



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Västra Götaland i ett förändrat klimat



Rapportnr: 2012:42

ISSN: 1403-168X

Författare: Charlotta Källfeldt, Caroline Valen, Jan Magnusson, Susanna Hogdin, Anita Bergstedt Söderström, Maria Möller, Fredrik Fredriksson och Sten Wolme.

Foto omslag: Martin Fransson

Tryck: Trosa tryckeri 2012

Utgivare: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Enheten för skydd och säkerhet

Rapporten finns som pdf på [www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/under Publikationer/Rapporter](http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/under/Publikationer/Rapporter).

Förord

Ett förändrat klimat är den största utmaning som samhället känner långsiktigt. För Västra Götalands län blir konsekvenserna mer nederbörd, högre medeltemperatur och stigande havsnivåer. Men ett förändrat klimat kan också ge nya möjligheter. Samtidigt som risken för översvämningar och skred ökar förbättras exempelvis förutsättningarna för länets skogs- och jordbruk.

Klimatförändringarna påverkar hela samhället. Vissa effekter är tydliga redan i dag medan andra kommer smygande, och det är viktigt att vi redan nu tar oss an utmaningen att anpassa och förbereda samhället för kommande klimatförändringar. Denna rapport beskriver länets framtida klimat och vilka konsekvenser det kan medföra.

Länsstyrelsen ansvarar för att samordna det regionala arbetet med klimatanpassning, vilket innebär att vi stöttar länets kommuner och andra aktörer med rekommendationer, riktlinjer och underlag i deras arbete. Klimatanpassning är ett viktigt uppdrag för länsstyrelsen i arbetet för det hållbara samhället. Arbetet med klimatanpassning måste vi göra tillsammans och det kräver att vi arbetar över gränserna – såväl när det gäller sektorer som geografi.

Ett förändrat klimat innebär att våra barn och barnbarn kommer att leva i ett annat klimat än det vi själva växt upp i, men tillsammans kan vi ta tillvara de positiva och mildra de negativa konsekvenserna av klimatförändringarna.

Lars Bäckström, Landshövding



Innehåll

Sammanfattning	6
Inledning	9
Länets nuvarande klimat	11
Temperatur	11
Nederbörd	12
Vattendrag och vattenföring	14
Havsvattenstånd	16
Vind	17
Åska och blixtar	17
Länets framtida klimat	19
SMHI:s klimatanalys	19
Temperatur	21
Nederbörd	23
Vattenföring	24
Vänern	26
Havsvattenstånd	27
Vind	28
Skred, översvämningar och andra väderrelaterade händelser	31
Översvämningar.....	31
Jordskred.....	33
Ras.....	35
Erosion.....	36
Exempel på händelser som inträffat i länet.....	37
Bebyggd miljö	41
Klimatförändringarnas konsekvenser	42
Behov av anpassning	45
Infrastruktur	49
Klimatförändringarnas konsekvenser	50
Behov av anpassning	52
Tekniska försörjningssystem	55
Energiproduktion, distribution och förbrukning	55
Dricksvattenförsörjning	56
Konsekvenser för länets tekniska försörjningssystem	56
Behov av anpassning	58
Areella näringar	61
Jordbruk.....	61
Skogsbruk.....	62

Fiske	63
Klimatförändringarnas konsekvenser	64
Behov av anpassning	66
Naturmiljö.....	69
Barrskog	69
Artrika lövskogar	69
Mossar och rikkärr	70
Odlingslandskapet	71
Klimatförändringarnas konsekvenser	72
Behov av anpassning	74
Kulturmiljö.....	76
Klimatförändringarnas konsekvenser	78
Behov av anpassning	80
Människors hälsa och säkerhet.....	83
Samhällets funktionalitet	83
Befolkningens liv och hälsa.....	83
Olyckor som drabbar enskilda och som leder till insats från samhället	84
Klimatförändringarnas konsekvenser	84
Behov av anpassning	89
Slutsatser	91
Bilaga 1. Medverkande	93

Sammanfattning

Länsstyrelsen i Västra Götalands län har gett SMHI i uppdrag att genomföra en analys och sammanställning av länets nuvarande och framtida klimat fram till 2100. Resultatet visar att årsmedeltemperaturen ligger i medeltal 4-6 °C högre mot slutet av seklet jämfört med dagens klimat. Temperaturökningen är störst under vinterperioden men framträder under alla årstider. Det regionala temperaturmönstret som framträder över länet i dagens klimat, med varmare förhållanden vid kusten och svalare på de mer höglänta områdena, kvarstår.

Årsmedelnederbörden ökar med 10-30 procent till slutet av seklet. Den största ökningen av nederbörden sker under vinterhalvåret. Det regionala nederbördsmonstret över länet kvarstår. Även de kraftiga regnen förväntas öka i framtiden.

Snötillgången minskar avsevärt efterhand som klimatet blir varmare. Perioden med snötäckt mark minskar redan i mitten av seklet med cirka en månad.

Vattenföringens variation under året förändras mot högre flöden under höst-vinter och lägre vårflod. Lågvattenperioden blir längre och med lägre flöden. Grundvattenförhållanden påverkas på motsvarande sätt. De höga flödena, de med en beräknad återkomsttid på 100 år, väntas öka för vissa geografiska områden och minska för andra.

Med antagande av en global havsnivåhöjning på en meter, höjs medelvattenytan med 65-80 cm längs länets kuststräcka.

SMHI:s beräkningar ger inget entydigt vetenskapligt underlag som visar på ändrade risker för kraftiga stormar i framtiden.

Länsstyrelsen har tillsammans med berörda aktörer i länet analyserat klimatförändringarnas konsekvenser för samhället. Analysen visar att klimatförändringarna påverkar hela samhället och de negativa konsekvenserna för liv, egendom och miljö kan komma att bli betydande. Den ökade nederbörden och de översvämningar, ras och skred som följer av klimatförändringarna ger de tydligaste konsekvenserna där kostnaderna för samhället pga. skadade vägar, järnvägar, bebyggelse och översvämmad jordbruksmark kan bli betydande.

I samband med översvämningar, ras och skred ökar dessutom påfrestningarna på samhället och det finns risk för att viktiga samhällsfunktioner som el- och dricksvattenförsörjning samt transporter slås ut. Översvämningar, ras och skred innebär också omedelbara hot mot människors hälsa i form av bland annat personskador.

De negativa konsekvenserna kan också komma smygande bland annat genom en långsam söndervittring av kulturminnen, nya infektionssjukdomar och försämrade förutsättningar för länets mest skyddsvärda naturmiljöer. Klimatförändringarna får dock även positiva konsekvenser. Störst är effekten inom de areella näringarna, där den ökade temperaturen ger möjlighet till ökad produktion och nya grödor.

Det är viktigt att redan nu anta utmaningen och påbörja klimatanpassningsarbetet – oavsett om man är ute efter att motverka negativa konsekvenser eller vill ta till vara de positiva effekterna. Det är viktigt att snabbt vidta åtgärder för att minska omedelbara risker för människors hälsa och miljö. Det är också angeläget att vidta förebyggande åtgärder inom områden med lång livslängd, t.ex. bebyggelse och infra-

struktur, tekniska försörjningssystem samt skogsbruket där man planerar på närmare 100 års sikt. Det är också angeläget att vidta åtgärder inom natur- och kulturmiljön – områden där klimatförändringarna kan få oåterkalleliga skador.

Klimatanpassningsarbetet kräver också att man arbetar över sektorsgränser och geografiska gränser, eftersom de åtgärder som vidtas inom ett område kan vara både positiva och negativa för andra områden.



Inledning

Temperaturen på jorden stiger. Det pågår en global uppvärmning som med stor sannolikhet beror på människans utsläpp av växthusgaser och som kommer att medföra globala klimatförändringar. För Västra Götalands del innebär detta stigande medeltemperaturer, höjd havsnivå och ökade regnmängder.

Klimatförändringarna påverkar stora delar av samhället både negativt och positivt och de känner inga geografiska gränser. En stor utmaning i klimatanpassningsarbetet är därför att tänka över kommun- och länsgränserna. En annan utmaning är att ta hänsyn till olika intressen och att nyttja samhällets samlade kompetens. Klimatanpassning innebär både åtgärder för att anpassa samhället till de klimatförändringar som märks av i dag och de som inte kan förhindras i framtiden.

