsens sammanställning, se Bilaga 5.

8.7 Flygplatser samt mindre flygfält

Luftfarten påverkas inte i någon allvarigare grad av klimatförändringarna, Klimat- och sårbarhetsutredningen (2007). Ett varmare klimat kan påverka tjäldjupet med konsekvenser för flygfältens bärighet. Ökade nederbördsmängder belastar flygplatsernas dagvattensystem och kan föranleda en tidigareläggning av planerade ombyggnader. Behovet av avisnings- och halkbekämpningsmedel ökar i de norra delarna av landet.

I Västernorrlands län finns tre flygplatser med reguljärtrafik samt åtta mindre flygplatser, se Tabell 8-1. Såväl Midlanda flygplats som Kramfors/Sollefteå flygplats ligger på

lågglänta öar inom Indalsälvens respektive Ångermanälvens deltaområden, som enligt MSB:s översiktliga översvämningsskartering kan översvämmas. Enligt Klimat- och sårbarhetsutredningen är Midlanda flygplats en av de mest utsatta flygplatserna i landet när det gäller översvämningar. För övriga flygplatser inom länet bedöms det inte finnas några större förutsättningar för naturolyckor.

Flygplatserna har omfattande försörjningssystem och hanteringen av dagvatten är viktig för vattenavrinningen på flygfältsytorna. Andra försörjningssystem som krävs är t.ex. vatten- och spillvattensystem, elkraft-, data- och telesystem samt tekniska försörjningssystem för flygplan inklusive bränsleförsörjning. Dagvattensystemen på Luftfartsverkets flygplatser är i dagsläget till viss del åldersstigna och underdimensionerade. De är i behov av successiv renovering och kapacitetsutbyggnad. Systemen är inte helt redundanta¹ vad gäller elförsörjning, Klimat- och sårbarhetsutredningen (2007).

Flera extrema väderhändelser har verkat störande på flygtrafiken, exempelvis stormen Gudrun 2005, översvämningarna i Mellannorrland juli 2000. Enligt Klimat- och sårbarhetsutredningen har dock flygtrafiken endast påverkats under en kortare tid vid dessa händelser. För gods är det lättare att hitta alternativa transportvägar än för persontrafiken.

Till de negativa konsekvenserna räknas en ökad frekvens av intensiva regn, med följdverkningar för lågt liggande flygplatser samt för flygplatsernas dagvattensystem. Dagvattenanläggningarnas kapacitet är ansträngd redan i dagsläget och kommer att belastas ytterligare i ett framtida klimat. Ökad nederbörd, högre grundvattennivåer och ökade vattenflöden kan påverka flygfältsytornas bärighet negativt, varför effektiva dagvattensystem kommer att bli än mer betydelsefulla i framtiden. Enligt Klimat- och sårbarhetsutredningen behövs en kartläggning av behovet av en eventuell tidigareläggning av renovering av flygplatsernas dagvattensystem utifrån ökad nederbörd i ett förändrat klimat. Då dagvattensystemen redan är underdimensionerade i dagsläget är inte hela denna kostnad klimatrelaterad.

Midlanda och Kramfors/Sollefteå flygplatsernas landningsbanor kan påverkas negativt till följd av högre vattenföring med ökad erosion. Åtgärder kan behöva vidtas för att minska risken för översvämningar och utökat erosions skydd.

¹ Så kallad redundans byggs ofta in i system som måste ha hög tillförlitlighet. Exempelvis kan elsystem ha två oberoende kretsar med samma uppgifter som kan ersätta varandra, så att om en av kretsarna havererar så tar den andra över.

Tabell 8-1 Flygplatser och mindre flygfält i Västernorrlands län, Flygkartan.se (2010), Nilsson (2010)

Flygplatsens/flygfältets namn	Kommun / Position	Ägare / Verksamhetsutövare / Status	Reguljära förbindelser
Midlanda (Sundsvalls/Härnösands flygplats)	Timrå	Swedavia	Stockholm Göteborg Visby Luleå
Kramfors/Sollefteå flygplats	Kramfors	Kramfors och Sollefteå kommuner	Stockholm
Örnsköldsviks flygplats	Örnsköldsvik	Swedavia	Stockholm
Ånge flygfält (Tälje)	Ånge	Drivs av Ånge flygklubb	-
Stöde / Prästbordet flygfält	Sundsvall	Drivs av Sundsvalls Segelflygklubb	-
Maj flygfält	Sundsvall	Privatägt, Börje Svensson Hangar	-
Sättna flygfält	Sundsvall	Används som dragracingbana och har ingen officiell flygfältsstatus. Används dock som flygfält ibland.	-
Härnösands flygfält (Myran)	Härnösand	Drivs av Härnösand flygklubb	-
Sollefteå flygfält (Långsele)	Sollefteå	Ägare: Sollefteå flygklubb	-
Ramsele flygfält	Sollefteå	Drivs av Ramsele flygklubb	-
Mellansels flygplats	Örnsköldsvik	Drivs av Örnsköldsviks Segelflygklubb	-

8.8 Dammar

Det material som använts som kartunderlag för dammar i kartbilagorna baseras på flera olika underlag. Detta utgörs av Svenskt dammregister, sammanställt av SMHI, ytterligare material tillhandahållet från Länsstyrelsen Västernorrland samt material från Svenska Kraftnäts sammanställning av rapportering avseende dammsäkerhet år 2008, Svenska Kraftnät (2009), se Karta 1-9.

Svenskt dammregister bygger på uppgifter från länsstyrelsernas inventering av dammar under 1980-talet. Inventeringarna har gjorts utifrån skilda kriterier på olika håll i Sverige. För Västernorrlands län omfattar inventeringen alla dammbyggnader vars dammar har en innesluten magasinvolym större än 50 000 m³. Dessutom har för dammregistret ytterligare ca 300 dammar inventerats. Av dessa har endast funktionsdugliga eller dämmande dammar av betydelse medtagits (Svenskt dammregister, 1995). En uppdatering av SMHI:s dammregister pågår men något slutgiltigt datum för färdigställandet är inte angivet.

Utförligare information om dammar som riskobjekt sammanställs årligen av Svenska Kraftnät, som 2003 introducerade en rutin för rapportering av dammsäkerhet. Länsstyrelserna sammanställer svar från dammägarna beträffande de viktigaste frågorna om dammsäkerhet och rapporterar dessa till Svenska Kraftnät (Svenska Kraftnät, 2009).

Dammar klassificeras efter hur stora konsekvenserna bedöms bli i händelse av dammbrott enligt RIDAS (Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet) konsekvensklassningssystem. I klass 1A, 1B och 2 placeras de dammar som vid ett dammbrott kan orsaka beaktansvärda skador på människor, miljö, samhällsanläggningar och andra ekonomiska värden. Konsekvensklass 1A och 1B är den högsta klassningen, vilket betyder att ett dammbrott vid en sådan damm skulle kunna leda till förlust av människoliv eller allvarlig skada på viktiga samhällsanläggningar (Svenska Kraftnät, 2009).

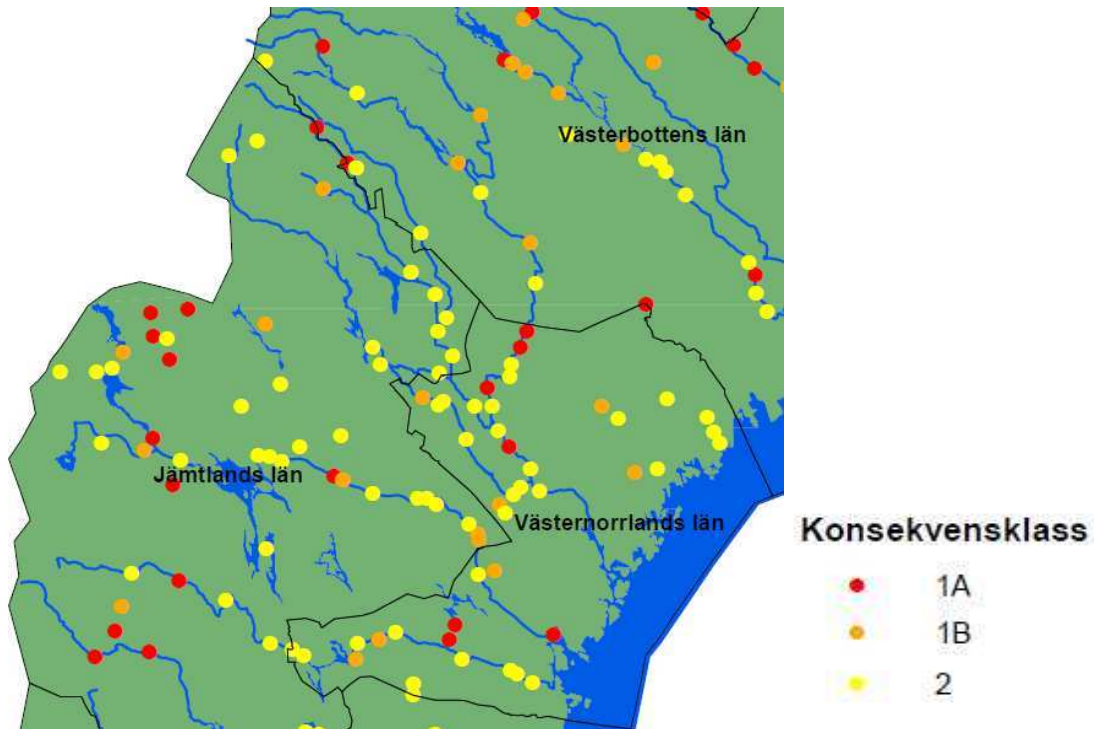
Vid konsekvensklassning enligt RIDAS beaktas konsekvenserna av ett dammbrott oavsett vad som orsakar dammbrottet. I riktlinjerna för beräkning av dimensionerande flöden används istället benämningen flödesdimensioneringsklass (ersätter den tidigare beteckningen ”riskklass”), som endast beaktar konsekvenserna av dammbrott i samband med höga flöden. I kraftindustrins dammsäkerhetsarbete används flödesdimensioneringsklassen för att avgöra vilket dimensionerande flöde som dammarna säkert ska kunna hantera medan konsekvensklassen används för att styra omfattningen av dammsäkerhetsarbetet i övrigt (Svenska Kraftnät, 2009). Inom flödesdimensioneringsklassificeringen placeras dammarna i klass I eller II. Samtliga dammar i konsekvensklass 1A eller 1B placeras i flödesdimensioneringsklass I. Dammar i konsekvensklass 2 placeras i flödesdimensioneringsklass II.

Enligt Svenska Kraftnäts sammanställning av rapportering avseende dammsäkerhet år 2008 finns i Västernorrlands län 8 dammar av konsekvensklass 1A (varav 1 ligger på gränsen till Västerbottens län) och 8 (varav 7 framgår av kartmaterial) dammar av konsekvensklass 1B. Det finns 29 dammar tillhörande konsekvensklass 2 i länet Svenska Kraftnät (2009a). Därmed finns alltså 16 dammar i flödesdimensioneringsklass I och 29 dammar med flödesdimensioneringsklass II i Västernorrlands län, se Tabell 8-3.

Tabell 8-3 Konsekvensklassade dammar i Västernorrlands län

Konsekvensklass	Flödesdimensioneringsklass	Antal anläggningar i Västernorrlands län
1A	I	8
1B	I	8
2	II	29

Dammarnas lägen och konsekvensklassning framgår av bifogat kartmaterial. Klass 1-dammar och Klass 2-dammar framgår också av Figur 8-3, liksom konsekvensklassade dammar i delar av omgivande län. För de stora älvarna har uppströms dammar som inte ligger i länet betydelse för områdena längre nedströms. Ett primärt dammbrott i någon av dessa skulle innebära risk för sekundära dammbrott längre nedströms. I Ljungan, Indalsälven, Ångermanälven och Fjällsjöälven finns ett flertal klass 1- och 2-dammar utanför Västernorrlands län belägna längre uppströms, se Figur 8-3.



Figur 8-3. Dammanläggningar i konsekvensklass 1A, 1B respektive 2 i Västernorrlands län och delar av omgivande län, längre uppströms i de stora vattendragen, Svenska Kraftnät (2008).

För Ljusnan avslutades 2005 ett pilotprojekt inom beredskapsplanering för dammbrott. Projektet drevs inom ELFORSK och har följts av liknande påbörjade utredningar, bl.a. för Dalälven (Elforsk, 2006). Fler utredningar av samma typ för Sveriges större älvar väntas följa framöver.

Extrema flöden är den klimatfaktor som är helt dominerande när det gäller dammsäkerhet. Om avbördningskapaciteten inte är tillräcklig kan detta leda till att dammen översvämmas vilket i sin tur kan leda till dammbrott. En fyllningsdamm tål inte överströmning av dammkrönet i någon större omfattning. Även betongdammar kan vara känsliga för överströmning av dammkrönet. Klimatfaktorer som vind, tjäle och is påverkar också säkerheten i varierande grad men dock i mindre omfattning än extremflöden (SOU, 2007c).

För närvarande pågår ett omfattande arbete med att ta fram metoder för att beräkna de hydrologiska konsekvenserna av ett förändrat klimat för vattenkraftindustrins frågeställningar. Detta sker främst inom det Elforskfinansierade projektet *Dimensionerande flö-*

den för dammanläggningar för ett klimat i förändring – Scenarier i ett 50-årsperspektiv. Projektet kommer att slutrapporteras i slutet av 2010.

För att möta det krav på klimatanpassning som nyutgåvan av riktlinjerna för dimensionerande flöden för dammanläggningar ställer Svensk Energi, m.fl. (2007) har en kommitté tillsatts gemensamt mellan berörda myndigheter, vattenkraftindustrin och gruvindustrin. Kommittén har fått namnet *Kommittén för dimensionerande flöden för dammar i ett klimatförändringsperspektiv*. Kommittén följer det pågående forskningsarbetet och ska bland andra uppgifter utarbeta en vägledning för hur framtida flödesdimensioneringsberäkningar för dammar ska utformas för att ta hänsyn till effekterna av ett förändrat klimat. Arbetet beräknas vara klart under 2011.

Eftersom de svenska riktlinjerna för flödesdimensionering för dammar också blivit standard vid framtagandet av de översiktliga översvänningskartor som MSB ansvarar för så kan man förvänta sig att arbetet inom *Kommittén för dimensionerande flöden för dammar i ett klimatförändringsperspektiv* i framtiden också kommer att få stor betydelse för översvänningskarteringen och därmed för den fysiska planeringen.

9 STRATEGIER OCH ALTERNATIVA UTFÖRANDEN FÖR SKYDD MOT NATUROLYCKOR

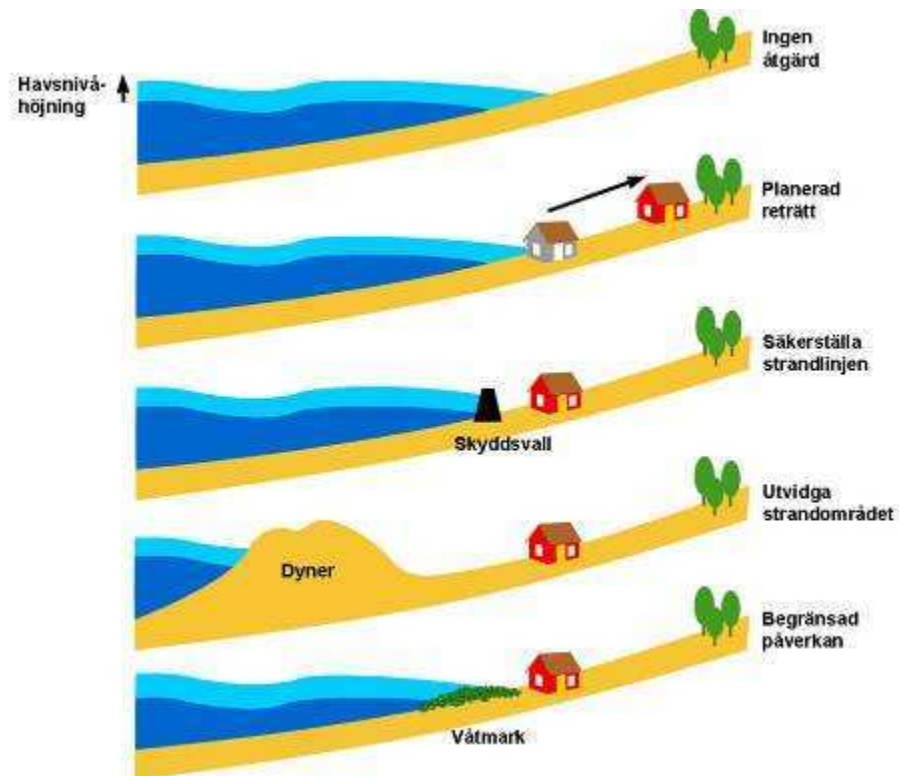
9.1 Strategier för markanvändning

Det råder fortfarande stor osäkerhet kring detaljerna om hur klimatet kommer att utvecklas i en given region, något som speciellt gäller för extrema väderhändelser. Detta kommer att gälla en lång tid framöver. Budskapet ändras också efterhand som nya data och beräkningar blir tillgängliga från forskarsamhället. En ytterligare osäkerhet är hur det internationella samfundet ska lyckas hejda utsläppen av växthusgaser i framtiden och vad detta medför för klimatet.

Mot denna bakgrund bör man tillämpa en strategi som präglas av ökade säkerhetsmarginaler vid fysisk planering. Det innebär att säkerställa tillräckligt avstånd i både plan och höjd för att kunna klara en ökad fara för t.ex. översvämning, erosion eller sked.

Det är också viktigt att ge förutsättningar för en flexibel markanvändning, exempelvis genom att ha utrymme och möjlighet att vidta åtgärder för framtida klimatförändringar. Det kan exempelvis innebära att det finns plats för en skyddsvall eller avschaktning av en slänt med otillfredsställande stabilitet.

För att undvika skador till följd av översvämning, erosion, skred och ras finns ett antal alternativa strategier som kan väljas, både för befintlig bebyggd miljö och för ny bebyggelse, jfr Figur 9-1.



Figur 9-1. Alternativa strategier för utveckling och skydd av strandnära områden, Eurosion (2004).

Det handlar om att utifrån en bedömd riskbild och befintliga värden som kan behöva skyddas att välja det samhällsekonomiskt mest lämpliga alternativet. Den strategi som väljs innebär olika konsekvenser för människa och miljö samt leder till kostnader för såväl kommunen som enskilda. Här finns också möjlighet att antingen välja att permanent utföra åtgärder som ger tillfredsställande säkerhet eller att ha beredskap för att skydda mot eventuella naturolyckor.

9.2 Förebyggande åtgärder mot naturolyckor

Det finns ett stort antal olika metoder som kan tillämpas för att säkerställa skydd av områden med risk för naturolyckor. En sammanställning gjordes i samband med en översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion som underlag för Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60, bilaga B 14). För skydd mot olika typer av naturolyckor hänvisas till denna rapport.

Det finns risker för naturolyckor redan för dagens förhållanden och dessa kommer att öka till följd av klimatförändringar. Vissa preventiva åtgärder behöver bli utförda redan nu, medan andra kan utföras vid ett senare tillfälle, då sannolikt bättre kunskap finns om klimatets påverkan. Det innebär att man kan anpassa förstärknings- och anpassningsåtgärder och successivt öka skyddet mot skred/ras, erosion och översvämning. I vilken omfattning och för vilka tidsperspektiv som anpassningsåtgärder ska vidtas behöver studeras mer detaljerat.

9.3 Skötselplaner / slänt- och skogsvård

9.3.1 Diken, dränering, vägar, gator etc. i slänter

En av huvudorsakerna till problem i slänter är vatten. Det är därför av största vikt att systemen för att leda bort vatten fungerar korrekt. Utströmmande vatten är grogrunden för ny erosion och nya ras, skred och slamströmmar.

Vägar och gator inom instabila släntoråden bör åtgärdas så att flödet från vägen vid kraftig nederbörd kontrolleras och inte kanaliseras ut i slänten.

Det är viktigt att personer verksamma i och omkring slänter är uppmärksamma på om något fallerar och kan rapportera eventuella utströmningsområden eller punkter där vatten sipprar fram, så att detta kan åtgärdas. Likaså är brunnars funktion viktig för att avvattningen fungerar.

För att undvika att ledningar sätts igen och säkerställa att vattnet rinner ner i befintliga brunnar är det viktigt att det är fritt från löv, sand och skräp i diken, mot kantstenen och på brunnsgaller. Om vatten ej har möjlighet att rinna ner i befintliga brunnar kan det orsaka stor skada då det rinner ner i slänten. Rensning av brunnsgaller och vid kantsten samt diken bör utföras regelbundet.

Om dräneringsledningarna eller dagvattenledningarna i vägar och gator i slänter blir täta kan det medföra att vatten strömmar okontrollerat antingen genom slänten eller över kantstenen. Det är därför av största vikt att befintliga ledningssystem fungerar på avsett sätt. För att säkerställa att ledningar fungerar och inte är fulla med silt eller skräp ska alla ledningar spoljas och sandfång tömmas varje höst efter att löven fallit. Innan spolningen rensas diken och brunnsgaller. Vid spolningen dokumenteras om ledningen är tät. Efter spolningen kontrolleras att ledningarna fungerar som de ska.

Sprickor i asfaltytor kan ge upphov till att vatten kommer in i vägens/gatans överbyggnad och kan också vara ett tecken på rörelser och behöver därför åtgärdas och dokumenteras. En regelbunden kontroll bör utföras i släntområden asfalt har spruckit. Om asfalten spruckit dokumenteras och fotograferas detta och kontakt tas med geotekniker. Sprickan bör sedan lagas.

9.3.2 Skogsbevuxna slänter med jordlager

För skogsbevuxna slänter med jordlager av morän, grus, sand, silt och lera och där stabilitetsproblem eller benägenhet för slamströmmar befaras eller har konstaterats, bör skötselns huvuduppgift vara att marken ska förbli vegetationstäckt. Detta gäller i hög grad siltslänterna (niporna) utmed älvarna samt höga och långa moränslänter, Rolf (2010).

Växtlighet binder marken med sina rötter, och dess vattenupptag minskar vattenhalten och därmed grundvattnets trycknivå (portrycket) i marken. Bar mark utgör därför en start för erosion samt skred eller slamströmmar. Trädbevuxna delar ska glesas ut så att ljus kommer ner till marken och markvegetationen återigen kan ta fart och genom sina rotsystem binda jorden. Målet med utglesningen bör vara att trädens täckningsgrad blir ca 30-50 %. Kalavverkning får inte göras eftersom detta blottlägger bar mark och för-

ändrar markens vattenbalans, genom att stora delar av den aktiva vattenupptagande biomassan försvinner. Sammanhängande kala "skogsfria" ytor får inte uppkomma. Avverkning bör således inte utföras som slutavverkning utan genom en försiktig gallring av de högsta /äldsta träden, så kallad blädning, så att släntområdets karaktär av "skog" bevaras. Även befintlig undervegetation i form av buskar och perenna örter bevaras, Rolf (2010).

I första hand ska barrträd avverkas, d.v.s. främst ska lövträden bevaras. Lövträden kan med fördel beskäras så att de inte blir så höga utan i stället breder ut sig i sidled genom skott. Om ett högvuxet lövträd ska fällas bör en 20-30 cm hög stubbe bevaras, som kan skjuta nya skott. Tunga skogsmaskiner som kan orsaka djupa spår i slänten ska inte användas, eftersom spåren kan orsaka omledning av ytvatten från befintliga diken eller vattendrag till angränsande släntavschnitt där skred och/eller slamströmmar därmed kan uppkomma, Rolf (2010).

Skötselns huvuduppgift är således att marken ska vara vegetationstäckt. Skötseln ska eftersträva:

- Plantor med stor biomassa
- Minskat antal stamträd
- Heltäckande markvegetation – ingen bar mark
- Kontroll över vattenflöden

Sammanfattningsvis bör följande gälla:

- Gles skog för att gynna buskar, ris och örter
- Fristående individer ej friställda individer
- Ta ned vissa stamträd så kallad blädning
- Släpp in ljus
- Prioritera löv före barr, d.v.s. ta ner barrträden först

10 REKOMMENDATIONER FÖR FYSISK PLANERING OCH KLIMATANPASSNING

Denna utredning har syftat till att översiktligt klargöra var risker finns för naturolyckor för befintlig bebyggd miljö samt utgöra underlag för exploatering för ny bebyggelse. Med utgångspunkt från de översiktliga riskvärderingarna föreslås följande rekommendationer för den fortsatta planeringen och anpassning till förändrat klimat.

Generellt bör tillämpas en strategi som präglas av tillräckliga säkerhetsmarginaler i den långsiktiga fysiska planeringen. Det är också viktigt att skapa flexibilitet, d.v.s. att undvika att ”bygga sig fast” i lösningar som är svåra att korrigera i efterhand.

För att skydda samhället är det nödvändigt att arbeta förebyggande genom att identifiera risker och vidta åtgärder för att skydda utsatta områden men även att vara mer observant vid planering av framtida exploateringar. En generell rekommendation är att utreda de områden som idag har låg säkerhet mot naturolyckor för att värdera om de förväntade ändringarna i belastningar från klimatet påverkar situationen negativt. För att få underlag för en specifik plats krävs en undersökning av topografin, aktuella jord- och vattenförhållandena och belastningssituationen på den platsen. Dessutom krävs en bedömning av konsekvenserna till följd av de förväntade förändringarna av klimatet.

10.1 Exploateringsområden

För exploateringsområden är det viktigt att pröva markens lämplighet för avsett planändamål. Hänsyn måste då tas till risker för skred, ras, erosion och översvämning och en utgångspunkt måste då vara livslängden hos bebyggelse, anläggningar, transportinfrastruktur etc., normalt mer än 100 år. De förväntade effekterna av ett förändrat klimat under denna tidsperiod måste då beaktas.

10.2 Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö

Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö som bebyggelse, infrastrukturanläggningar etc. kan innebära att åtgärder måste vidtas för att hindra skador till följd av naturolyckor. I denna utredning har översiktligt redovisats var sådana områden finns inom Västernorrlands län. För dessa områden behöver risker undersökas närmare genom detaljerade utredningar av geotekniska, topografiska och hydrologiska förhållanden.

10.3 Förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt

Markanvändningen inom och i anslutning till områden med förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt bör föregås av utredningar för bedömning av risker. Hänsyn ska tas till framtida flöden och vattennivåer som kan förväntas till följd av klimatförändringar och de följd effekter (ras, skred, erosion och översvämning) som redovisas i denna utredning.

10.4 Dammar

Dammsäkerhet handlar om komplexa system och stora investeringar. För att kunna vidta åtgärder som ger tillfredsställande dammsäkerhet krävs uppgifter om de hydrologiska

konsekvenserna av förändrat klimat. Osäkerheter kring det framtida klimatet får inte hindra att nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder vidtas. På grund av dessa osäkerheter bör dessutom flexibilitet och marginaler skapas där så erfordras.

Arbete pågår med att utarbeta en vägledning för hur framtida flöden ska beräknas för dammar för att ta hänsyn till effekterna av ett förändrat klimat, se Dammar, Avsnitt 8.10.

10.5 Översvämning

När det gäller framtida klimatpåverkade vattenstånd bör utgångspunkten vara de bedömningar som redovisas i denna utredning i kapitel 4 och 5. På längre sikt är det viktigt att bevaka de nya resultat som kommer fram genom den fortsatta forskningen.

10.6 Erosion

Strandnära områden med den omfattning som anges i Kapitel 7 kan komma att påverkas av erosion då hänsyn tagits till klimatförändringar fram till år 2100 om inga åtgärder vidtas. Med dagens förhållanden kommer erosionen successivt att minska strandens bredd och i samband med högt vattenstånd och/eller stormar erodera delar av stränderna vid kusten. Det är okänt om frekvens och styrka på stormar kommer att förändras på grund av klimatförändringar, eftersom klimatscenarierna inte ger tydliga scenarier för framtida vindförhållanden. Det är därför svårt att i denna utredning fastställa hur kusterosionen kommer att förändras på grund av detta. Havsnivåhöjningen kommer att inverka på kusterosionen först i slutet av seklet, då havsnivåhöjningen kommer ifatt landhöjningen.

I vattendragen i länet förväntas medelhöga vattenflöden bli större och komma att få längre varaktighet. Trots ökad medelnederbörd kommer dock storleken på höga flöden i vattendragen att minska främst på grund av en förlängd och därmed utjämnad snösmältningssäsong. Sammantaget kan därför problemen förenade med erosion delvis komma att bli oförändrade eller till och med minska. Hänsyn har inte tagits till den effektreglering av vattendrag innebär.

Stränderna vid kuster och vattendrag måste därför skyddas mot erosion. Detta gäller för områden med både befintlig och planerad ny bebyggelse.

Avverkning utförs med försiktighet av skogsbevuxna slänter med befarad eller konstaterad benägenhet för skred, ras och slamströmmar.

10.7 Ras, skred och slamströmmar

För att klargöra markens lämplighet för bebyggelse behöver områden som bedömts ha förutsättningar för ras, skred och slamströmmar undersökas närmare. Detta gäller områden där ny exploatering planeras så att eventuella riskområden kan undvikas eller förebyggande åtgärder vidtas. Inom de områden med befintlig bebyggelse, där enligt MSB:s översiktliga kartering stabiliteten inte kunnat säkerställas, bör detaljerade undersökningar utföras.

11 BEHOV AV KOMPLETTERANDE UTREDNINGAR

Utredningen har varit av översiktlig karaktär och för att närmare klargöra risker inom identifierade områden behöver mer detaljerade utredningar genomföras som underlag för fysisk planering och anpassningsåtgärder för befintlig bebyggd miljö.

11.1 Översvämning

De framtida beräknade havsnivåerna kan komma att förändras efterhand som ny kunskap utvecklas. Hänsyn till nya klimatscenarier har tagits i denna utredning vid bedömning om framtida flöden men ny kunskap tillkommer löpande. Nästa rapport från IPCC kan förväntas inom några år. Under tiden är det viktigt att följa och värdera nya forskningsresultat efterhand som de blir tillgängliga. Det är också angeläget att ta del av internationella bedömningar, liknande de som sammanställts i kapitel 6.3. Effekter av framtida havsnivåer på t.ex. dagvattennät bör studeras.

Detaljerade studier av översvämningsrisk längs vattendrag bör utföras. Detta kräver dock bättre höjddataunderlag (ny nationell höjdmodell), bättre beskrivning av vattendragens bottenpografi (batymetri) och mer underlag i form av uppmätta flöden och nivåer. Framtida översvämningsrisker kan då noggrannare bedömas med klimatförändrade flöden som underlag.