Länsstyrelsen ansvarar för att samordna det regionala klimatanpassningsarbetet – ett uppdrag som landets länsstyrelser fick i samband med att riksdagen antog propositionen *En sammanhållen klimat- och energipolitik – klimat* (prop. 2008/09:162). Tyngdpunkten i arbetet handlar om att öka kunskapen om klimatförändringar och dess konsekvenser samt att genom dialog stimulera till åtgärder för att förebygga framtida problem. Klimatanpassningsuppdraget är en del av Länsstyrelsens arbete för ett ekonomiskt, ekologiskt och socialt hållbart samhälle.¹

Syftet med denna rapport är att skapa ett kunskapsunderlag om länets framtida klimat och vilka övergripande negativa och positiva konsekvenser det kan medföra för olika samhällssektorer. Rapporten vänder sig i första hand till i dig som i din yrkesroll deltar i arbetet med att anpassa samhället till det förändrade klimatet och som vill veta mer om hur olika sektorer påverkas, och förhoppningen är att rapporten ska utgöra en utgångspunkt för kommuner, myndigheter, företag och intresseorganisationer i det viktiga arbetet med klimatanpassning.

Den första delen av rapporten beskriver länets nuvarande och framtida klimat. Denna del är en sammanfattning av den klimatanalys för Västra Götalands län som SMHI tagit fram på Länsstyrelsens uppdrag.² Klimatanalysen bygger på den senaste forskningen men i takt med att kunskapen om klimatförändringarna ökar och beräkningsmetoderna utvecklas kan resultatet komma att förändras och förfinas. Det är därför viktigt att inte förlita sig på exakta siffror utan i stället se till olika trender i resultaten.

Den andra delen av rapporten beskriver hur länet kan komma att påverkas av det framtida klimatet. Beskrivningen bygger på resultatet från ett antal arbetsseminarier där Länsstyrelsen tillsammans med berörda aktörer har analyserat klimatförändringarnas negativa och positiva konsekvenser för de areella näringarna, bebyggd miljö, natur- och kulturmiljö, kommunikationer samt människors hälsa och säkerhet. Som bilaga finns en lista över de personer som deltagit i analysarbetet.

¹ Läs mer om Länsstyrelsens arbete på webbplatsen www.lansstyrelsen.se/vastragotaland.

² SMHI (2011). *Klimatanalys för Västra Götalands län*, rapport nr 2011-45.



Länets nuvarande klimat

Om inget annat anges gäller siffror för temperatur, regnmängd m.m. medelvärdet för observerade värden mellan 1961 och 1990. Alla kartor och värden är hämtade från rapporten *Klimatanalys för Västra Götalands län*² om inget annat anges. I den rapporten finns mer information om länets klimat.

Begreppet *återkomsttid* är centralt vid diskussioner om höga flöden, temperaturer, extrema regnmängder m.m. men termen skapar ibland missförstånd. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid; exempelvis är sannolikheten för ett hundraårsflöde 1 på 100 för varje enskilt år.

För ett objekt som har en beräknad livslängd på 100 år och är dimensionerat att klara en hundraårsnivå är den ackumulerade sannolikheten 63 procent för en översvämning med nivåer över årsnivån under denna period. Detta är skälet till att man för riskobjekt som exempelvis större dammar ofta sätter gränsen vid, eller till och med bortom, flöden med en återkomsttid på cirka 10 000 år. Sannolikheten under 100 års exponering uppgår då till ca 1 procent.

Tabellen nedan visar sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet under 100 år.

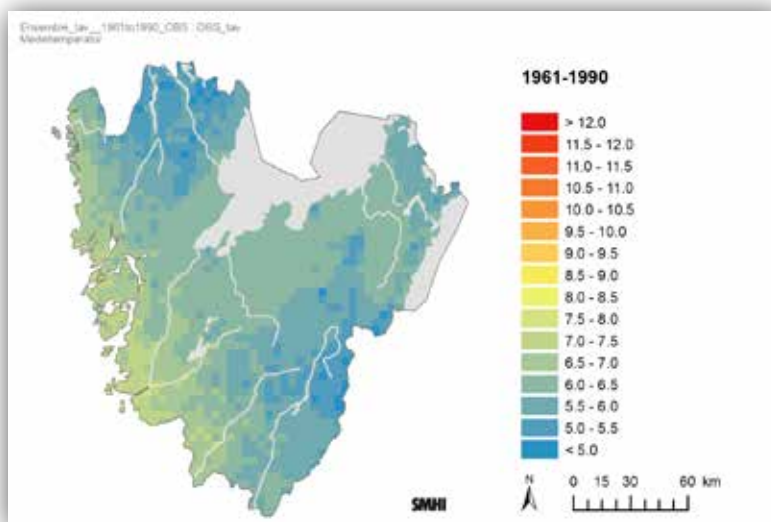
Tabell 1: Sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet i procent. Värden lägre än 1 procent redovisas inte.

Återkomsttid (år)	Sannolikhet under 1 år	Sannolikhet under 5 år	Sannolikhet under 10 år	Sannolikhet under 20 år	Sannolikhet under 50 år	Sannolikhet under 100 år
2	50	97	100	100	100	100
5	20	67	89	99	100	100
10	10	41	65	88	99	100
25	4	18	34	56	87	98
50	2	10	18	33	64	87
100	1	5	10	18	39	63
1000			1	2	5	10
10 000						1

Temperatur

Medeltemperaturen i länet varierar med avståndet till kusten eftersom länets topografi påverkar temperaturen så att denna sjunker med ökad höjd över havet. Detta är särskilt tydligt sommartid. En annan faktor som påverkar temperaturen i länet är havet samt Vätern och Vätterns utjämnande effekt på klimatet. Under sommaren är temperaturskillnaderna relativt små men vintertid märks havets utjämnande inflytande mer.

Vid kusten är vegetationsperioden (antal dagar med en medeltemperatur över +5°C) ca 210 dagar. Den minskar därefter inåt landet till ca 190 dagar vid Vätern.

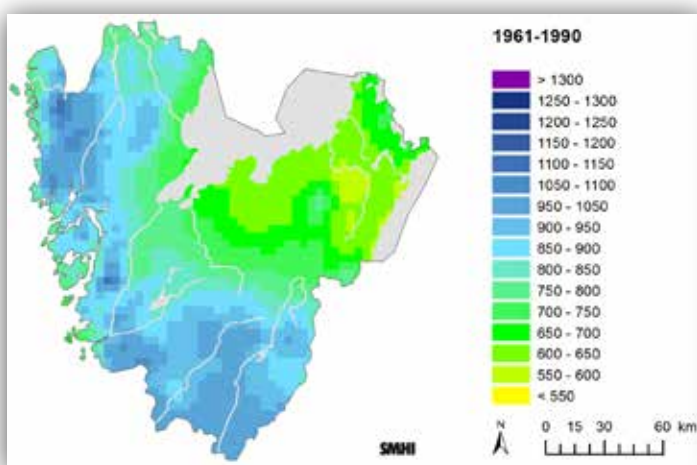


Figur 1: Observerad årsmedeltemperatur för referensperioden 1961–1990.

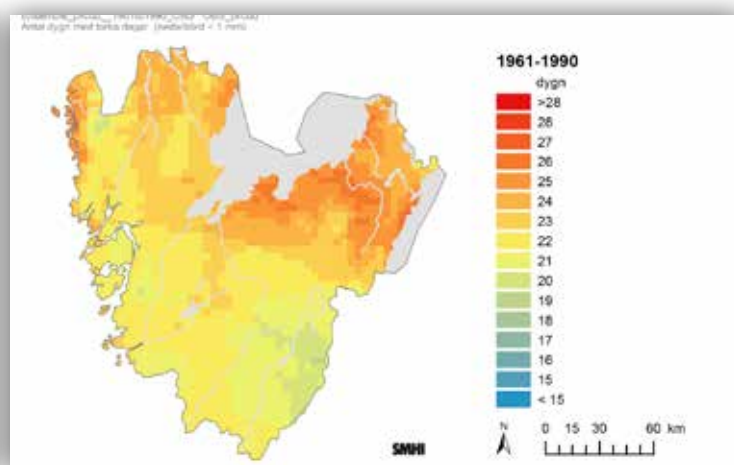
Nederbörd

Västra Götalands län är nederbördsrikt. Mest nederbörd faller i områdena kring Borås och Landvetter medan områdena längs kusten och i de nordöstra delarna får minst nederbörd. Årsmedelnederbörden i Västra Götalands län för referensperioden 1961–1990 var 794 mm. För perioden 1991–2008 var årsmedelnederbörden för länet 894 mm, dvs. 100 mm mer per år i genomsnitt, vilket motsvarar en ökning med ca 13 procent. De områden i länet som har flest sammanhängande dygn utan nederbörd är inte oväntat områdena runt de stora sjöarna. Mest nederbörd faller under hösten medan våren är den torraste perioden.