Effekter från våguppsköljning har inte tagits med i denna översiktiga utredning. Vid planerad exploatering längs kusten bör en sådan komplettering göras, både för dagens och för framtidens havsnivåer. För bästa möjliga resultat är det en förutsättning att topografi och batymetri i kustzonen är väl kända.

11.2 Erosion

I denna översiktliga utredning har konstaterats att det för ett antal områden längs kusten och utmed vattendrag finns förutsättningar för erosion, för dagens klimat och i ökad utsträckning till följd av klimatförändringar. Som underlag för framtida planering och anpassning av befintlig bebyggd miljö behöver mer detaljerade studier göras av utsatta områden för att bedöma vilka områden som kan hotas och var det finns behov av förebyggande åtgärder.

På vissa sträckor längs kusten kan finnas olika typer av erosionsskydd. Dessa bör inventeras närmare med avseende på höjda havsnivåer och vid behov förstärkas.

11.3 Ras, skred och slamströmmar

Inom de områden som identifierats ha förutsättningar för ras skred och slamströmmar behöver stabiliteten klargöras närmare för berörd befintlig bebyggelse. Detta gäller även för områden där ny exploatering planeras så att eventuella riskområden kan undvikas eller förebyggande åtgärder vidtas.

11.4 Förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt

Inom förorenade områden bör en översiktligt riskbedömning göras enligt kvalitetsmanualen för efterbehandling av förorenade områden (Naturvårdsverket, 2008) med hänsyn tagen till klimatförändringar och följd effekter (översvämning, höga flöden, erosion, skred och ras). Underlagen för en sådan bedömning kan baseras på de scenarier som redovisas i denna rapport. Om riskbedömning tidigare utförts bör denna stämmas av och eventuellt uppdateras för att även innefatta de förväntade klimatförändringarna. En separat studie föreslås avseende respektive kommuns förmåga att hantera VA-systemet inklusive dagvattenhantering i samband med översvämningar. Översvämningens riskerna för förorenade områden bör utredas ytterligare eftersom de är den största riskfaktorn i ett förändrat klimat.

11.5 Dammar

Mot bakgrund av bl.a. de osäkerheter som klimatfrågan tillför bör beräkningsförutsättningarna för dammutredningar ses över regelbundet. Jämförelser mellan inträffade flödessituationer och beräknade dimensionerande flöden bör utföras fortlöpande. Systemets känslighet för klimatförändringar bör analyseras genom utnyttjande av klimat-scenarier. Nya förutsättningar kan leda till att dimensioneringsberäkningarna behöver revideras.

Ägare till dammar (verksamhetsutövare) har enligt Miljöbalken ansvar för dammsäkerheten och ska bland annat svara för underhåll och ha rutiner för egenkontroll. Länsstyrelsen är operativ tillsynsmyndighet för dammars säkerhet. För dammar där ägarna arbetar enligt RIDAS riktlinjer bedöms risker för naturolyckor hanteras på tillfredsställande sätt. Det finns däremot behov av en uppdatering av uppgifter om övriga dammar i länet, där säkerheten är oklar och där ett dammbrott kan orsaka omfattande skador.

REFERENSER

- Bergström, S., Hellström, S-S. och Andréasson, J. (2006). *Nivåer och flöden i Vänerens och Mälarens vattensystem – Hydrologiskt underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen*. SMHI Reports Hydrology No 20
- Bergström S., Andréasson J., Stensen B., Wern L. (2010) Hydrologiska och meteorologiska förhållanden i Göta älvdalen-preliminär rapport, SMHI, 2010
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Australien. Sea Level Rise: Understanding the past – Improving projections for the future. <http://www.cmar.csiro.au/sealevel/>
- Copenhagen Diagnosis (2009) Updating the World on the Latest Climate Science. I. Allison, N.L. Bindoff, R.A. Bindshadler, P.M. Cox, N. de Noblet, M.H. England, J.E. Francis, N. Gruber, A.M. Haywood, D.J. Karoly, G. Kaser, C. Le Quéré, T.M. Lenton, M.E. Mann, B.I. McNeil, A.J. Pitman, S. Rahmstorf, E. Rignot, H.J. Schellnhuber, S.H. Schneider, S.C. Sherwood, R.C.J. Somerville, K. Steffen, E.J. Steig, M. Visbeck, A.J. Weaver. The University of New South Wales Climate Change Research Centre (CCRC), Sydney, Australia, 60pp.
- Deltacommissie (2008) Working together with water - A living land builds for its future. Findings of the Deltacommissie 2008. www.deltacommissie.com/doc/summary.pdf
- Eklund, D. (2009) Hydraulisk modellering av Selångersån genom Sundsvall – Ett delprojekt inom ”klimatanpassning av Sundsvalls kommunkoncerns verksamhet”, SMHI 2009-79
- Elforsk (2006). Dammsäkerhet, beredskapsplanering för dammbrott – Ett pilotprojekt i Ljusnan, Elforsk rapport 05:38.
- Fallsvik, J., Hågeryd, A.-C., Lind, B., Alexandersson, H., Edsgård, S., Löfling, L., Nordlander, H., Thunholm, B., (2006), Översiktlig bedömning av jordrörelser vid förändrat klimat. Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen. Arbetsgrupp från SGI, SGU, Räddningsverket, SMHI, Vägverket Konsult och Vägverket. SGI Varia 571, kan nedladdas från <http://www.swedgeo.se/upload/publikationer/Varia/pdf/SGI-V571.pdf>
- Freden, C., Johansson, K., (2002), Digitaliserad jordartsinformation för projektet Riskinventering, riskanalys, och beredskapsåtgärder i Västernorrlands län, Jordartskarta i skala 1:250 000, Sveriges Geologiska Undersökning
- Hamnar och hamnterminaler i Västernorrland samt kombitrafik i Sundsvallsområdet, (2006), Länsstyrelsen i Västernorrlands län, <http://www.y.lst.se/download/18.4e573b201102ed1a18c800061/Hamnar+och+ham>

ntermina-
ler+i+V%C3%A4sternorrland+samst+kombitrafik+i+Sundsvallsomr%C3%A5det+-
+2006.pdf

Hågeryd, A.-C., Viberg, L., (2002), Översiktlig kartering av ras och skred o Västernorrlands län, Länsstyrelsen i Västernorrlands län, SGI Dnr. 2-0107-0424

Jerbo, A., (1988), Ådalen i Ångermanland, ett skredområde av betydelse, Ingenjörfirman Bååth AB / Herolf Ingenjörbyrå AB

IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

Johansson, B. (2000) Areal precipitation and temperature in the Swedish mountains. An evaluation from a hydrological perspective. *Nordic Hydrology*, 31, 207-228.

Johansson, B. and Chen, D. (2003) The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: Statistical analysis and modelling. *International Journal of Climatology*, 23, 1523-1535.

Johansson, B. and Chen, D. 2005 Estimation of areal precipitation for runoff modelling using wind data: a case study in Sweden. *Climate Research*, 29, 53-61.

Kemikalieinspektionen, (2006), Kortstatistik Produkter och branscher: Massa- och papperstillverkning, uppdaterad 2006-07-31, tillgänglig:
http://www.kemi.se/templates/Page_3749.aspx.

Klimat- och sårbarhetsutredningen, (2007), Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser, SOU 2007:60, avsnitt. 4.1.4, Flyg, s. 219-225

Lowe, J. A., Howard, T. P., Pardaens, A., Tinker, J., Holt, J., Wakelin, S., Milne, G., Leake, J., Wolf, J., Horsburgh, K., Reeder, T., Jenkins, G., Ridley, J., Dye, S., Bradley, S. (2009) UK Climate Projections science report: Marine and coastal projections. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK.
http://ukclimateprojections.defra.gov.uk/images/stories/marine_pdfs/UKP09_Marine_report.pdf

Lundqvist, M., (1953-1971), Atlas över Sverige, National atlas of Sweden / utgiven av Svenska sällskapet för antropologi och geografi. Huvudredaktör: Magnus Lundqvist. Kartografisk utformning, ritning, reproduktion och tryckning utförd av Kartografiska institutet. Kategori: Geografi, Sverige. Förlag: Stockholm Gla År: 1953-1971

Ministry of Natural Resources and Environment (2009) Climate Change, Sea Level Rise Scenarios for Vietnam. Report from the Ministry of Natural Resources and Environment of Vietnam, Hanoi.

- Naturvårdsverket, (1999), Metodik för inventering av förorenade områden (MIFO). Bedömningsgrunder och vägledning för insamling av underlagsdata, Rapport 4918.
- Naturvårdsverket, (1999), Metodik för inventering av förorenade områden (MIFO). Analys- och testmetoder, Rapport 4947.
- Naturvårdsverket (2007). FN:s klimatpanel 2007: Den naturvetenskapliga grunden. Sammanfattning för beslutsfattare. Rapport 5677, Stockholm.
- Naturvårdsverket, (2008), Efterbehandling av förorenade områden. Kvalitetsmanual för användning och hantering av bidrag till efterbehandling och sanering. Utgåva 4.
- Netherlands Environmental Assessment Agency, Royal Netherlands Meteorological Institute and Wageningen University and Research Centre (2009) News in Climate Science and Exploring Boundaries - A Policy brief on developments since the IPCC AR4 report in 2007. Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL), Bilthoven, November 2009 PBL publication number 500114013
- Nilsson, M., (2010) Muntlig diskussion med Mats Nilsson, Transportstyrelsen
- NOAA (2009) NOAA Response to Congressional Questions Regarding Climate Change. The Honorable Joe Barton and the Honorable Fred Upton. Questions for the Record from the March 25, 2009 Hearing on Climate Adaptation. Response Updated November 2009 to Include Additional Graphic (www.noaa.gov/images/climate_cooling_testimony111909.pdf)
- Rolf, K., (2010), SLU, Väg 975 Näsåker – Nämforsen, Skötselplan utkast 2010-06-20, Trafikverket
- Rydell, B., Hågeryd, A-C., Nyberg, H., Angerud, P., (2006), Omfattning av stranderosion i Sverige, Översiktlig kartläggning av erosionsförhållanden. Kartor, SGI Varia 543:2, Linköping, <http://www.swedgeo.se/upload/Publikationer/Varia/pdf/SGI-V543-2.pdf>
- Rydell, B., Hågeryd, A-C, Axelsson, J., (2009), Översiktlig inventering av förutsättningar för erosion i vattendrag. Metodik och redovisning, SGI Varia 602:1, Linköping, <http://www.swedgeo.se/upload/Publikationer/Varia/pdf/SGI-V602-1.pdf>
- Räddningsverket (2000) Översiktlig översvänningskartering längs Ångermanälven (Åselegrenen) - sträckan Volgsjön till Bottenhavet, Rapport nr. 13
- Räddningsverket (2001) Översiktlig översvänningskartering längs Ljungan - sträckan från Rätansjön till utloppet i Bottenhavet, Rapport 19
- Räddningsverket (2002) Översiktlig översvänningskartering längs Moälven - sträckan från Grannlåten i Norra Anundsjön till Bottenhavet samt biflödet Södra Anundsjöån från Långsele, Rapport 33

- Räddningsverket (2003a) Översiktlig översvänningskartering längs Faxälven - sträckan från Ströms Vattudal till utloppet i Ångermanälven, Rapport 38
- Räddningsverket (2003b) Översiktlig översvänningskartering längs Fjällsjöälven – sträckan Tåsjön till utloppet i Ångermanälven, Rapport 52
- Räddningsverket (2003c) Översiktlig översvänningskartering längs Indalsälven – sträckan från Ånnsjön till utloppet i Botetnhavet, samt biflödet Järpströmmen från Järpströmmens kraftverk till sjön Liten, Rapport 41
- Rummukainen, M. och Källén, E. (2009). Ny klimatvetenskap 2006-2009. En kort genomgång av forskningen om klimatfrågans naturvetenskapliga grunder sedan IPCC AR4/WG I från 2007. Rapport till Kommissionen för hållbar utveckling. Stockholm.
- SGI Varia 560:1, (2005), Släntstabilitet i jord, Underlag för handlingsplan för att förutse och förebygga naturolyckor i Sverige vid förändrat klimat, Deluppdrag 1, Hultén, C., Olsson, M., Rankka, K., Svahn, V., Odén K., Engdahl, M., SGI Dnr 1-0502-0100, SGI-VARIA--05/560--SE
- SOU (2006) Översvänningshot. Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmarén och Vänern. Delbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU 2006:94. Stockholm.
- SOU (2007a). Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60, Stockholm.
- SOU (2007b) Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat. Klimat- och sårbarhetsutredningen SOU 2007:60, Bilaga B14
- SOU (2007c) Klimatet och dammsäkerhet i Sverige. Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU 2007:60, Bilaga B9.
- Svensk Energi, m.fl. (2007). Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin. Riktlinjer för bestämning av dimensionerade flöden för dammanläggningar – Nyutgåva 2007.
- Svenska Kraftnät (2009). Sammanställning av rapportering avseende dammsäkerhet år 2008. Dnr 2009-272.
- Svenskt dammregister (1995) Svenskt dammregister Norra Sverige. SMHI Hydrologi nr 56, 1995.
- Vellinga, P., Katsman C.A., A. Sterl and J.J. Beersma, (eds) (2008) Exploring high end climate change scenarios for flood protection of the Netherlands: - an international scientific assessment. International Scientific Assessment. Background document to Deltacommissie (2008).

LÄNKAR PÅ INTERNET

Fallsvik, J., Hågeryd, A.-C., Lind, B., Alexandersson, H., Edsgård, S., Löfling, L., Nordlander, H., Thunholm, B., (2006), Översiktlig bedömning av jordrörelser vid förändrat klimat. Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen. Arbetsgrupp från SGI, SGU, Räddningsverket, SMHI, Vägverket Konsult och Vägverket. SGI Varia 571, kan nedladdas från

<http://www.swedgeo.se/upload/publikationer/Varia/pdf/SGI-V571.pdf>

<http://www.flygkartan.se>, (2010)

Kemikalieinspektionen, (2006), Kortstatistik Produkter och branscher: Massa- och papperstillverkning, uppdaterad 2006-07-31, tillgänglig:

http://www.kemi.se/templates/Page_3749.aspx.

Lantmäteriet (2010), Ny nationell höjdmodell, www.lantmateriet.se


MSB:s översiktliga stabilitetskartering (2010), Kartering i finkorniga jordar,

<http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Oversiktlig-stabilitetskartering/Kartering-i-finkorniga-jordar/>

SMHI (2010) Flödesstatistik för Sveriges vattendrag, www.smhi.se

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
Avdelningen för Geoplanering och klimatanpassning


.....
Jan Fallsvik
Uppdragsledare


.....
Bengt Rydell
Granskare

Västernorrlands län Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys

BILAGA 1 METODBESKRIVNING AV KLIMATANALYS

B1-1 Variation och osäkerhet

Det är viktigt vid tolkning av resultat från analyser av förändringar i ett framtida klimat att ursprunget till de variationer och osäkerheter som förekommer tydligt framgår och även hur denna variation kan bidra med information. Tolkningen av rapportens grafer bör koncentreras till långsiktiga trender snarare än till absoluta värden. Där det är tillämpligt presenteras spridningsmått i form av percentiler för att indikera spridningen i resultat mellan olika klimatmodeller. I denna rapport används 25:e resp. 75:e percentilen, vilket betyder att i princip all data förutom de fyra lägsta samt de fyra högsta scenarierna innefattas i datamängden när 16 st scenarier används. Därmed fås en uppfattning av klimatsceniernas spridning, men de extremaste resultaten bortses från. Detta underlättar tolkningen då det ger en mer samlad bild av den tänkbara framtidsutvecklingen.