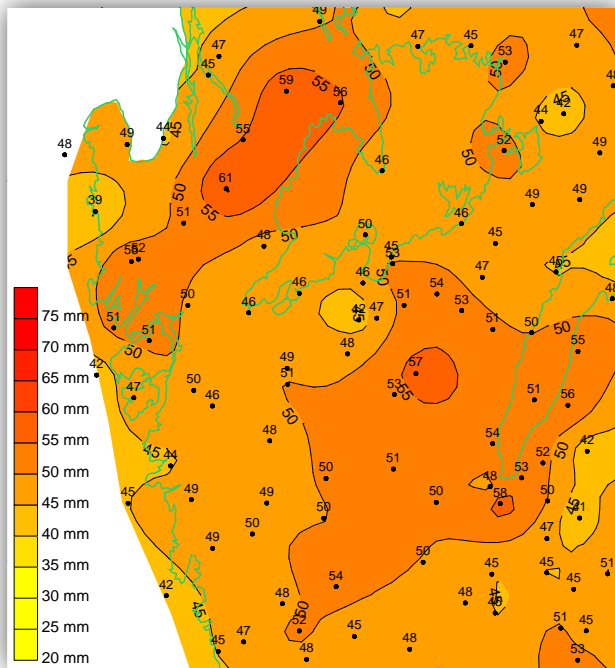
Kraftiga skurar är vanliga i länet men förekomsten av skurar skiljer sig från medelnederbörden. Figur 3 nedan visar regnmängderna under ett dygn med en återkomsttid på 10 år. På de nederbördsrikaste platserna uppgår mängderna till över 60 mm men även tämligen omfattande områden når mängder över 50 mm. Figuren baseras på avläsningar vid fasta tidpunkter under dygnet, vilket kan medföra att de verkliga mängderna underskattas.



Figur 2: Årsmedelnederbörd 1961–1990.



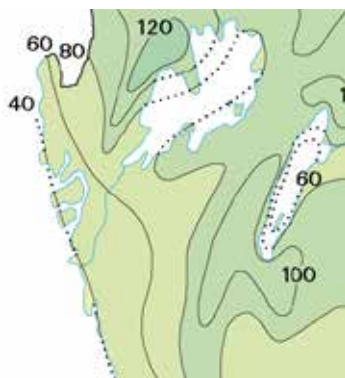
Figur 3: Antal dygn i sträck utan nederbörd 1961–1990



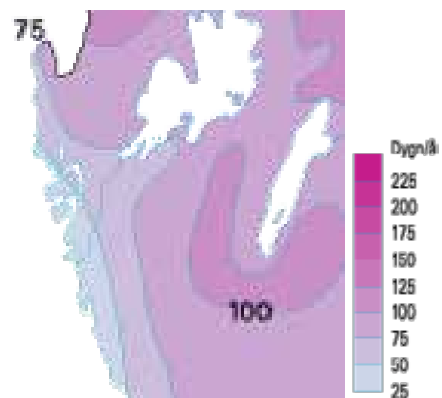
Figur 4: Beräknade nederbördsmängder under ett dygn med återkomsttid 10 år. Mätningarna har utförts under 25–50 år för de stationer som ingår i studien.

Mängden snö och antal dagar med snötäckt mark varierar kraftigt från år till år. Generellt kan man dock säga att förekomsten av snö ökar inåt landet. Under perioden 1900–1997 vaknade göteborgarna till en vit juldagsmorgon 62 gånger men endast 6 juldagsmorgnar hade ett snötäcke på över 9 cm.

Medelantal observerade snödagar i Västra Götalands län var 25–100 dagar under referensperioden 1961–1990. Snöns andel av årsnederbörden varierade från ca 10 procent vid kusten till uppemot 25 procent i Dalsland.



Figur 5: Observerat största snödjup (cm) 1961–1990.



Figur 6: Antal dygn med snötäcke 1961–1990.

Vattendrag och vattenföring

Västra Götalands län är rikt på vatten. Av länets yta täcks 17 procent av vatten om man räknar in de delar av Vänern och Vättern som ligger inom länets gränser. I länet finns drygt 4 000 små sjöar (<1 km²) och 187 större sjöar (>1 km²). Längs Västkusten finns få och små sjöar, på höglandets sluttningssområden finns många små sjöar och på slätterna runt Vänern och Vättern finns få men stora sjöar.

Det finns minst 900 mil vattendrag i länet. Vattendragens karaktär speglas främst av det geografiska läget; bäckar i de mellersta och norra skogsområdena är som regel smala och snabbflytande medan det rinner bredare och lugnare åar på slätterna. Bäckarna i Bohuslän har dock en tendens att torka ut under nederbördsfattiga somrar, eftersom det är ont om sjöar som kan lagra nederbörden och jämna ut flödena.

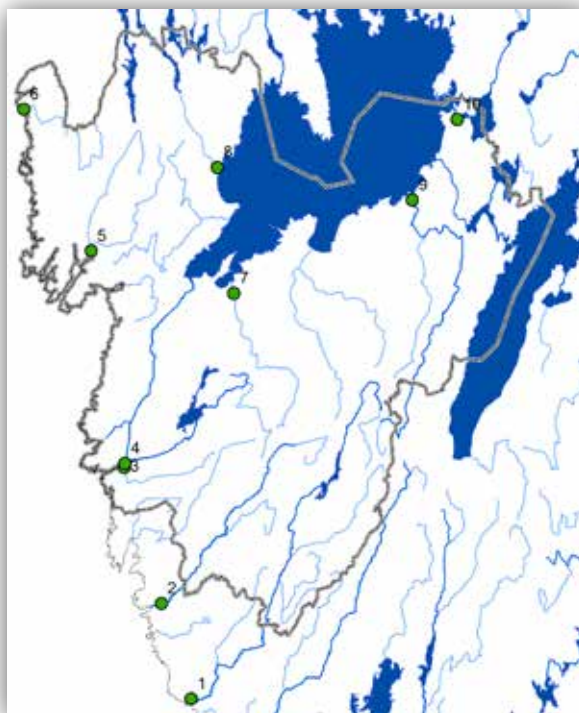
Vänern är Sveriges största insjö och har norra Europas största sötvattenskärgård med sina 22 000 öar och skär. Vänern är därtill landets största vattenmagasin för kraftproduktion. Vänern har bara ett utlopp – Göta älv, som är landets största vattendrag vad gäller medelvattenföring vid mynningen (565 m³/s), avrinningsområdets storlek (50 115 km²) och längd från källan till havet (731 km). Vänerns nivåförändringar har diskuterats under århundraden – särskilt frågan om dess sänkning och reglering. Vänerns vattenstånd påverkas dessutom starkt av vind och lufttryck. Det kan skilja drygt 20 cm mellan västra och östra sidan.

Med vattenföring menas den mängd vatten som rinner fram i ett vattendrag och detta mäts ofta i kubikmeter per sekund (m³/s). Vattenföringen på en plats i ett vattendrag är densamma som den totala tillrinningen från hela det uppströms avrinningsområdet.

Varje vattendrag har sin egen rytm och storleken på flödet varierar under året, främst med klimatet i avrinningsområdet men också till följd av eventuella regleringar. Sjöar har en utjämnande effekt på vattenföringen i ett vattendrag, vilket beror på att en sjös utlopp begränsar utflödet naturligt. Under perioder med hög tillrinning magasineras vatten därmed i en sjö, sjöns nivå stiger och flödet ur sjön blir mindre än det totala tillflödet. Den dämpande effekten styrs framför allt av sjöns areal och utloppets avbördningsförmåga, dvs. utformningen av utloppet och förhållandena nedströms sjön.

Vattendragen har en tydlig årstidsvariation med snösmältningen som en markerad period med vanligtvis höga flöden. För samtliga studerade vattendrag ökar vattenföringen i början och slutet på året medan den minskar under våren och vanligen också under sommaren.

Tabell 2: Årsmedelvattenföring och beräknad hundraårsvattenföring i mynningen för utvalda vattendrag i Västra Götalands län i dagens klimat. Där det finns statistik för rekonstruerad naturlig vattenföring redovisas även denna inom parentes. Beräkningspunkterna 1–10 är markerade på kartan.



	Plats i vattendrag	Medelvattenföring [m ³ /s]	Hundraårsvattenföring [m ³ /s]
1	Ätrons mynning i Kattegatt	51,0	340
2	Viskans mynning i Kattegatt	35,3	295
3	Mölnsälvs mynning i Söveån	4,2 (4,7)	40 (40)
4	Söveåns mynning i Göta älv	25,1 (25,6)	165 (145)
5	Örekilsälvens mynning i Skagerrak	21,6	275
6	Strömsåns mynning i Skagerrak	3,8	56
7	Nossans mynning i Vänern	7,9	120
8	Upperrudsälvens mynning i Vänern	41,7 (40,2)	236 (240)
9	Tidans mynning i Vänern	19,7	220
10	Gullspångsälvens mynning i Vänern	62,0 (62,0)	440 (440)

Havsvattenstånd

SMHI mäter vattenståndet på ett antal platser längs kusten och mätningar från 1886 fram till i dag visar att höjningen varit ca 1,5 mm per år. I Sverige pågår en landhöjning, vilken är störst i norra Sverige och avtar successivt söderut. Nollinjen, dvs. det område där varken höjning eller sänkning sker, passerar genom södra Skåne.

Vattenståndet varierar över tiden och det aktuella vattenståndet på en plats påverkas av framför allt vindar, lufttryck, vattnets densitet, landhöjning och världshavens vattenstånd. I Västra Götaland uppstår höga vattenstånd oftast vid västliga vindar. Vid sydvästlig vind pressas stora vattenmassor in mot norska och svenska kusten. Om vinden sedan vrider till nordväst förflyttas vattenmassorna även söderut, vilket kan leda till högre nivåer ner mot Halland och Skåne. Denna mer extrema nivå varar vanligen i några timmar och hur extrem situationen blir utifrån en given vädersituation beror på utgångsläget; en kraftig storm behöver inte medföra kritiska nivåer om vattenytan inledningsvis ligger lågt. Vinden kan dessutom förflytta vatten från en sida av tex en vik till den motsatta. Denna snedställning av vattenytan kallas för vinduppstuvning och medför att vattenståndet i inre vindutsatta vikar blir ännu högre.

Höga vattenstånd i Göteborg i kombination med lågt vattenflöde i Göta älv medför dessutom risk för saltvatten inträngning vid dricksvattenintaget i Lärjeholm och intaget stängs. Vid höga vattenstånd och högt flöde i älven väljer man därför i stället att om möjligt sänka tappningen för att undvika översvämning i Göteborg.

Tabell 3: Extrema vattenstånd med hundraårsåterkomst vid några orter längs kusten. Vattenstånden anges i höjdsystemet RH2000.

Ort	Vattenstånd i cm med en återkomsttid på 100 år, RH2000
Kungsvik	147
Smögen	145
Stenungssund	170
Göteborg	165
Varberg/Ringhals	152

Västerhavets öppna läge mot Nordsjön och Atlanten gör att havsytan nästan ständigt är i rörelse. Vågorna kan dessutom bli mycket höga eftersom Nordsjön och Skagerrak ger en lång blåssträcka. På våren och sommaren råder relativt lugna förhållanden men vintertid, särskilt i januari, är vågorna ofta höga. Den 14 januari 2007 registrerades en 13 meter hög våg vid Väderöarna, vilket är den högsta våg som registrerats längs den svenska kusten. Det är dock liten risk för att extremt höga enskilda vågor, s.k. monstervågor, ska uppträda i Skagerrak.

Vind

Vindar med en sydlig till västlig komponent dominerar i Västra Götaland men i kustområdet är nordostliga vindar vanligast under vintern.

Vid storm råder det vanligen västliga vindar och vinden för då med sig vatten från Atlanten. En kombinationen av höga vindhastigheter, lågt lufttryck och höga vågor leder till att vattenståndet stiger. Detta sker dock med tidsfördröjning, så det högsta vattenståndet uppträder först några timmar efter stormens maximum.

Åska och blixtar

I Sverige är åska vanligast mellan maj och september, särskilt på eftermiddagar i juli. Åska kan dock förekomma dygnet runt årets alla månader. I södra Sverige åskar det mer än i norra Sverige och Västra Götaland är det mest åskrika området i Sverige.



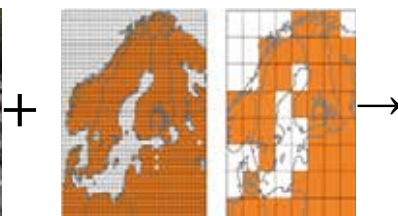
Länets framtida klimat

SMHI:s klimatanalys

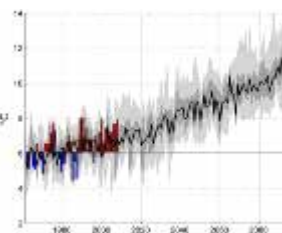
Detta kapitel beskriver länets framtida klimat. Informationen är hämtad från den klimatanalys som SMHI har tagit fram för Länsstyrelsens räkning. Här återkommer begreppet återkomsttid, vilket förklaras i inledningen till föregående kapitel. Om inget annat anges gäller siffrorna för temperatur, nederbörd m.m. medelvärdet av beräknade värden för perioden 2069–2098 och det framtida klimatet jämförs ofta med klimatet under referensperioden 1961–1990. (Läs mer om nuvarande klimat i föregående kapitel.)



Figur 7: Utsläppsscenarioerna är antaganden om utsläpp av växthusgaser.



Figur 8: Klimatmodellerna beskriver jordens klimatsystem på regional och global nivå.
Bild: www.smhi.se



Figur 9: Klimatscenarierna beskriver hur klimatet kan komma att utvecklas.

Utsläppsscenarioer

För att kunna beräkna framtidens klimat behövs antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser och SMHI har i sin klimatanalys för Västra Götalands län använt ett antal utsläppsscenarioer (A1B, B1, A2) som tagits fram av FN:s klimatpanel IPCC. IPCC har i sin tur utgått från olika tänkbara utvecklingsvägar där utsläppen beror på bl.a. jordens folkmängd, ekonomisk tillväxt, handel, teknisk utveckling, energi-användning och ansträngningar för att minska utsläppen.

Klimatmodeller

Forskarna använder ett antal klimatmodeller för att bedöma hur ett utsläppsscenario påverkar framtida klimatförhållanden. Dessa modeller är matematiska och fysikaliska beskrivningar av jordens klimatsystem i form av tredimensionella representationer av atmosfär, landyta, hav, sjöar och is, och för att få ett bra resultat behövs en modell som tar hänsyn till hela atmosfären, dvs. så högt upp i luften att man kommer ovanför moln och vindar. En sådan modell kallas *global klimatmodell*. De globala modellerna ger dock resultat med grov geografisk upplösning, så för mer detaljerade analyser krävs bättre beskrivningar av detaljer som påverkar det regionala klimatet. Därför kopplas de globala beräkningarna till regionala klimatmodeller med bättre upplösning och beskrivning av detaljer som t.ex. Östersjön och den skandinaviska bergskedjan.

Därutöver används även data från meteorologiska observationer för att justera klimatmodellernas resultat och ta bort systematiska fel.

Klimatscenarier

Ett klimatscenario kombinerar ett utsläppsscenario, en global klimatmodell och en regional klimatmodell. Den regionala modellen drivs av data från den globala modellen, vilket gör att valet av global modell får stor betydelse för resultatet. I denna klimatanalys har SMHI utgått från en s.k. ensemble med 16 klimatscenarier som var och en har olika upplösning och tidsperiod. Syftet med detta är att öka kvaliteten i analysen och identifiera generella trender. (I klimatanalysen för Västra Götalands län finns mer information om de scenarier som SMHI använt.)

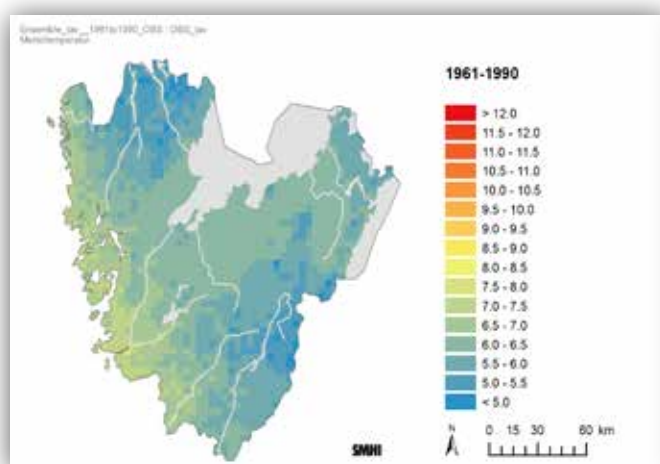
Osäkerhet och variation

Beräkningar av framtida klimat innebär en del osäkerheter. De resultat som presenteras i denna rapport påverkas av:

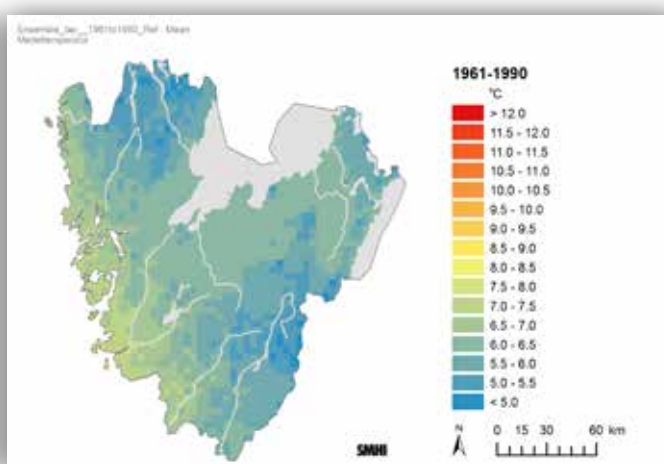
- val av utsläppsscenario
- val av global modell
- val av regional modell
- naturlig variation.