Metoden som använts karakteriseras av att använda flera möjliga klimatscenarier, en så kallad *ensemble*, och bearbeta resultatet statistiskt. Syftet är att öka noggrannheten i analysen och identifiera trender som är generella mellan olika scenarier. För att utnyttja fördelarna med ensembleanalys bör det finnas ett visst mått av variation. Speciellt gäller detta klimatsimuleringar där det är önskvärt att täcka in ett stort antal möjliga och olika scenarier som kan medföra mycket olika effekter. Hydrologisk respons som uppträder i flera olika klimatscenarier bedöms således mer trolig än hydrologisk respons som uppträder sporadiskt

Osäkerheter i den typ av resultat som presenteras i denna analys påverkas av:

- Val av utsläppsscenarioer
- Val av global klimatmodell
- Val av regional klimatmodell
- Naturlig variabilitet

Ett utsläppsscenario är ett antagande om hur emissioner av växthusgaser kommer att utvecklas under en framtida tidsperiod. Effekten av olika utsläppsscenarioer har störst betydelse för beräkningar bortom år 2050.

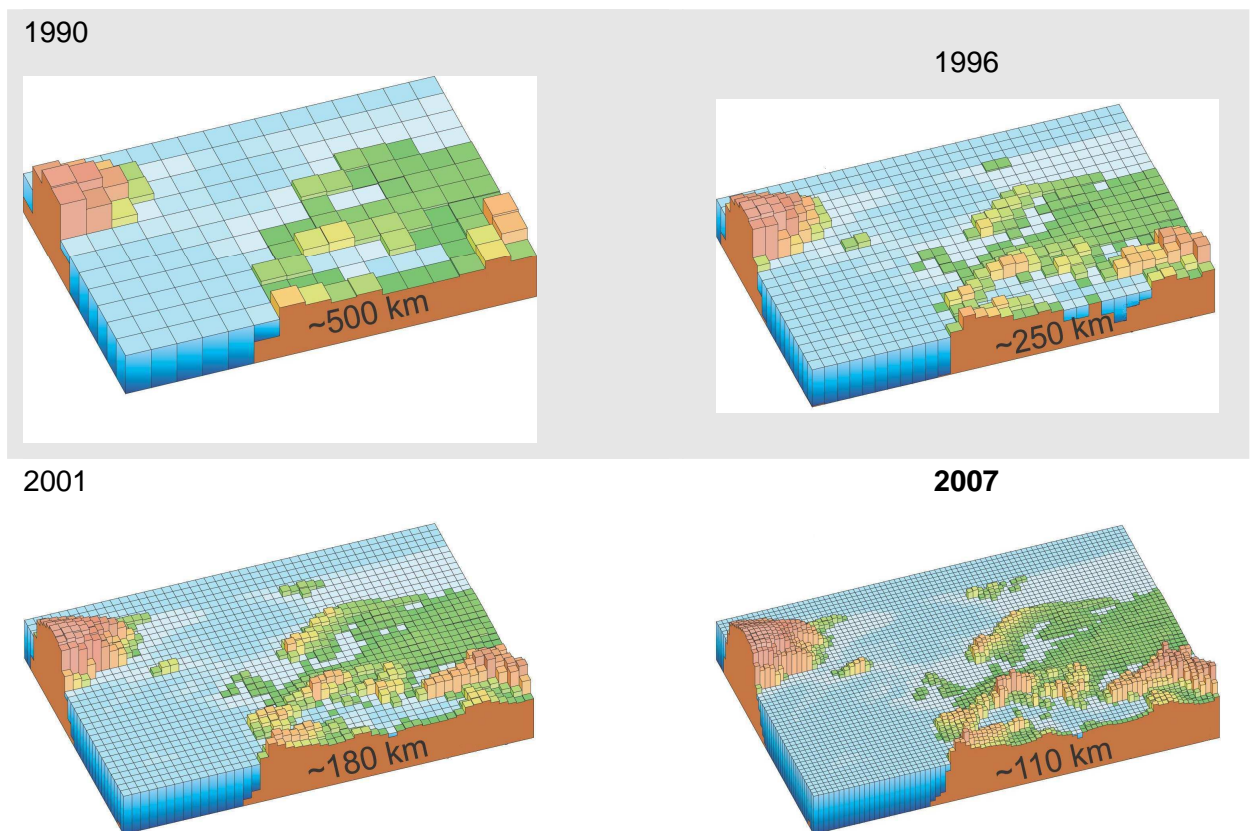
Spridningen i resultat kan vara betydande för somliga klimatvariabler delvis beroende på att olika modeller beskriver klimatologiska processer på olika sätt, exempelvis återkopplingen mellan atmosfärisk koncentration av växthusgaser och temperatur.

Det ligger i frågeställningens natur att det är svårt att på förhand definiera ett mått på responsen för ökade emissioner av växthusgaser, då detta är en effekt som modellerna syftar till att studera. Således är tillgången till flera olika klimatmodeller en stor fördel. Trender i respons som observeras i flertalet klimatmodeller och för flertalet utsläppsscenarioer är således att betrakta som mer robust eftersom samma resultat uppnåtts från olika oberoende förutsättningar. Om resultaten från olika modeller och utsläppsscenarioer är mycket olika är osäkerheten större.

Det klimat som beskrivs av en klimatmodell kan inte förväntas vara i fas med det verkliga klimatet på kort tidsskala, ett fenomen som benämns naturlig variabilitet. Dock ska en välfungerande klimatmodell beskriva medelvärden och variabilitet med tillräckligt precision, t ex korrekt antal kalla och varma vintrar under en trettioårsperiod. Dessa vintrar kan infalla i en annan sekvens än i det observerade klimatet.

B1-2 Beräkningsmodeller

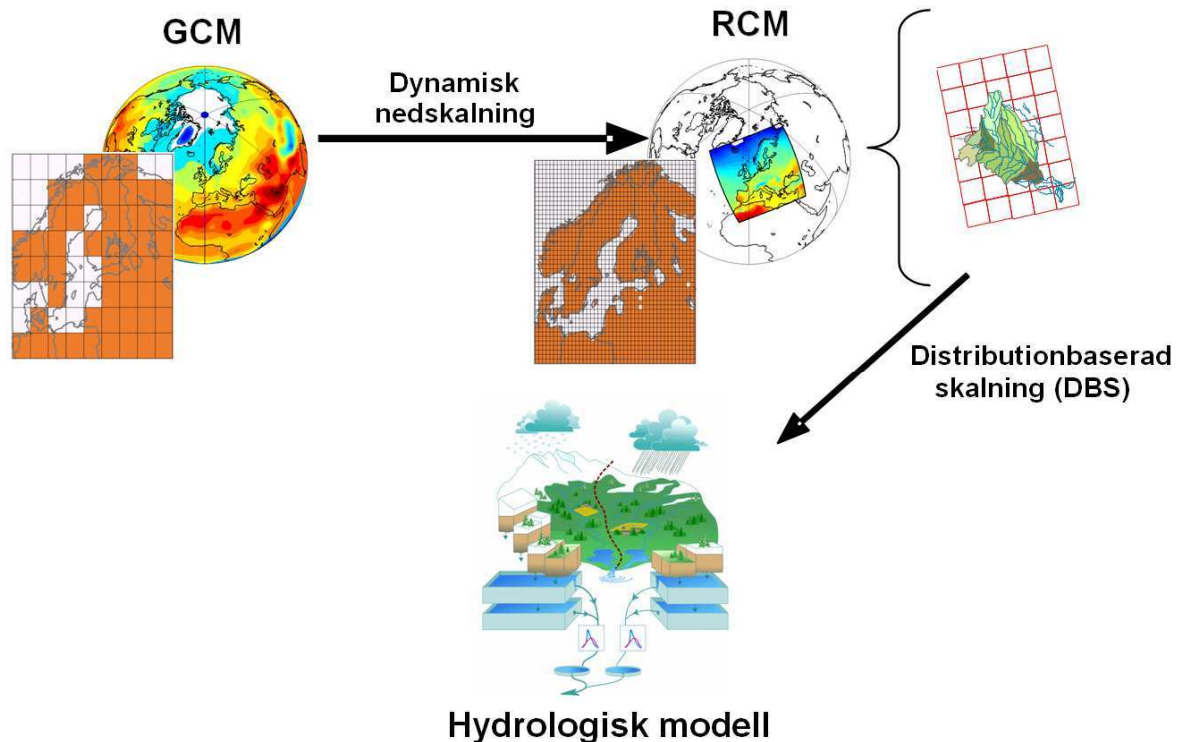
För att få en översiktlig bild av framtida klimat använder man sig av globala klimatmodeller (GCM) som beskriver luftströmmar och väderfenomen översiktligt över hela jorden. Dessa drivs bland annat med antaganden om framtidens utsläpp av växthusgaser, så kallade utsläppsscenarioer. Figur B1-1 visar hur upplösningen i de globala klimatmodeller som använts av IPCC utvecklats under de senaste 20 åren.



Figur B1-1. Horisontell upplösning i olika generationer av klimatmodeller som använts inom IPCC (modifierad efter IPCC 2007). Vertikal upplösning visas inte i figuren men följer en liknande utveckling mot finare diskretisering.

För mer detaljerade regionala analyser krävs en bättre beskrivning av detaljer som påverkar det regionala klimatet. Därför kopplas de globala klimatberäkningar till regionala klimatmodeller (RCM) med bättre upplösning och beskrivning av detaljer såsom exempelvis Östersjön och den Skandinaviska bergskedjan. Den regionala klimatmodellen drivs av resultat från den globala modellen på ränderna av sitt modellområde. Det gör att valet av global modell får stor betydelse för slutresultatet även regionalt. Regionala klimatmodeller finns bland annat vid forskningsenheten Rossby Centre på SMHI:s

forskningsavdelning, Bergström m.fl. (2010). Figur B1-2 visar hur dataflödet ser ut mellan klimatmodeller på olika skalor och hur indata levereras till en hydrologisk modell där det är möjligt att studera effekter på vattenföring, magasineringen etc.



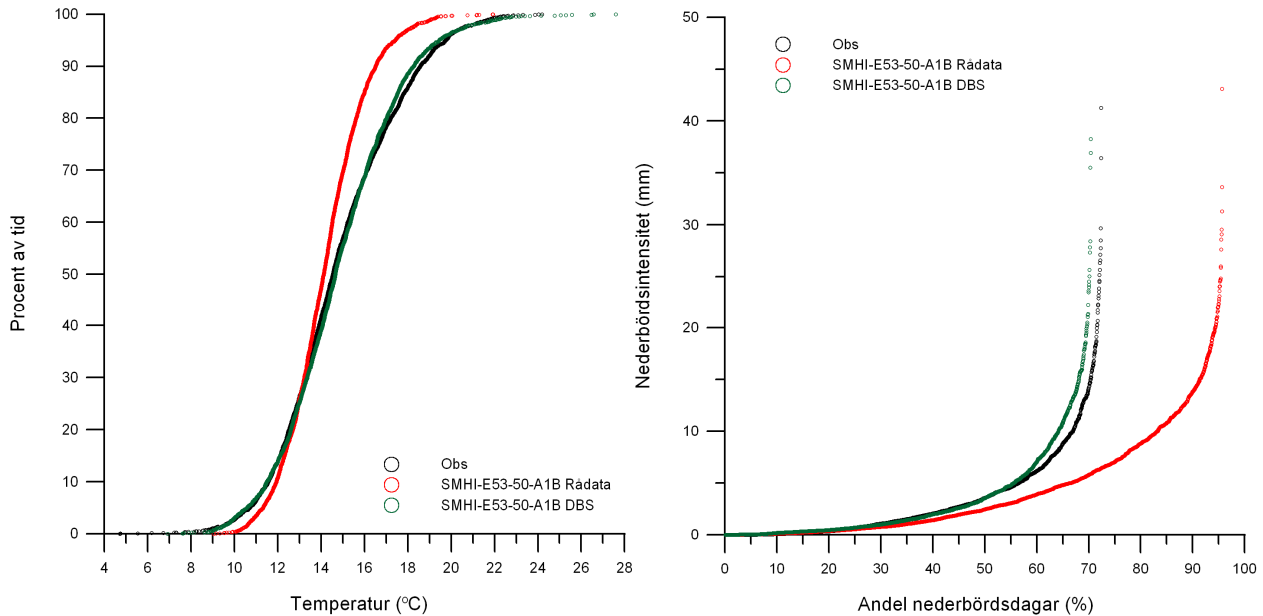
Figur B1-2. Illustration av dataflödet mellan global- och regional modell samt skalning till hydrologisk modell

För att använda klimatmodellernas utdata till att studera hydrologiska effekter, krävs ett gränssnitt mellan klimatmodellen och den hydrologiska modellen. Anledningen är att klimatmodellerna inte kan beskriva det nutida klimatet tillräckligt väl för att ge en trovärdig hydrologisk respons, när utdata från klimatmodellen används direkt som indata till en hydrologisk modell.

Under senare år har en ny metod utvecklats som möjliggör en sådan anpassning. Metoden benämns DBS-metoden, Yang m.fl. (2010) och innebär att data från meteorologiska observationer används till att justera klimatmodellens resultat för att ta bort de systematiska felen. De korrigeringsfaktorer som då införs bibehålls vid beräkningen av framtidens klimat, varefter klimatberäkningens utdata direkt kan användas som indata till en hydrologisk modell. Vid användning av DBS-metoden bibehåller man vid övergången till den hydrologiska modellen därmed, förutom förändringar i medelvärden, även de förändringar i klimatets variabilitet som ges av klimatmodellen. Metoden har tidigare använts för hydrologiska modellberäkningar av Andréasson m.fl. (2009).

Figur B1-3 visar exempel på en anpassning med DBS-metoden. Figuren visar rådata i form av temperatur och andel nederbördsdagar och deras nederbördsintensitet från en klimatmodell, samt när dessa rådata anpassats med DBS-metoden. I figuren syns tydligt att anpassningen stämmer väl överens med observerade data. Särskilt viktigt är att den

överskattning av antal dagar med nederbörd med en viss intensitet som ges av klimatmodellen korrigeras.



Figur B1-3 Jämförelse mellan rådata från klimatmodeller och data som anpassats med DBS-metoden. Till vänster dygnsmedeltemperatur (procent av tiden som viss dygnsmedeltemperatur underskrids och till höger nederbörd (andel dagar med olika nederbördsintensitet).

En förutsättning när DBS-metoden används är att resultaten för framtida tidsperioder måste jämföras med historiskt klimat så som detta beskrivs av klimatmodellen och inte av meteorologiska observationer. Metoden innebär också att det inte är möjligt att jämföra individuella dagar eller år med observationsdata.

Anpassning av klimatmodellsdata med hjälp av DBS-metoden används i denna studie för nederbörd och lufttemperatur, vilka också är drivvariabler för den hydrologiska modellen.

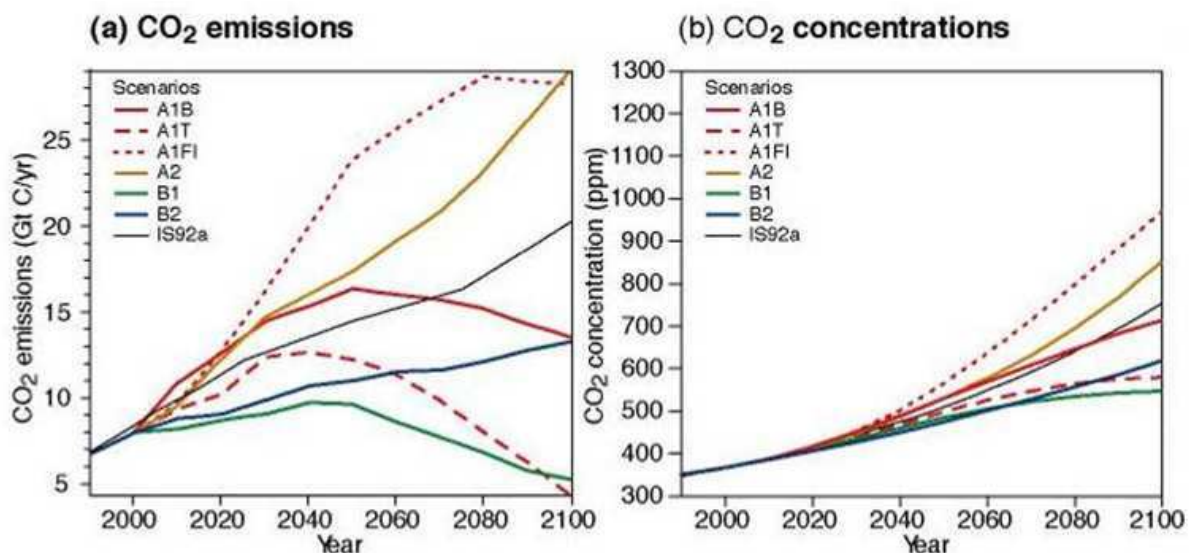
Den hydrologiska modell som används är HBV-modellen, vilket är en konceptuell avrinningsmodell som har utvecklats vid SMHI sedan slutet av 70-talet, Lindström m.fl. (1997). Modellen byggs upp av rutiner för markfuktighet, snöackumulation och snösmältning, grundvatten och routing (beskrivning av vattnets väg). Indata till modellen är i denna studie hämtas från regionala modeller med ovan nämnd DBS-skalning. Analyser med HBV-modellen är gjorda för *oreglerade* förhållanden och resultaten är beräknade på den totala tillrinningen för varje delområde.

B1-3 Utsläppsscenarioer

För att kunna göra beräkningar på framtida klimat behövs antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser. Vanligtvis används utsläppsscenarioer som utarbetats av FN:s klimatpanel, IPCC. Några exempel visas i Figur B1-4. Dessa bygger på antaganden av världens utveckling fram till år 2100, Nakićenović m.fl. (2000). I utsläppsscenarioerna

görs olika antaganden om jordens folkmängd, ekonomisk tillväxt, teknologisk utveckling m.m. Utifrån dessa antaganden har man sedan uppskattat hur mycket klimatpåverkande gaser och partiklar som kommer att släppas ut. Dessa utsläpp ger upphov till förändringar i atmosfärens sammansättning, som till exempel mängden koldioxid i luften, vilket i sin tur har en inverkan på klimatet, Bergström m.fl. (2010).

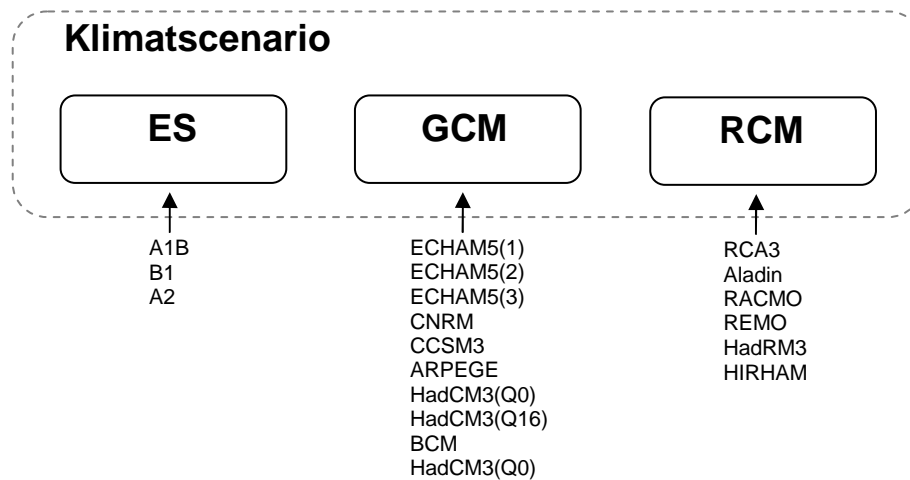
Genom att göra simuleringar i klimatmodellerna med växthusgaskoncentrationer som motsvarar dagens förhållanden respektive för framtida förhållanden får man en bild av den framtida förändringen av klimatet. Det är viktigt att komma ihåg att resultatet från alla beräkningar av det framtida klimatet baseras på antaganden om världens utveckling som är relativt pessimistiska. Man räknar normalt inte med effekterna av eventuella lyckosamma politiska förhandlingar för att minska utsläppen globalt, det betyder att det så kallade 2-gradersmålet som diskuteras som en rimlig målsättning inte antas uppnås. Under senare tid har dock även sådana beräkningar börjat göras (Bergström m.fl., 2010).



Figur B1-4. Antagande om framtida utsläpp av CO₂ (a) och resulterande CO₂-koncentrationer (b) enligt olika scenarier (modifierad från IPCC, 2001).

B1-4 Klimatscenarier

Ett klimatscenario är en successiv realisering av ett utsläppscenario i en global och regional klimat modell enligt dataflödet i Figur B1-2. Samma utsläppscenario kan således rendera olika klimatscenarier beroende på vilka globala och regionala modeller som används. De tre komponenterna illustreras i Figur B1-5 där också de möjliga alternativen för utsläppscenario (ES), Global cirkulationsmodell (GCM) och Regional cirkulationsmodell (RCM) framgår.



Figur B1-5. Ett klimatscenario består av en kombination av global modell (GCM), regional modell (RCM) och utsläppscenari (ES).

Tidigare har huvudsakligen fyra regionala klimatscenarier använts för de flesta studierna av klimateffekter i Sverige inklusive av den statliga Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU (2007a). Dessa fyra klimatscenarier bygger på en global klimatmodell från Hadley Centre i England (HadCM3/AM3H) och en från Max-Planck-institutet i Tyskland (ECHAM4/OPYC3). Dessa globala modeller har körts med utsläppsscenario A2 respektive B2 som de beskrivs av Nakićenović m.fl. (2000). Den regionala klimatmodellen från Rossby Centre, som då användes för tolkning av de globala modellernas resultat till svenska förhållanden, benämndes RCAO-modellen, Bergström m.fl. (2010).













Numera finns det tillgång till ett stort antal regionala klimatscenarier beräknade med nyare globala och regionala klimatmodeller. Det europeiska ENSEMBLES-projektet syftar till att utveckla ett system för samordnade beräkningar av klimatförändringar baserat på ett antal europeiska och några utomeuropeiska globala och regionala klimatmodeller. Genom att analysera ett stort antal möjliga klimatscenarier, en sk *ensemble*, och bearbeta resultatet statistiskt minskar varje enskilt scenariers inflytande till slutresultatet vilket kan anses mer tillförlitligt. SMHI deltar i ENSEMBLES-samarbetet genom Rossby Centre med den regionala klimatmodellen RCA3. Dessutom finns det ytterligare regionala modellberäkningar tillgängliga vid Rossby Centre. Analyserade klimatscenarier redovisas i Tabell B1-1. Det utsläppsscenario som huvudsakligen används inom ENSEMBLES benämns A1B, Nakićenović m.fl. (2000), men ett scenario med kraftigare utsläpp, A2, och ett med lägre utsläpp, B1, har också använts. I Figur B1-5 visas ett antal utsläppscenarier där A1B, B1 och B2 ingår. Där framgår att B1-scenariet kan tolkas som ett scenario där emissionerna kulminerar ca år 2040 och koncentrationerna av växthusgaser stabiliseras vid ca år 2100, Bergström m.fl. (2010).

Den globala klimatmodellen ECHAM5 kommer från Max-Planck-institutet för meteorologi i Tyskland. Resultat baserade på ECHAM5 finns också från tre simuleringar som har startats från olika initialtillstånd i slutet på 1800-talet, vilka betecknas ECHAM5(1), ECHAM5(2) respektive ECHAM5(3). ECHAM5(3) är den simulering av de tre som har bäst överensstämmelse med faktisk klimatutveckling i Europa under slutet av 1900-talet och har därför pekats ut som huvudalternativ för ENSEMBLES-projektets beräkningar, Bergström m.fl. (2010).

Även HadCM3 från Hadley Center i England har använts med två olika initialtillstånd, men då har också modellen varit parametrerad med olika klimatkänslighet. En av dessa simuleringar refereras som Q0 och betraktas som mest trolig. Den version som har högre klimatkänslighet, Q16, ligger dock även den inom vad som klimatforskarna betraktar som rimliga gränser, Bergström m.fl. (2010).

Observera att de klimatscenarier som använts i denna studie är de som funnits tillgängliga vid genomförandet, d.v.s. inget aktivt urval av scenarier har gjorts. Till största delen har utsläppsscenario A1B använts, vilket är ett scenario där koldioxidutsläppen till atmosfären beräknas kulminera runt år 2050. Koldioxiden i atmosfären fortsätter dock enligt detta scenario stiga även efter 2050, se Figur B1-4. Allt eftersom fler klimatscenarier blir tillgängliga kan fler fall med höga respektive låga utsläppsscenarier inkluderas i klimatensemblesimuleringar. På så sätt kan fler tänkbara utvecklingar av klimatet simuleras. En större ensemble ger starkare statistiska mått på hur en framtida utveckling kan se ut. Den idag tillgängliga ensemblen på 12 respektive 16 scenarier är dock en stor förbättring mot vad som fanns tillgängligt för några år sedan.

Tabell B1-1. Sammanställning av använda klimatscenarier. Nationsflaggorna avser instituten som har genomfört den regionala nedskalningen (RCM). Den globala klimatmodellen (GCM) ECHAM5 kommer från Max Planck Institute i Tyskland, ARPEGE från CNRM i Frankrike, HadCM3 från Hadley Centre i England och BCM från METNO i Norge. CCSM3 är en nordamerikansk modell som körts vid SMHI.

Nation	Institut	Scenario	GCM	RCM	Upplösning	Period
	SMHI	A1B	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(2)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	25 km	1961-2100
	SMHI	B1	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	CNRM	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	CCSM3	RCA3	50 km	1961-2100
	CNRM	A1B	ARPEGE	Aladin	25 km	1961-2050
	KNMI	A1B	ECHAM5(3)	RACMO	25 km	1961-2100
	MPI	A1B	ECHAM5(3)	REMO	25 km	1961-2100
	C4I	A2	ECHAM5(3)	RCA3	25 km	1961-2050
	HC	A1B	HadCM3(Q0)	HadRM3	25 km	1961-2100
	C4I	A1B	HadCM3(Q16)	RCA3	25 km	1961-2100
	METNO	A1B	BCM	HIRHAM	25 km	1961-2050
	METNO	A1B	HadCM3(Q0)	HIRHAM	25 km	1961-2050
	DMI	A1B	ECHAM5(3)	HIRHAM	25 km	1961-2100

REFERENSER TILL BILAGA 1

Bergström S., Andréasson J., Stensen B., Wern L. (2010) Hydrologiska och meteorologiska förhållanden i Göta älvdalen-preliminär rapport, SMHI, 2010

Yang, W., Andréasson, J., Graham, L.P., Olsson, J., Rosberg, J and Wetterhall, F. (2010) Distribution based scaling to improve usability of RCM projections for hydrological climate change impacts studies. *Hydrology Research*, 41.3-4, 211-229.

Andréasson, J., Bergström, S. och Gardelin, M. (2009) Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring - Scenarier i ett 50-årsperspektiv. Delrapport från SMHI till Elforsk, november 2009

Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. och Bergström, S. (1997) Development and test of the distributed HBV-96 model. *Journal of Hydrology*, 201, 272-288.

Nakićenović, N. m.fl. (2000). IPCC Special Report on Emission Scenarios. Cambridge Univ. Press, 599 pp.

SOU (2007a). Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60, Stockholm.

Västernorrlands län
Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys

BILAGA 2 FÖRTECKNING ÖVER POTENTIELLA RISKOMRÅDEN VID FÖRORENAD MARK OCH MILJÖFARLIG VERKSAMHET

Nedan presenteras en sammanställning av de förorenade områden och miljöfarliga verksamheter som behandlas i kapitel 9. Verksamhet och områden med förorenad mark har valts ut med hänsyn till deras geografiska position. Följande urval har gjorts:

Erosion: Objekt inom 50 m från strandlinjen inom erosionsriskområden, såväl längs kusten som längs vattendrag i inlandet

Ras/skred: Objekt inom de markerade skredriskområdena

Översvämning: Objekt inom de markerade områdena för högsta flöde

Moränskred/slamströmmar: Objekt inom 500 meter från markerade punkter

De fyra kolumnerna till höger visar vilken/vilka naturolycksrisker som hotar objekten, där 'ja' betyder att risk föreligger.