För somliga klimatvariabler kan det finnas en betydande spridning mellan resultaten från olika klimatscenarier, delvis beroende på att olika modeller beskriver processer på olika sätt. Därför är det viktigt att utgå från trender i stället för exakta siffror vid tolkningen av resultat från analyserna.

Observerade och beräknade värden för olika variabler visar en god överensstämmelse för länet, vilket visas i figuren nedan som är en jämförelse mellan beräknat nuvarande klimat och observerat klimat.



Figur 10: Observerad årsmedeltemperatur 1961–1990.

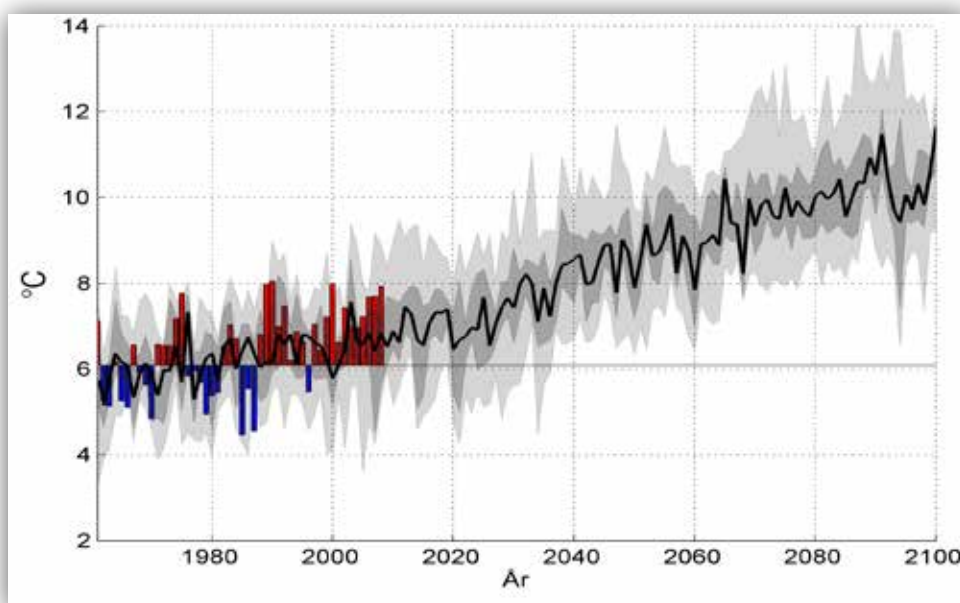


Figur 11: Beräknad årsmedeltemperatur 1961–1990.

Temperatur

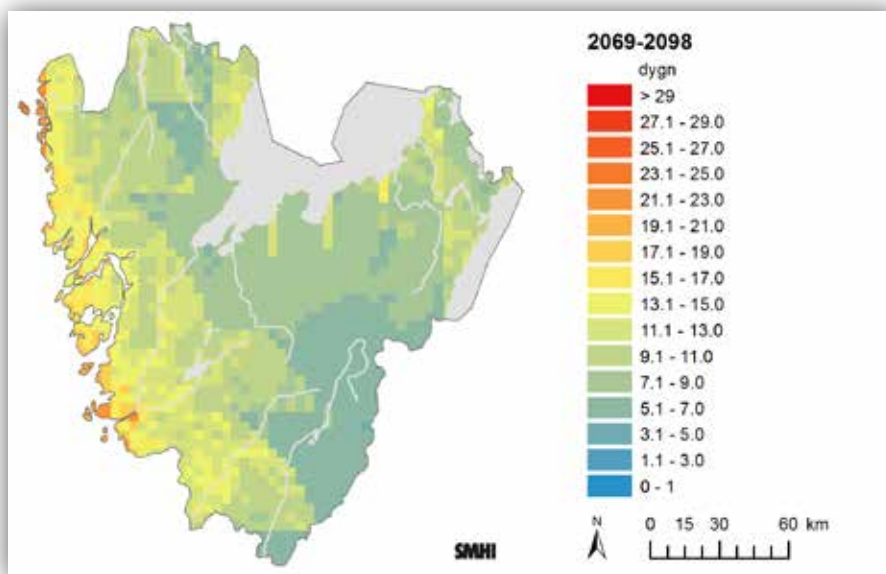
SMHI har analyserat årsmedeltemperatur och medeltemperatur för samtliga fyra årstider och beräkningarna visar en samstämmig successiv ökning av årsmedeltemperaturen. Man kan dock se en stor spridning mellan beräkningarna.

Årsmedeltemperaturen ökar med i medeltal 4–6°C jämfört med dagens klimat och temperaturökningen är störst vintertid då medeltemperaturen kommer att öka till ca 5°C. Det regionala temperaturmönstret med varmare förhållanden längs kusten och svalare förhållanden på mer höglänta områden kvarstår dock.



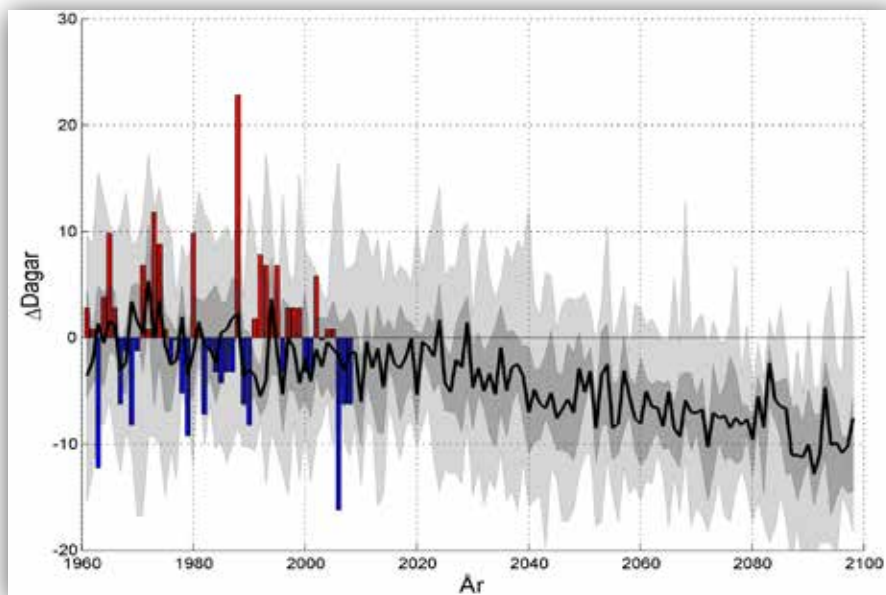
Figur 12: Beräknad utveckling av årsmedeltemperatur. Observerade värden som är större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar. Blå värden representerar värden som är mindre än medelvärdet för referensperioden.

Högsta dygnstemperatur kommer att stiga och antalet värmeböljor kommer att öka, där en värmebölja definieras som dygn då dygnsmedeltemperaturen överstiger 20°C. Vid dagens klimat definieras mycket få dagar som värmebölja men i framtiden kommer det att ske en mycket tydlig ökning av antalet dagar. Under seklets sista 30 år (2069–2098) förväntas värmeböljor under uppemot 23 dagar per år vid kusten, vilket kan jämföras med 1–2 dagar under referensperioden. Även inåt land kommer antalet värmeböljor att öka men ökningen är inte lika stor.



Figur 13: Värmeböljors varaktighet med tröskelvärdet 20 °C. Värdet visar medelvärdet för den längsta perioden varje år mellan 2060 och 2098.

SMHI har även analyserat förändringen i antalet dagar med nollgenomgångar, dvs. antalet dagar då två på varandra följande dagar har temperaturskillnader som genomkorsar 0°C, och i takt med att temperaturen ökar kommer antalet nollgenomgångar att minska. Klimatförändringar under dygnet ingår dock inte i dessa siffror, så det totala antalet nollgenomgångar kan vara betydligt större.

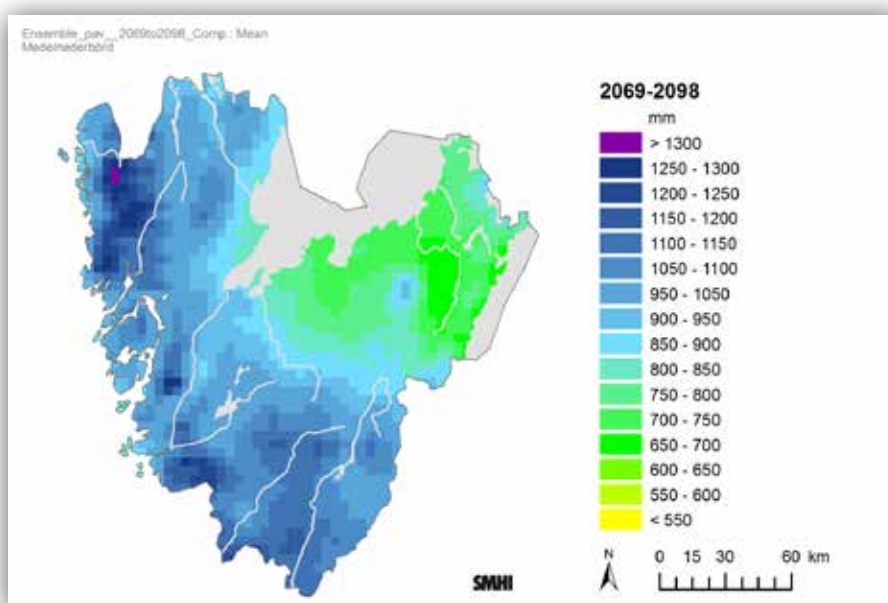


Figur 14: Antal nollgenomgångar (dagar när temperaturen passerar 0°C) relativt referensperioden 1961–1990 för Västra Götalands län. Observationer visas som staplar där värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Den svarta linjen visar medianvärdet av samtliga klimatberäkningar.

Det varmare klimatet medför också att vegetationsperioden förlängs och i slutet av seklet kommer vegetationsperioden att vara runt 330 dagar om året, vilket är tre till fyra månader längre än under referensperioden. Även tjäldjupet påverkas av temperaturen på så sätt att tjäldjupet minskar och säsongen för tjäle bli kortare.

Nederbörd

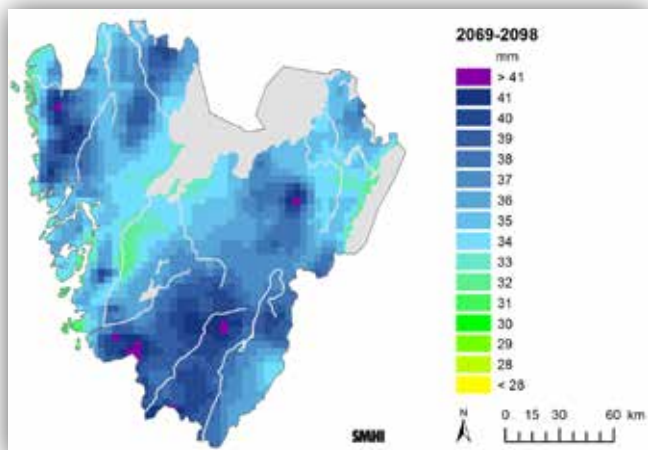
Den ökade nederbörden är ett av de tydligaste resultaten av ett förändrat klimat. I slutet av seklet kommer årsmedelnederbörden att ha ökat med ca 10–30 procent. Ökningen i mm följer det regionala nederbördsmönstret med störst ökning längs kusten. Ökningen är störst vintertid; för våren och hösten märks ökningen först i mitten av seklet. Sommartid kommer nederbörden att vara i stort sett oförändrad.



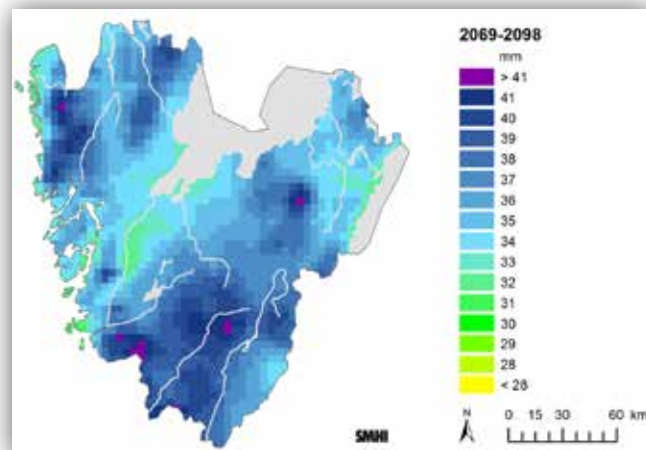
Figur 15: Beräknad årsmedelnederbörd för perioden 2069–2098.

Det är inte bara medelnederbörden som kommer att öka, utan även de kraftiga regnen förväntas följa samma mönster. Det kommer att bli fler dygn med kraftiga regn och nederbörden kommer att öka under de mest nederbördsrika dygna. Ökningen blir störst i de områden som har flest kraftiga regn redan i dagens klimat.

Kartorna nedan visar medelvärdet av årets största endygnsnederbörd 2069-2098 samt antal dygn med en nederbörd över 10 mm. Eftersom kartorna visar medelvärdet inom de olika beräkningsrutorna syns inte kraftiga lokala skurar, 10 mm innebär att ett kraftigt regn fallit över området.



Figur 16: Beräknat medelvärde under 30 år av största endygnsnederbörd (mm).



Figur 17: Beräknat medelvärde under 30 år av största 7 dygnsnederbörd (mm).

I dagens klimat förekommer perioder utan nederbörd och i mitten av seklet kommer de torra perioderna öka något för att sedan minska i slutet av seklet. Förändringarna är dock inte dramatiska utan det handlar om en minskning respektive ökning med ett par dagar.

Till följd av det varmare klimatet kommer allt mindre nederbörd att komma som snö och runt 2050 kommer perioden med snötäckt mark att ha minskat med en månad. I slutet av seklet kommer perioden att ha minskat ytterligare en månad.

Vattenföring

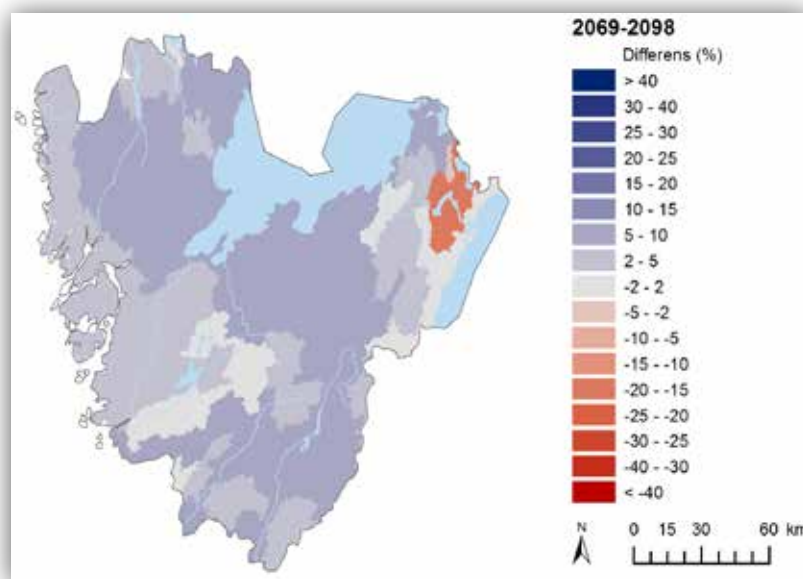
I framtiden kommer säsongsdynamiken för vattenföring att förändras. Vattenföringen kommer att öka i början och slutet av året medan den kommer att minska under våren och vanligtvis också under sommaren. Den flödestopp under våren som är vanlig i dag kommer i många fall att försvinna. Perioden med låg vattenföring blir längre och vattenföringen under denna period blir i medeltal lägre än tidigare. Förändringarna beror på att nederbörden ökar under vintern och att mindre mängd lagras som snö beroende på högre temperatur. Det gör att flödet ökar under vintern samtidigt som snösmältningen på våren minskar och helt uteblir vissa år. Avdunstningen vår, sommar och höst ökar eftersom temperaturen ökar och vegetationsperioden förlängs. Det gör att mindre mängd nederbörd når vattendragen.