Förorenade områden riskklass 1

OBJEKTNAMN	RAS/SKRED	ÖVERSVÄMNING	MORANSKRED/ SLAMSTRÖM	EROSION
Sörfors bruk	-	ja	-	-
Metso, Sundsbruk	-	-	-	ja
Forsse bruk	-	-	-	ja
Sollefteå bruk	ja	-	-	-
Björnkå Träsliperi	ja	-	-	-
Mo bruk	-	ja	-	-
Sörfors träsliperi F2281-0043	-	ja	-	-
Nedansjö Sliperi	-	ja	-	-
Svanö	-	ja	-	-
Forsse träsliperi	-	ja	-	-

**Förorenade områden riskklass 2**

OBJEKTNAMN	RAS/SKRED	ÖVERSVÄMNING	MORANSKRED/ SLAMSTRÖM	EROSION
Häkansta deponi	-	-	ja	-
Ytterturingen deponi	-	ja	-	-
Fanby deponi	-	ja	-	-
Ange slam deponi/ reningsverk	-	ja	-	-
Sandarna deponi	-	ja	-	-
Glömsta deponi	-	-	ja	-
Sandö deponi o sågverk	-	ja	-	-
Kaninholmen 211, Nyland 5:19	-	ja	-	-
Lappmon deponi	-	-	-	ja
Dals sågverk	-	-	-	ja
Brandstation	-	-	ja	-
OKQ8 Bergström Bensin Bommen	-	-	-	ja
OK Q8 LC Bensin och Livs AB	-	ja	-	-
Ahlms Bensin & Livs i Torpshammar AB	-	ja	-	-
Bensinpump	ja	-	-	-
Esso?	-	ja	-	-
Bensinpump	ja	ja	-	-
Nynäs	ja	ja	-	-
Götriksågen	ja	ja	-	-
BP	ja	-	-	-
OK Resele	-	ja	-	-

**Föreerade områden riskklass 2 (forts.)**

OBJEKTNAMN	RAS/SKRED	ÖVERSVÄMNING	MORANSKRED/ SLAMSTRÖM	EROSION
BP	-	-	-	ja
Smedjan och Konsummack	-	-	-	ja
Bensinmack Näsåker 1	ja	-	-	-
Uno X, Bredbyn	-	ja	-	-
Biltjänst Lennart Johannesson/ Gulf	ja	-	-	-
Esso Ramsele	ja	-	-	-
Midlanda flygplats	-	ja	-	-
Adalens flygplats	-	ja	-	-
Sundins Garveri	ja	-	-	-
Alandsbro garveri	ja	-	-	-
Garveri Edsjärden	-	ja	-	-
Hjälta kraftverk / garveri	-	-	-	ja
Fjåls Glasbruk och Varv	-	-	-	ja
Sandö Glasbruk	-	ja	-	-
Klampenborgs Angsåg	-	ja	-	-
Hamnen Nyland	ja	ja	-	-
Skönviks bark deponi	-	-	-	ja
Ostrand, deponi Skyttberg	ja	-	-	-
Bergeforsparken deponi	ja	-	-	ja
Nensjö deponi	-	-	-	ja
Frånö deponi	-	ja	-	-
Nordfarbo, Kolbacken deponi	-	ja	-	-
Travtippen Själevad	-	ja	-	ja
Olssons kemtvätt 1	ja	-	-	-
Osteråsens Trädgård	-	-	ja	-
Bredbyns Sågverk	-	ja	-	-
Nedansjö Bangård Bdl 224	-	ja	-	ja
Stöde Bangård Bdl 224	-	ja	-	-
Bergeforsens Bangård Bdl 233	ja	-	-	-
Bollstabruk Bangård Bdl 232	-	-	ja	-
Esso / Biltvätten / HW Slipservice AB	-	-	ja	-
Gulf	-	ja	-	-
Shell	-	ja	-	-
BP	ja	-	-	-
Nynäs	ja	-	-	-
Shell/ Beve Mekan	ja	-	-	-
Nynäs/ Timans bilaffär	-	-	ja	-
Nynäs	-	-	ja	-
Gulf	-	-	ja	-
Texaco Forsmo	-	ja	-	-
Lucksta sågverk	-	ja	-	-
Ostavallssågen SAEF AB	-	ja	-	-
Stöde sågverk	-	ja	-	-
Viskans sågverk	-	ja	-	-
Skönviks sågverk	-	-	-	ja
Sillre såg	-	ja	-	-
Torsviks ångsåg (Lilla Ramvik)	-	-	-	ja
Hola Träförädling	ja	-	-	ja
Köpmanholmens sågverk	-	-	-	ja
Domsjö Sågverk	-	-	-	ja
Sollefteå pressgjuteri	-	ja	-	ja
Småbåtshamn och båtslip	-	ja	-	-
Bröderna Edstrand	-	ja	-	-
Kalles Hydraulservice	-	ja	-	-
Jansbo manufaktur	-	ja	-	-
Kramfors mek verkstads AB	ja	-	-	-
Nylands mekaniska verkstad AB	ja	ja	-	-
verkstad Nyland	-	ja	-	-
Säfsströms smides- och rep.verkstad	ja	ja	-	-
Bimtec	-	-	-	ja
Midlandproduktion	-	ja	-	-
Ullstens Mekaniska Verkstad AB, Bjästa	-	-	-	ja
Sjöbergs Svets AB, Ovik	-	-	ja	-
PJ Jonsson & Söner, Billsta	-	ja	-	-
Mählars smide AB 1	ja	-	-	-
Bredbyns Akeri AB	-	ja	-	-
Bil Nordlund	ja	ja	-	-
Svanö oljecisterner	-	ja	-	-
Wedins skofabrik nr 2	ja	ja	-	-
Sandslån	-	ja	-	-
Valviken	-	ja	-	-

Miljöfarlig verksamhet A

ANLÄGGNING	RAS/SKRED	ÖVERSVÄMNING	MORÄNSKRED/ SLAMSTRÖM	EROSION
Mondi Dynäs AB	-	ja	-	-
Mondi Dynäs AB	-	ja	-	-
Sundsvall Härmösand Airport	-	ja	-	-

Miljöfarlig verksamhet B

ANLÄGGNING	RAS/SKRED	ÖVERSVÄMNING	MORÄNSKRED/ SLAMSTRÖM	EROSION
Pacwire AB	-	ja	-	-
Kramfors Gradteknik AB	-	-	ja	-
Kramfors Gradteknik AB	-	-	ja	-
RAMSELE FISK AB	-	ja	-	-
Omegalax Fiskodling	-	-	-	ja
Bergeforsens Laxodling	ja	-	-	ja
Mondi Dynäs AB	-	ja	-	-
Oljehamnen	-	-	-	ja
Domsjö Hamn	-	-	-	ja
FS-Kajen	-	-	-	ja
Stadskajen	-	-	-	ja
Essviksverket	-	ja	-	-
Ånge reningsverk	-	ja	-	-
Hågesta reningsverk	-	ja	-	-
Prästbordets reningsverk	-	ja	-	-
Nylands avloppsreningsverk	-	-	-	ja
Stena Gotthard AB	ja	-	-	-
Gistgårdsöns slamlagun	-	ja	-	-
Högbergets och Sandös övningsfält	-	ja	-	-

Riskobjekt enligt Seveso

ANLÄGGNING	RAS/SKRED	ÖVERSVÄMNING	MORÄNSKRED/ SLAMSTRÖM	EROSION
Domsjö fabriker	-	-	-	ja

Västernorrlands län
Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys

BILAGA 3 DIGITAL LEVERANS (CD-SKIVA) AV GIS-SKIKT

Data i shape-format i SWEREF 99 TM och RT90 2,5 gon V.

Data i MapInfo-format i SWEREF 99 TM

Beskrivning	Format	Typ
Redovisningskartor	pdf	Kartdokument
Projektfil innehållandes samtliga lager	mxd	ArcMap projektfil
Flygplatser	Shape+lyr mif/mid	Punkt
Dammar från länsstyrelsen, SMHI och EON	Shape+lyr mif/mid	Punkt
Föreområde (MIFO)	Shape+lyr mif/mid	Punkt
Seveso-anläggning	Shape+lyr mif/mid	Punkt
Farlig verksamhet	Shape+lyr mif/mid	Punkt
Miljöfarlig verksamhet	Shape+lyr mif/mid	Punkt
Risk för slamströmmar/jordrörelser	Shape+lyr mif/mid	Punkt
Förutsättningar för erosion	Shape+lyr mif/mid	Linje
Översvämningsskilda vid beräknat högsta flöde (ej Selångersån) Översvämningsskilda vid beräknad 100-årsflöde (enbart Selångersån)	Shape+lyr mif/mid	Polygon
Utredningsområde – ras och skred	Shape+lyr mif/mid	Polygon

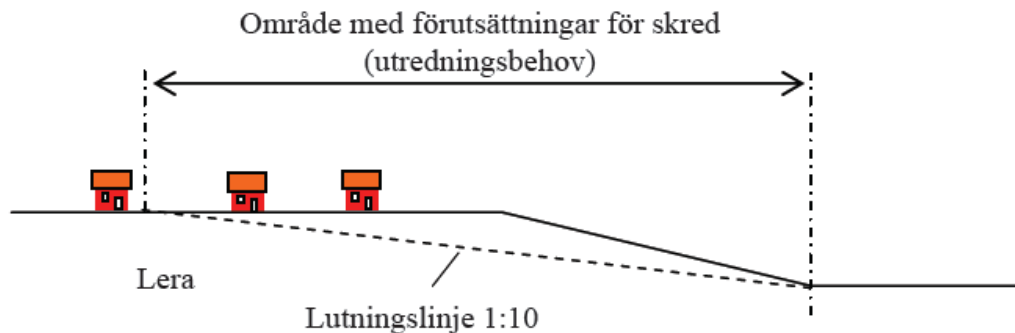
Västernorrlands län Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys

BILAGA 4 MSB:S METOD FÖR INDELNING AV STABILITETSZONER FÖR SLÄNTER I LERA SILT OCH SAND

I MSB:s karteringsmodell för slänter i lera silt och sand delas inventeringsområdena in i zoner med olika stabilitetsförutsättningar baserade på jordart och topografiska förhållanden, MSB:s översiktliga stabilitetskartering (2010). Zonindelningen görs i tre zoner, Stabilitetszon I, II och III. I denna utredning markeras endast områden, som tillhör Stabilitetszon I, där det finns förutsättningar för initiala naturliga eller av mänsklig verksamhet orsakade skred och ras. Kartan över stabilitetsförutsättningarna visar emellertid inte risken för skred och ras eftersom zonindelningen inte utgör något mått på säkerheten utan endast att grundförutsättningarna finns för skred och ras (med hänsyn till jordart och marklutning).

A. Kriterier för Stabilitetszon I är följande inom områden med lera samt silt/sand på lera:

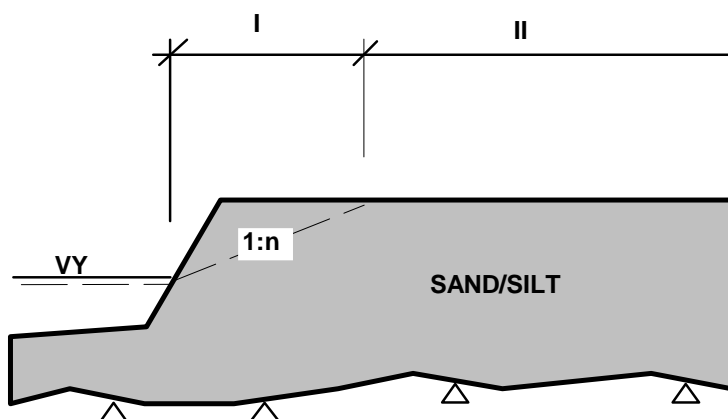
- Mark inom avståndet $10 \times$ Slänthöjden räknat från släntfot/strandlinje, Figur 7-4.
- Mark inom 50 m från strandlinje för sjöar och för större vattendrag (älvar/åar), markerade med dubbla streck på fastighetskartan
- Mark inom 25 m från strandlinjen för vattendrag (bäckar/diken), markerade med dubbla streck på fastighetskartan.



Figur B4-1 Stabilitetszon I – Mark inom områden med lera samt silt/sand på lera inom avståndet $10 \times$ Slänthöjden räknat från släntfot/strandlinje

B. Kriterier för Stabilitetszon I är följande inom områden med silt och/eller sand där lager av lera saknas.

- För sand/siltslänter gäller lutningen 1:n, Figur 7-5, där värdet på n beror på grundvattensituationen:
 - o Där inget grundvatten strömmar ut slänten gäller $n = 2,5$.
 - o Där grundvatten strömmar ut i slänten gäller $n = 5$



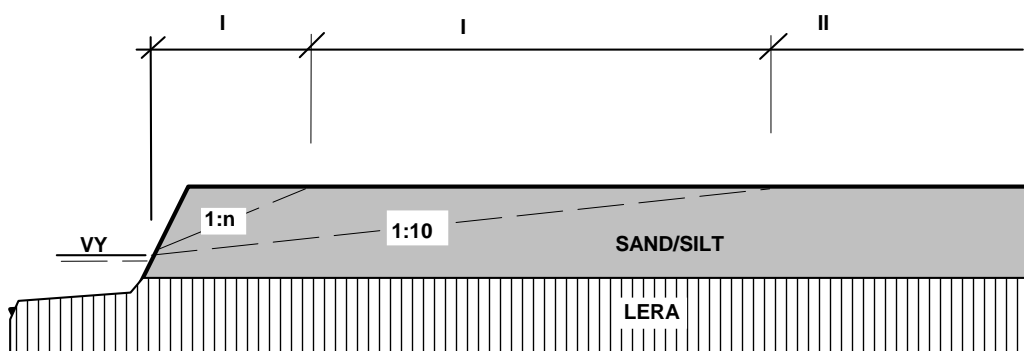
Figur B4-2 Stabilitetszon I – Mark inom områden med sand/silt

C. Kriterier för indelning och redovisning av stabilitetsförutsättningarna i områden där lerlager kan förekomma under mäktiga sand- och siltlager:

I dessa fall kan det i Etapp 1a vara svårt att avgöra om lera förekommer under sand/siltlagren. Om det exempelvis finns geologiska förutsättningar för lera förekomst markeras detta med ledning av principen i Figur 7-6, d v s båda linjerna 1:10 och 1:n.

För sand/siltslänter gäller lutningen 1:n, där värdet på n beror på grundvattensituationen:

- Där inget grundvatten strömmar ut slänten gäller $n = 2,5$.
- Där grundvatten strömmar ut i slänten gäller $n = 5$



Figur B4-3 Stabilitetszon I – Områden där lerlager kan förekomma under mäktiga sand- och siltlager

REFERENSER TILL BILAGA 5

MSB:s översiktliga stabilitetskartering (2010), Kartering i finkorniga jordar, <http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Oversiktlig-stabilitetskartering/Kartering-i-finkorniga-jordar/>

Västernorrlands län

Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys

BILAGA 5 HAMNAR I VÄSTERNORRLANDS LÄN

I avsnitten 8.5 Miljöfarlig verksamhet identifierades ett antal hamnar som är belägna inom områden med erosionsrisk. I länet finns 17 hamnar med frakttrafik enligt Länsstyrelsens sammanställning i Tabell B5-1. Hamnarna är fördelade på de olika kommunerna enligt Härnösand 2 st, Kramfors 3 st, Timrå 2 st, Sundsvall 5 st och Örnsköldsvik 5 st. Figur B5-1, B5-2 och B5-3 visar geografiska läget för dessa hamnar samt även några mindre hamnar.

Beroende på respektive hamns utformning samt förändrade strömningsförhållanden på grund av såväl klimatförändringen som landhöjningen och mänsklig påverkan så kan ökad sedimenttransport innebära ett ökat behov för underhållsmuddring.