Ökningen vintertid är i medeltal 50–60 procent medan minskningen på våren och sommaren är i snitt 30–40 procent. Under hösten syns däremot ingen entydig trend bland de studerade vattendragen.

Tabell 4: Trender i medelvattenföring i tio vattendrag i länet vid slutet av seklet.

	Plats i vattendrag	Helår	Vinter	Vår	Sommar	Höst
1	Ätråns mynning i Kattegatt	↗	↗	↘	↘	→
2	Viskans mynning i Kattegatt	↗	↗	↘	↘	→
3	Mölnålsåns mynning i Säveån	→	↗	↘	↘	↗
4	Säveåns mynning i Göta älv	→	↗	↘	↘	↗
5	Örekilsälvens mynning i Skagerrak	↗	↗	↘	↘	↗
6	Strömsåns mynning i Skagerak	↗	↗	↘	↘	↗
7	Nossans mynning i Vänern	↗	↗	↘	↘	↗
8	Uppervålsälvens mynning i Vänern	→	↗	↘	↘	↘
9	Tidans mynning i Vänern	→	↗	↘	↘	→
10	Gullspångsälvens mynning i Vänern	↗	↗	↘	↘	→

Endast tio vattendrag har ingått i SMHI:s studie. För de mindre vattendragen kan man dock att utläsa trender i vattenföring utifrån förändringar i lokal tillrinning.



Figur 18: Förändring av lokal årsmedeltillrinning 2069–2098 jämfört med referensperioden 1963–1992.

I många sammanhang är de höga flödena de mest intressanta. SMHI har beräknat hundraårsflödena för de studerade vattenflödena vad gäller oreglerade förhållanden och total tillrinning, dvs. inräknat allt tillrinnande vatten uppströms delavrinningsområdet. Variationen är stor mellan olika beräkningar.

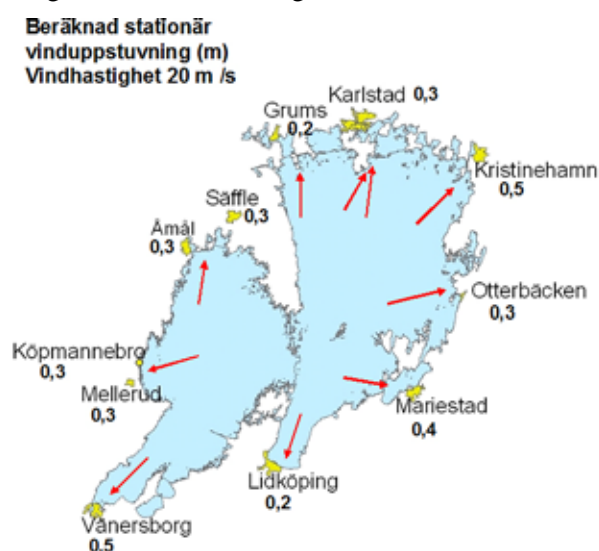
Tabell 5: Trender i beräknade hundraårsflöden för tio av länets vattendrag.

Vattendrag	Mittan av seklet	Slutet av seklet
Ätran	→	↗
Viskan	→	↗
Mölnadalsån	→	↗
Säveån	→	↗
Örekilsälven	→	→
Strömsån	→	→
Nossan	→	→
Upperudsälven	↗	↗
Tidan	→	→
Gullspångsälven	↗	↗

Vänern

SMHI har vid flera tillfällen analyserat klimatförändringarnas effekter på vattenståndet i Vänern. Vid kraftig vind snedställs Vänerns yta och som framgår av figuren nedan innebär den lokala förhöjningen ett betydande tillägg till de beräknade dimensionerade nivåerna.

När SMHI beräknar dimensionerande nivåer utgår man från att extremt stora nederbördsmängder faller under särskilt ogynnsamma förhållanden. Återkomsttiden för ett sådant flöde är över 10 000 år. Nedan visas hundraårsnivån, tvåhundraårsnivån och den dimensionerande nivån för Vänern i ett framtida klimat. Vinduppstuvningseffekt och kortvarig vindeffekt är inräknade i nivåerna.



Figur 19: Beräknad stationär förhöjning av vattennivån runt Vänern vid den mest ogynnsamma vindriktningen och en vindhastighet på 20 m/s.

Tabell 6: Vattenstånd i meter i ett framtida klimat för några orter vid Vänern. Vattenståndet anges i höjdsystemet RH00 och refererar till Vänersborg.

Ort	Hundraårsnivå	Tvåhundraårsnivå	Dimensionerande nivå
Vänersborg	46,53	46,86	47,31
Mellerud	46,23	46,56	47,01
Köpmannebro	46,23	46,56	47,01
Åmål	46,23	46,56	47,01
Säffle	46,23	46,56	47,01
Grums	46,08	46,41	46,86
Karlstad	46,23	46,56	47,01
Kristinehamn	46,53	46,86	47,31
Otterbäcken	46,23	46,56	47,01
Mariestad	46,38	46,71	47,16
Lidköping	46,08	46,41	46,86

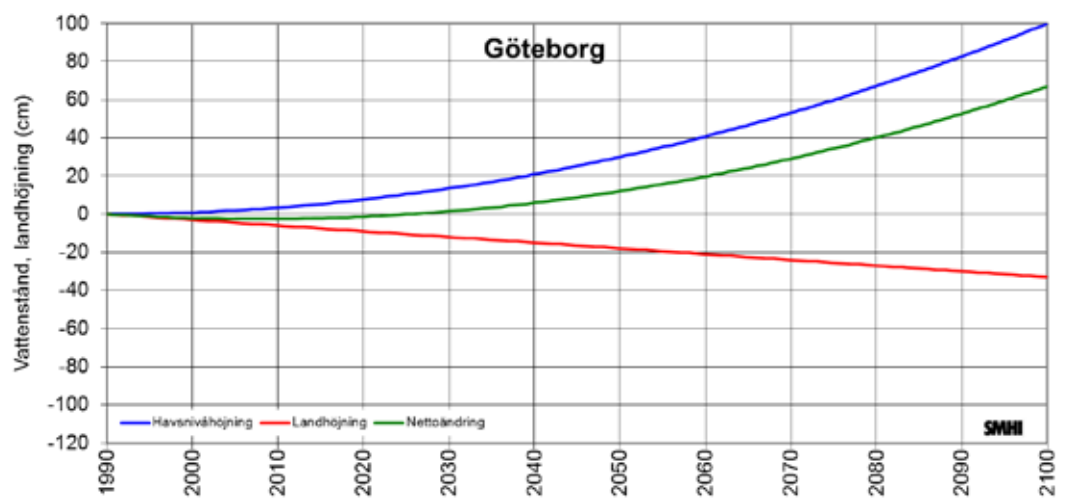
Havsvattenstånd

SMHI har i sin klimatanalys för Västra Götalands län antagit en global havsnivåhöjning med en meter fram till 2100. I Sverige pågår dock en landhöjning som till viss del kompenserar havsnivåhöjningen. Landhöjningen är störst i de nordligaste delarna av länet och minst i de södra, vilket innebär att havsnivåns nettoförändring kommer att bli större i de södra delarna.

Vattenståndet påverkas också av tillfälliga förändringar. Vid västliga vattenstånd uppstår t.ex. ofta höga vattenstånd till följd av att stora vattenmassor flyttas in mot den svenska kusten. Denna mer extrema nivå varar vanligen några timmar. Den tillfälliga effekten förväntas bli lika stor i framtidens klimat som i dagens. Vinduppstuvning kan dock leda till att vattenståndet tillfälligt blir högre i vikarna.

Tabell 7: Vattenstånd i cm vid några platser runt västkusten. Extrema vattenstånd har en återkomsttid på 100 år. Vattenstånden anges i höjdsystemet RH2000.

Vattenstånd (cm)	Global havsnivåhöjning 2100	Landhöjning 2100	Netto havsnivåhöjning 2100	Extrema vattenstånd
Kungsvik	100 cm	36 cm	64 cm	214 cm
Smögen	100 cm	32 cm	66 cm	214 cm
Stenungssund	100 cm	31 cm	69 cm	239 cm
Göteborg	100 cm	26 cm	74 cm	236 cm
Varberg/Ringhals	100 cm	15 cm	85 cm	232 cm



Figur 20: Exempel på hur landhöjningen till viss del kompenserar havsnivåhöjningen

Vind

SMHI har analyserat extrema vindar i ett förändrat klimat. Tyvärr gör spridningen i resultatet att det inte går att dra några tydliga slutsatser.