Tabell B5-1. Hamnar i Västernorrlands län (situation 2010-09-20) enligt länsstyrelsens sammanställning

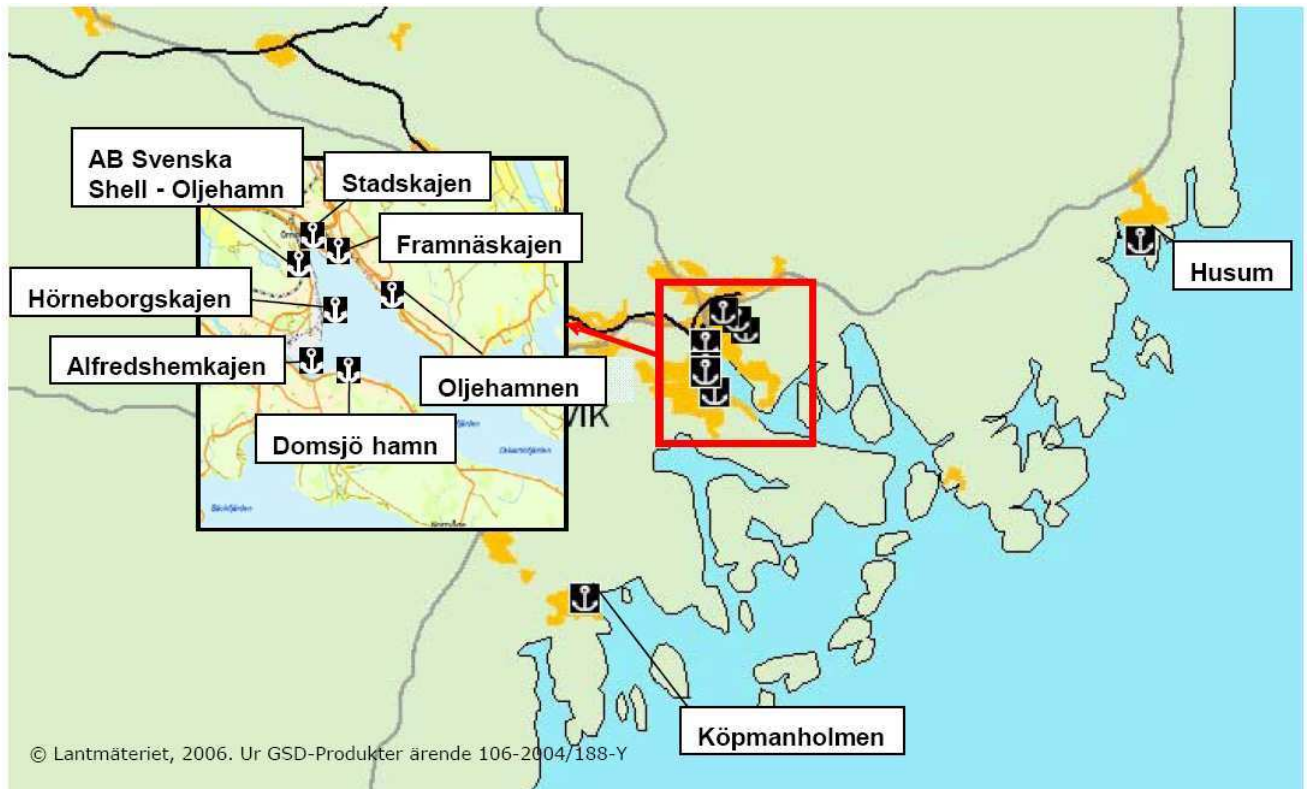
Kommun	Verksamhet	Tillsynsmyndighet	Anläggningsnummer
Härnösand	Härnösands hamn Cisternvägen 1 871 45 HÄRNÖSAND Tel: 0611-22100 E-post: port@harnosandshamn.se	Kommunen	2280-115
Härnösand	Utansjöverken AB Timmervägen 5 870 15 Utansjö	Länsstyrelsen	2280-101?
Kramfors	Mondi Dynäs AB (industrihamn) 873 81 DYNÄS Tel växel: 0612-830 00 Tel hamnkontor: 0612-831 95 Fax nr: reception: 0612-265 11	Länsstyrelsen	2282-19-101
Kramfors	SCA Timber AB Bollänstyrelsena sågverk 873 80 BOLLSTABRUK Tel: 0612-880 00 Fax: 0612-217 80, 881 00	Kommunen	2282-19-105
Kramfors	SCA Timber AB Lugnviks hamn Bruksvägen 60 872 75 LUGNVIK Tel: 0612-880 00	Kommunen	2282-108

Tabell B5-1 forts. Hamnar i Västernorrlands län (situation 2010-09-20)

Kommun	Verksamhet	Tillsynsmyndighet	Anläggningsnummer
Timrå	Delta Terminal AB Box 51, 860 35 SÖRÅKER Tel: 060-403 50 Fax: 060-416 03 E-post: port@deltaterminal.se E-post: Sune.Selin@sundfrakt.se	Kommunen	2262-128
Timrå	Östrand (industrihamn) SCA Graphic Sundsvall AB Östrands massafabrik 861 81 TIMRÅ Tel: 060:16 40 00 Fax :060 57 43 28	Länsstyrelsen	2262-101
Sundsvall	Tunadalshamnen Sundsvalls Hamn AB Box 805, 851 23 SUNDSVALL Tel: 060-12 31 80 Fax: 060-19 35 07 E-post: info@sundsvallshamn.se http://www.sundsvallshamn.se	Kommunen	2281-179
Sundsvall	Oljehamnen inkl Mokajen (samma dossnr) Sundsvalls Hamn AB Box 805, 851 23 SUNDSVALL Tel: 060-12 31 80 Fax: 060-19 35 07 E-post: info@sundsvallshamn.se http://www.sundsvallshamn.se	Kommunen	2281-122
Sundsvall	KUBAL (industrihamn) Kubikborg Aluminium AB (industrihamn) Landsvägsallén 79, 851 76 SUNDSVALL Tel: 060-16 61 00 Fax: 060-16 63 50	Länsstyrelsen	
Sundsvall	Casco Products AB (industrihamn) Box 13 000, 850 13 SUNDSVALL Tel: 060-13 40 00 Fax:060-56 95 18	Länsstyrelsen	2281-186
Sundsvall	SCA Graphic Sundsvall AB (industrihamn) Ortvikens Pappersbruk Box 846 851 23 SUNDSVALL Tel:	Länsstyrelsen	

Tabell B5-1 forts. Hamnar i Västernorrlands län (situation 2010-09-20)

Kommun	Verksamhet	Tillsynsmyndighet	Anläggningsnummer
Örnsköldsvik	Örnsköldsviks hamn & logistik AB		
	Framnäskajen	Kommunen	2284-189
	Oljehamnen	Kommunen	har ej egen doss
	Domsjö hamn	Kommunen	2284-195
	Hörneborgskajen	Länsstyrelsen	
	Fd Shellkajen	Kommunen	
	Strandgatan 4 891 33 ÖRNSKÖLDSEVIK Tel: 0660- 29 90 00 Fax: 0660-852 27 Kontaktperson: hamnchef Conny Sallander		
Örnsköldsvik	M-real Sverige AB (industrihamn) Husums fabriker 890 35 HUSUM Tel: 0663-180 00 Fax 0663-185 08	Länsstyrelsen	2284-101
Örnsköldsvik	Sekab Industrier AB (industrihamn) Alfredshemskajen 891 86 ÖRNSKÖLDSEVIK Tel: 0660-756 00	Länsstyrelsen	
Örnsköldsvik	Örnsköldsviks hamn & logistik AB Köpmanholmens Handelshamn Bredånger 2:75 (del av) i Köpmanholmen Strandgatan 4 89131 Örnsköldsvik Tel. 0660-852 27 kontaktperson: Conny Sallander	Kommunen	2284-190
Örnsköldsvik	FS-kajen (industrihamn) Holmen Skog AB Hörneborgsvägen 6 891 80 Örnsköldsvik	Kommunen	2284-102



Figur B5-1. Hamnområdena kring Örnsköldsvik, Hamnar och hamnterminaler i Västerternorrland samt kombitrafik i Sundsvallsområdet, (2006)



Figur B5-2. Hamnområden kring Härnösand – Ådalen, Hamnar och hamnterminaler i Västernorrland samt kombitrafik i Sundsvallsområdet, (2006)



Figur B5-3. Hamnterminaler kring Sundsvall, Hamnar och hamnterminaler i Västernorrland samt kombitrafik i Sundsvallsområdet, (2006)

KARTREDOVISNING, KARTA 1-9

Resultaten av utredningen redovisas som beskrivande text och tillhörande kartor, Karta 1-9. Kartorna är utförda i skalorna 1:250 000 respektive 1:500 000 och avsedda för utskrift i format A1. Kartorna i avsedd skala liksom hela rapporten finns tillgängliga som pdf-filer på länsstyrelsens hemsida.

Redovisade områden och förhållanden på tillhörande kartor är anpassade till utredningens översiktliga nivå. Kartorna bör därför inte förstoras till annan detaljeringsgrad.

Kartmaterialet är producerat i GIS-skikt för olika analysdelar och en förteckning över dessa finns i Bilaga 3. Som underlagskarta i analysen och för redovisning har använts Lantmäteriets översiktskarta, vilken tillhandahållits av länsstyrelsen.

På följande sidor finns Karta 1-9 i förminskad version.



- Teckenförklaring**
- Översiktlig övervåmningsutredning - beräknat högsta flöde, MSB
 - Förutsättningar för erosion, SGI
 - Utredningsområde - ras och skred etapp (1a), MSB
 - Utredningsområde - ras och skred etapp (1b), MSB
 - Skred/Ras enligt SGI:s skreddatabas och översiktlig kartering av ras och skred i Västermorlands län, SGI
 - Gräns för område med flygbildstokade skred, SGI
 - Risk för slamströmmar/jordrörelser, MSB-SGI

 Statens geotekniska institut		
<small>581 02 LINNÉVÄG 340B • 051 201 81 00</small>		
<small>ÖVERSEDDA AV</small> 24-1002-21144	<small>REVISOR</small> Johan Axelsson	Västernorrlands län Regional klimat- och sårbarhetsanalys Örnsköldsviks kommun
<small>DATUM</small> 2010-10-21	<small>ANSÖKAN</small> Jan Faltevik Ann-Christine Hägerud Ingrid Södergren Stefan Falero	
<small>UPPGIFTSANSVÄRIG</small> Jan Faltevik	<small>SKALA</small> 1:250 000	
		<small>BLAD</small> 2

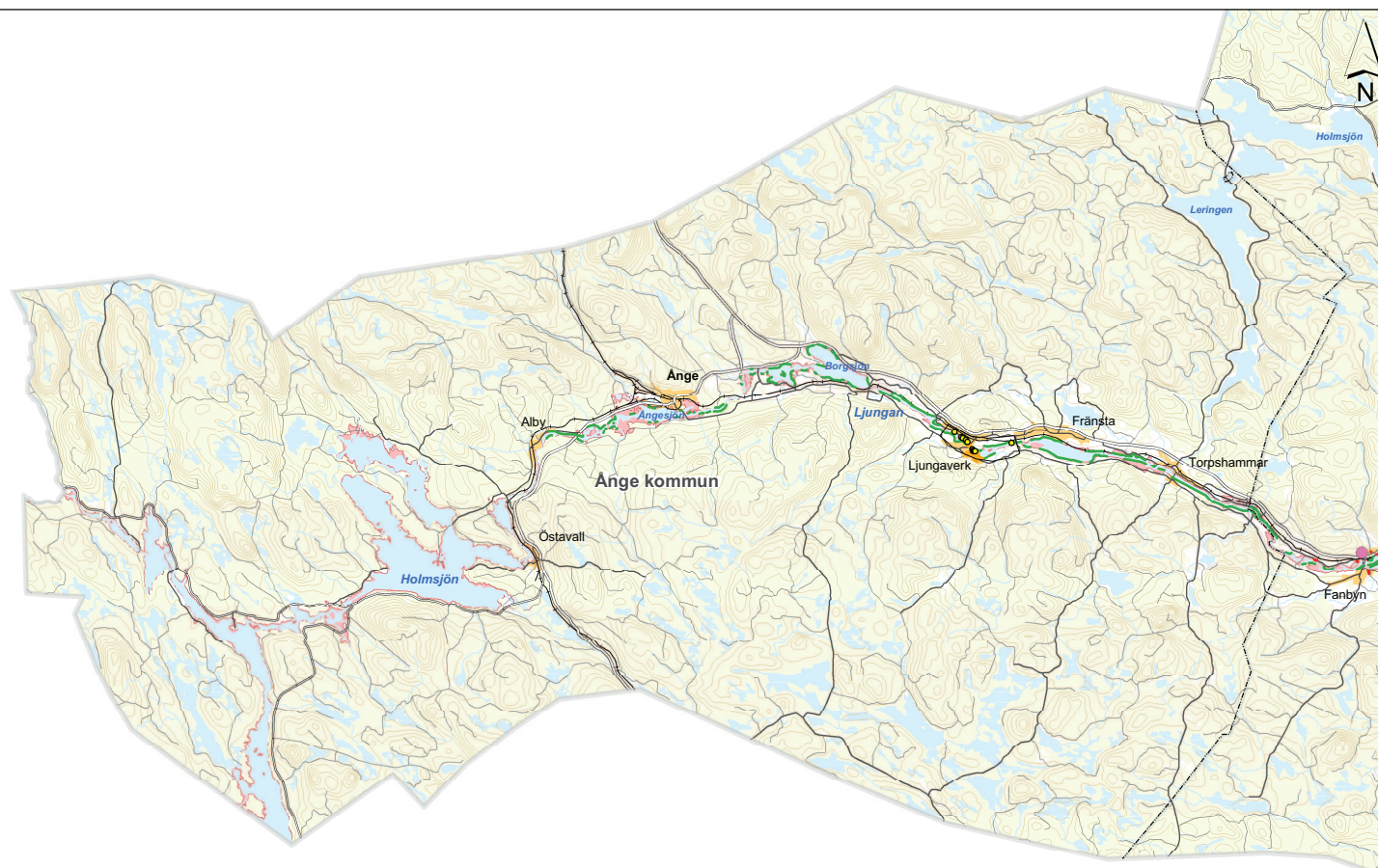
© Lantmäteriet, Ulf GSD-guldkartan
MSB:s översiktliga stabilitets- och övervåmningskartor



- Teckenförklaring**
- Översiktlig översvämningsutredning - beräknat högsta flöde, MSB
 - Översiktlig översvämningsutredning - beräknat 100-årsflöde (endast vid Selångersån, Sundsvalls kommun), MSB
 - Förutsättningar för erosion, SGI
 - Utredningsområde - ras och skred etapp (1a), MSB
 - Utredningsområde - ras och skred etapp (1b), MSB
 - Skred/Ras enligt SGI:s skredstatus och översiktlig kartering av ras och skred i Västerorrlands län, SGI
 - Gräns för område med flygbildstakade skred, SGI
 - Risk för slamströmmar/jordrörelser, MSB-SGI

Statens geotekniska institut		
581 02160000 Svalöv 03:20 18 00		
DARRERNA: 2-1002-0144 DATUM: 2010-10-21	BEFÄLLNING: Johan Axelsson ANSÖKANSGÄRNE: Jan Faltevik ANSÖKANSGÄRNE: Ann-Christine Hägerud BEFÄLLNING: Ingrid Södergren BEFÄLLNING: Stefan Falmeo	Västernorrlands län Regional klimat- och sårbarhetsanalys Sundsvalls kommun, Timrå kommun, Härnösands kommun, Kramfors kommun
UPPDRAGSANSVARS: Jan Faltevik	SKALA: 1:250 000	REFERENSSYSTEM: SWEREF 99 TM KORT: 3

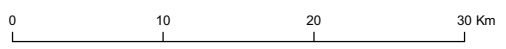
© Lantmäteriet, U: GSD-produkter
MSB:s översiktliga stabilitets- och översvämningskarteringar



Teckenförklaring

- Översiktlig översvämningsutredning - beräknat högsta flöde, MSB
- Förutsättningar för erosion, SGI
- Utredningsområde - ras och skred etapp (1a), MSB
- Utredningsområde - ras och skred etapp (1b), MSB
- Skred/Ras enligt SGI:s skredatabas och översiktlig kartering av ras och skred i Västernorrlands län, SGI
- Gräns för område med flygbildstolkade skred, SGI
- Risk för slamströmmar/jordrörelser, MSB-SGI

© Lantmäteriet, Ur GSD-produkter
MSB:s översiktliga stabilitets- och översvämningskarteringar



Statens geotekniska institut		
581 93 LINKÖPING Telefon: 013-20 18 00		
DIARIENUMMER	RTAD AV	Västernorrlands län Regional klimat- och sårbarhetsanalys Ånge kommun
2-1002-0144	Johan Axelsson	
DATUM	HANDELAGGARE	KARTA
2010-10-21	Jan Fallsvik Ann-Christine Hägerud Ingrid Södergren Stefan Falemo	
UPPDRAGSANSVARIG	SKALA	REFERENSSYSTEM
Jan Fallsvik	1:250 000	SWEREF 99 TM
		4



Teckenförklaring

- Översiktlig översvämningsutredning - beräknat högsta flöde, MSB
- Förutsättningar för erosion, SGI
- Utredningsområde - ras och skred etapp (1a), MSB
- Utredningsområde - ras och skred etapp (1b), MSB
- Skred/Ras enligt SGI:s skreddatabas och översiktlig kartering av ras och skred i Västernorrlands län, SGI
- Gräns för område med flygbildstolkade skred, SGI
- Risk för slamströmmarjordrörelser, MSB-SGI
- Miljöfarlig verksamhet
- Seveso
- Föreordnade områden (MIFO)
- Damm konsekvensklass 1
- Damm
- Flygplats med fast förbindelse
- Flygfält utan fast förbindelse

Statens geotekniska institut			
SGI ÖLJNÖRNING Svalöv 013-20 18 00			
DARRINGEN: 2-1602-2144 DATUM: 2010-10-21	BEFÄLLNING: Johan Axelsson PROJEKTLEDARE: Jan Faltevik ANSVARIG: Ann-Christine Hägerud INOMRÅDE: Ingrid Södergren STÄLLNING: Stefan Falero	Västernorrlands län Regional klimat- och sårbarhetsanalys Sollefteå kommun	
UPPDRAGSANSVARIG: Jan Faltevik	SKALA: 1:250 000	REFERENSSYSTEM: SWEREF 99 TM	KORT: 5



- Teckenförklaring**
- Översiktlig översvämningsutredning - beräknat högsta flöde, MSB
 - Företsättningar för erosion, SGI
 - Utredningsområde - ras och skred etapp (1a), MSB
 - Utredningsområde - ras och skred etapp (1b), MSB
 - Skred/Ras enligt SGI:s skredatabas och översiktlig kartering av ras och skred i Västernorrlands län, SGI
 - Gräns för område med flygbildskade skred, SGI
 - Risk för slamströmmar/jordrörelser, MSB-SGI
 - Miljöfarlig verksamhet
 - Seveso
 - Förorenade områden (MIFO)
 - Damm konsekvensklass 1
 - Damm
 - Flygplats med fast förbindelse
 - Flygfält utan fast förbindelse

Statens geotekniska institut			
SGI SÖLINGSKÖPINGS SÄKERHET 033-20 18 00			
DIREKTÖR/ANSVÄRIG	REDAKTÖR	Västernorrlands län Regional klimat- och sårbarhetsanalys Örnsköldsviks kommun	
24-1002-2144	John Axelsson		
DATUM	ANSVARIGARE		
2010-10-21	Jan Faltevik Ann-Christine Hägerud Ingrid Södergren Stefan Falero	UPPGIFTSANSVÄRIG	SKALA
Jan Faltevik	1:250 000	REFERENSSYSTEM	SWEREF 99 TM
		SIDAN	6

© Lantmäteriet, Ulf GSD-guldkoran
MSB:s översiktliga stabflöde- och översvämningskartor

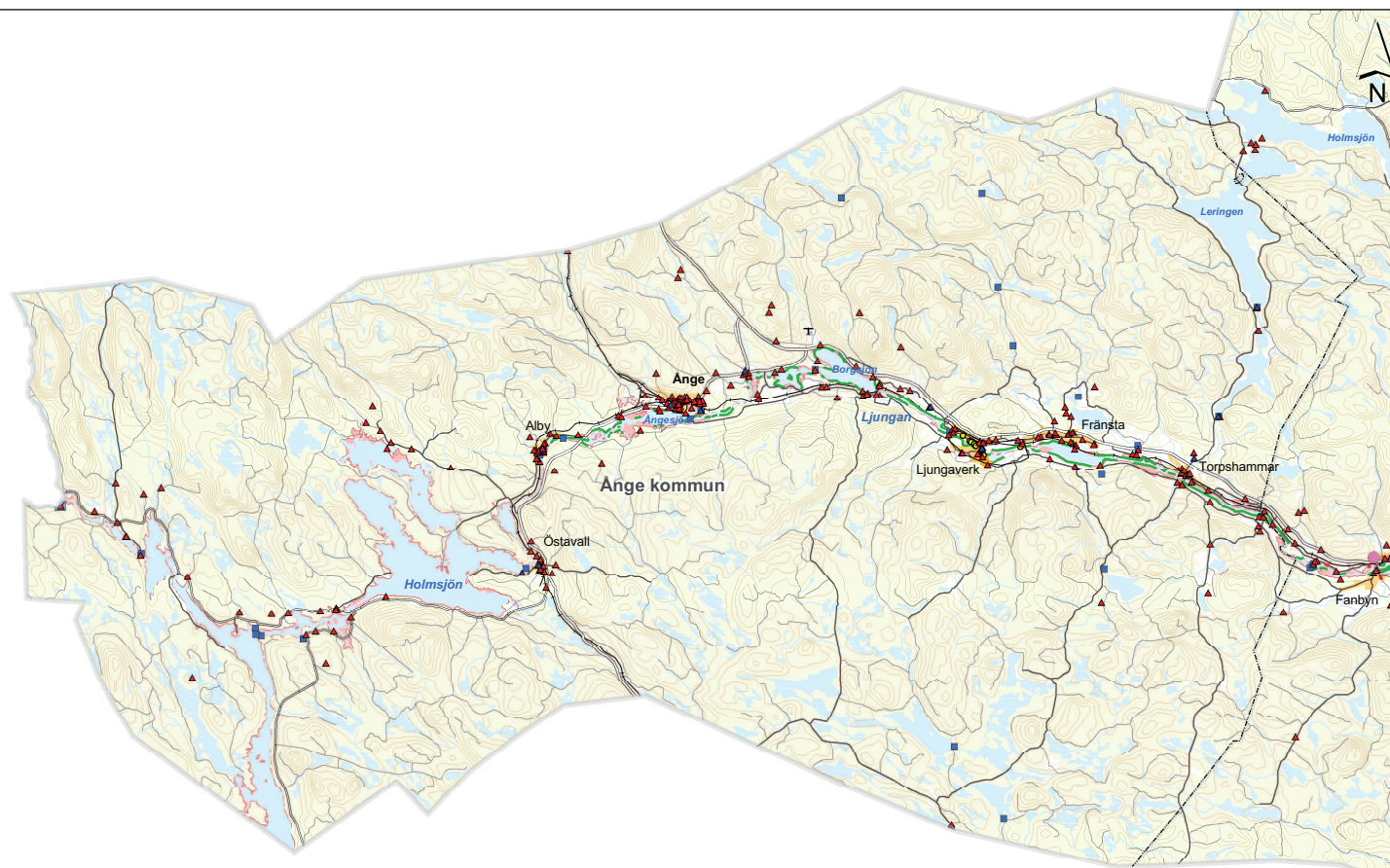


Teckenförklaring

- Översiktlig översvämningsutredning - beräknat högsta flöde, MSB
- Översiktlig översvämningsutredning - beräknat 100-årsflöde (endast vid Selångersån, Sundsvalls kommun), MSB
- Förutsättningar för erosion, SGI
- Utredningsområde - ras och skred etapp (1a), MSB
- Utredningsområde - ras och skred etapp (1b), MSB
- Skred/Ras enligt SGI:s skreddatabas och översiktlig kartering av ras och skred i Västermortlands län, SGI
- Gräns för område med flygbildstolkade skred, SGI
- Risk för slamströmmar/jordtörelser, MSB-SGI
- Miljöfarlig verksamhet
- Seveso
- Föreandområden (MIFO)
- Dammskonsekvensklass 1
- Dammskonsekvensklass 1
- Flygplats med fast förbindelse
- Flygfält utan fast förbindelse



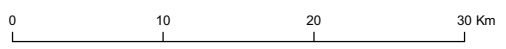
Statens geotekniska institut			
581 011600000 Svalöv 013-20 18 00			
DOKUMENTNR: 2-1002-0144	FÖRFATTARE: John Axelsson	Västernorrlands län Regional klimat- och sårbarhetsanalys Sundsvalls kommun, Timrå kommun, Härnösands kommun, Kramfors kommun	
DATUM: 2010-10-21	INOMRÅDESGRÄNS: Jan Faltevik Ann-Christine Hägerud Ingrid Sködegren Stefan Falero		
UPPDRAGSANSVARS: Jan Faltevik	SKALA: 1:250 000		REFERENSSYSTEM: SWEREF 99 TM
KORT: 7			



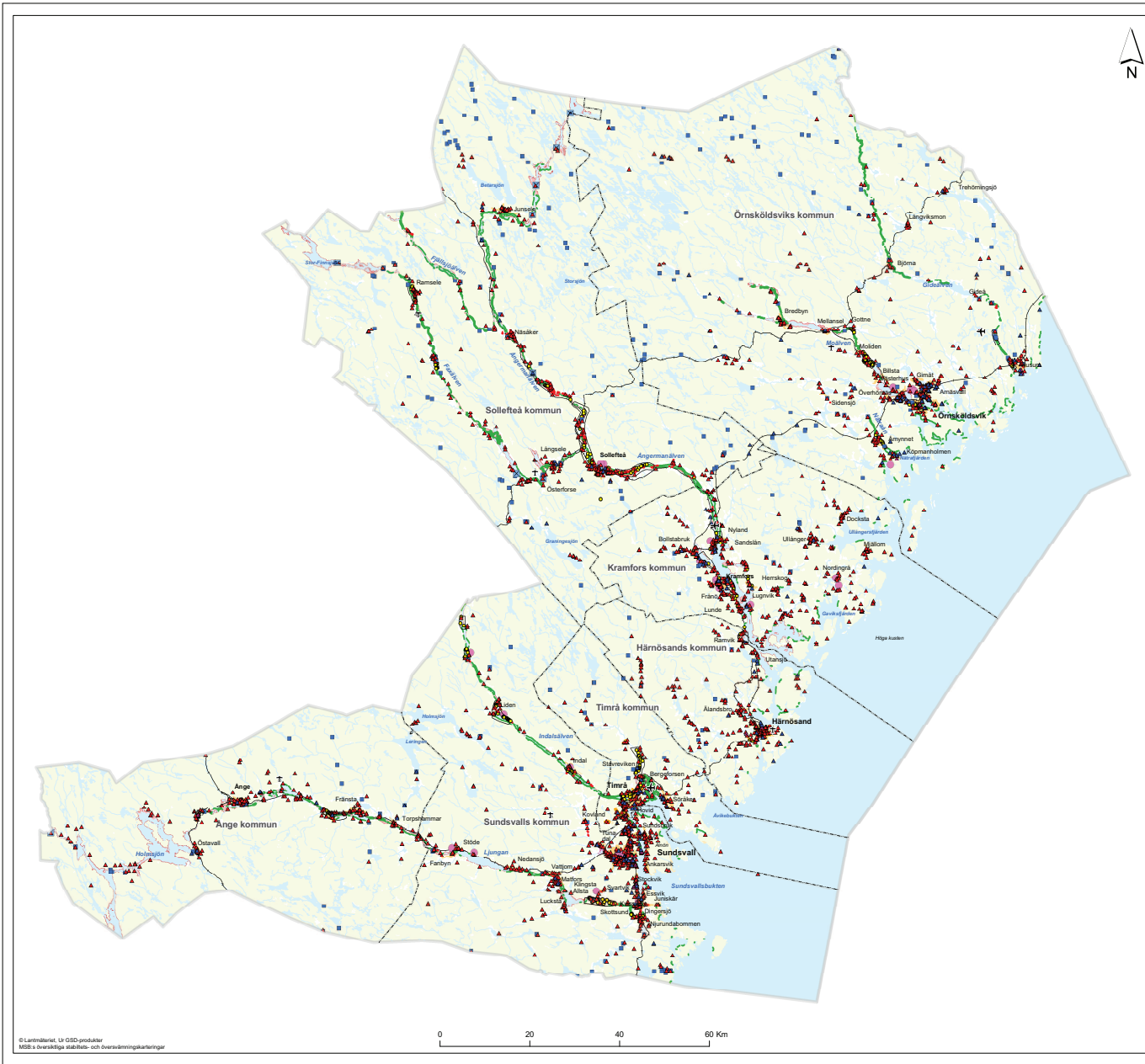
Teckenförklaring

- Översiktlig översvämningsutredning - beräknat högsta flöde, MSB
- Förutsättningar för erosion, SGI
- Utredningsområde - ras och skred etapp (1a), MSB
- Utredningsområde - ras och skred etapp (1b), MSB
- Skred/Ras enligt SGI:s skred-databas och översiktlig kartering av ras och skred i Västernorrlands län, SGI
- Gräns för område med flygbildstolkade skred, SGI
- Risk för slamströmmar/jordrörelser, MSB-SGI
- Miljöfarlig verksamhet
- Seveso
- Förorenade områden (MIFO)
- Damm konsekvensklass 1
- Damm
- Flygplats med fast förbindelse
- Flygfält utan fast förbindelse

© Lantmäteriet. Ur GSD-produkter
MSB:s översiktliga stabilitets- och översvämningskarteringar



Statens geotekniska institut		
581 93 LINKÖPING Telefon: 013-20 18 00		
DIARIENUMMER 2-1002-0144	RTDAD AV Johan Axelsson	Västernorrlands län Regional klimat- och sårbarhetsanalys Ånge kommun
DATUM 2010-10-21	HANDELAGGARE Jan Fallsvik Ann-Christine Hägeryd Ingrid Södergren Stefan Falemo	
UPPDRAGSANSVARIG Jan Fallsvik	SKALA 1:250 000	REFERENSSYSTEM SWEREF 99 TM
		KARTA 8



- Teckenförklaring**
- Översiktlig översvämningsutredning - beräknat högsta flöde, MSB
 - Översiktlig översvämningsutredning - beräknat 100-årsflöde (endast vid Selångersån, Sundsvalls kommun), MSB
 - Föresattningar för erosion, SGI
 - Utredningsområde - ras och skred etapp (1a), MSB
 - Utredningsområde - ras och skred etapp (1b), MSB
 - Skred/Ras enligt SGI:s skreddatabas och översiktlig kartering av ras och skred i Västernorrlands län, SGI
 - Gräns för område med flygbildsbalkade skred, SGI
 - Risk för slamströmmar/jordöverskott, MSB-SGI
 - Miljöfarlig verksamhet
 - Seveso
 - Föreningens områden (MIFO)
 - Damm konsekvensklass 1
 - Damm
 - Flygplats med fast förbindelse
 - Flygfält utan fast förbindelse

Statens geotekniska institut		
581 02 LÄNSÖRNING 16480v-013-2018 00		
ÖVERSIKTSKARTEN 2-1602-0144	BEFÄLLNING John Axelsson	Västernorrlands län Regional klimat- och sårbarhetsanalys Översiktskarta
DATUM 2010-10-21	PROJEKTFÖRÄNDRINGAR Jan Faltevik Ann-Christine Hägerud Ingrid Södergren Stefan Falero	
ÖPPNINGSGRANSVÄRDE Jan Faltevik	SKALA 1:500 000	REFERENSSYSTEM SWEREF 99 TM
		KORT 9