Skred, översvämningar och andra väderrelaterade händelser

Fortsättningsvis diskuteras klimatförändringarnas konsekvenser för olika samhällssektorer. Gemensamt för samtliga sektorer är att de påverkas vid översvämningar, skred och andra företeelser med tydlig koppling till väder; i detta kapitel beskrivs orsak till och förlopp för några av dessa företeelser. I slutet av kapitlet finns exempel på händelser som inträffat i länet.

Texten om skred, ras och erosion är hämtad från Statens geotekniska instituts (SGI) webbplats www.swedgeo.se.

Översvämningar

Med översvämningar menas situationer när vatten täcker ytor som normalt inte står under vatten. Översvämningar kan förekomma i anslutning till större eller mindre vattendrag, vid sjöar och i kustområden men också i områden som normalt inte gränsar till vatten.

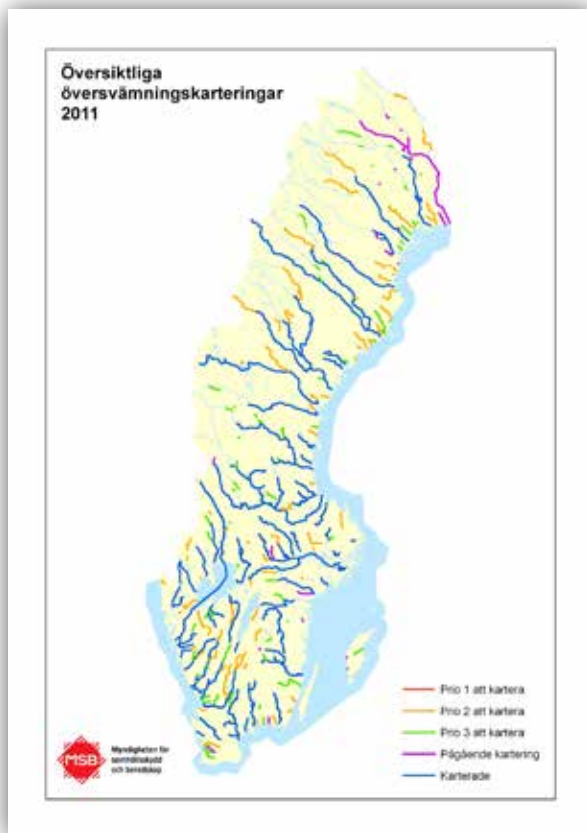
Översvämningar kan ha både positiva och negativa effekter. När oönskade områden står under vatten kan stora ekonomiska skador uppstå. Översvämningarna kan också påverka människors hälsa och säkerhet. Mindre översvämningar är dock ofta resultatet av naturliga variationer och många ekosystem är anpassade till och beroende av dem.

Översvämningar utmed vattendrag

Översvämningar av vattendrag beror på att vattendragen tillförs mer vatten än de klarar av att leda bort. Då stiger vattnet och strömmar ut över områden som normalt sett är torra. När vattenståndet stiger ökar vattenföringen och översvämningen fortplantar sig nedströms.

Det är stor skillnad i översvämningsskikt mellan mindre och större vattendrag. Ett kraftigt skyfall kan inom några timmar orsaka mycket höga flöden i ett mindre vattendrag medan förloppet blir mer utdraget i ett större vattendrag. Intensiva regn och extrema skyfall kan få små bäckar, åar och mindre vattendrag att översvämmas.

Risken för översvämning ökar i framtidens klimat. På grund av ökad nederbörd och högre vattenföring under höst, vinter och vår ökar risken för översvämningar i både små och stora vattendrag. Översvämningsskarteringar kan ge svar på hur stora områden som drabbas vid olika flöden.



Figur 21: Kartan visar för vilka vattendrag Myndigheten för samhällsskydd och beredskap gjort översiktliga översvämningskarteringar fram till 2011.

Översvämnings av sjöar

I stora sjöar blir tidsförloppet för en översvämning betydligt mer utdraget än i ett vattendrag. Vattennivåerna i en sjö påverkas, precis som vattendrag, av klimatet i avrinningsområdet. Andra faktorer som påverkar vattennivåerna är storleken på avrinningsområdet, utloppets avbördningsförmåga, dvs. utformningen av utloppet, samt förhållandena nedströms sjön.

Sjöar har en utjämnande effekt på vattenföringen i ett vattendrag, vilket beror på att en sjös utlopp på ett naturligt sätt begränsar utflödet. Under perioder med hög tillrinning kommer således vatten att magasineras i en sjö, sjöns nivå stiga och flödet ur sjön bli mindre än det totala tillflödet. Den dämpande effekten styrs framför allt av sjöns areal och avbördningsförmåga. När tillrinningen är högre än avbördningsförmågan under tillräckligt lång tid inträffar höga vattennivåer som i värsta fall kan leda till översvämning.

Kustöversvämnings

Kustöversvämnings inträffar när havsvattenståndet stiger till följd av lågtryck eller kraftig vind. Det extrema vattenståndet varar vanligtvis några timmar. Detta sker dock med en viss tidsfördröjning och det högsta vattenståndet uppträder först några timmar efter stormens maximum. Hur hög den extrema situationen blir utifrån en

given vädersituation beror på utgångsläget; en storm behöver inte medföra kritiska nivåer om vattenytan inledningsvis ligger lågt.

Till följd av havsnivåhöjningen kommer områden längs kusten permanent att stå under vatten. Det innebär också att nya områden kommer att drabbas vid tillfälligt förhöjda vattenstånd.

Översvämning av områden som inte direkt gränsar till sjöar eller vattendrag

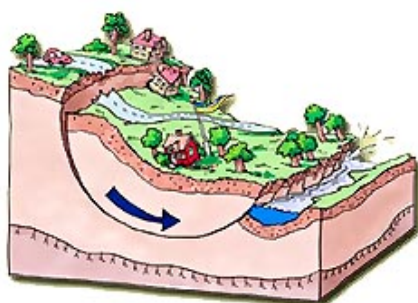
Ibland översvämmas områden som inte gränsar till ett vattendrag. Dessa översvämningar orsakas ofta av kraftiga skyfall eller långvarig nederbörd. När stora nederbördsmängder faller på redan vattenmättad mark eller hårdgjorda ytor som t.ex. asfalt, sten och betong eller tak hinner inte vattnet rinna undan utan samlas i lågpunkter.

Skyfall kommer ofta lokalt och det är svårt att förutsäga vilka områden som kommer att drabbas. De kraftiga regnen förväntas öka i framtiden och många vatten- och avloppssystem är inte dimensionerade för vare sig dagens eller framtidens nederbördsmängder. Det gör att de inte kan avleda tillräcklig mängd vatten, och när vatten- och avloppssystemen blir fulla kan baktryck inträffa. Vatten trycks då bakåt i systemet och orsakar bräddning högre upp i systemet, vilket kan göra att vatten trycks upp i brunnar, handfat, toaletter m.m. Översvämning av områden via dagvattnetsystemet kan också ske när närliggande recipienter översvämmas och vatten trycks bakvägen via ledningsnätet.

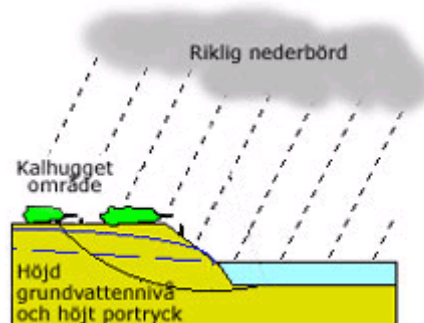
Allt mer exploatering i städer har bidragit till landområden med en stor del oegnomträngliga ytor där dagvattnet inte kan infiltreras utan dräneras bort via vatten- och avloppssystemen. Särskilt städer med kombinerade system på gränsen till överbelastning kan uppleva stora problem med bakåtströmmande vatten som orsakar översvämning i fastigheter och bräddning av orenat avloppsvatten.

Jordskred

Jordskred 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 och plintar som ställs på kant.



Figur 22: Jordskred är en jordmassa som kommer i rörelse och som under rörelsen till en början är sammanhängande.



Figur 23: Risken för skred ökar i samband med riklig nederbörd och översvämningar. Bilder: www.swedgeo.se.

En slänts stabilitet beror dels på belastningen på jorden, dels på jordens hållfasthet, och med tiden kan stabilitetsförhållandena förändras. Skred kan orsakas av en ökad belastning, t.ex. genom mänsklig påverkan, minskad motvikt genom t.ex. erosion, avschaktning eller sänkning av vattennivån samt försämrad hållfasthet i jorden. Hållfastheten påverkas i sin tur av förändrad grundvattennivå (förändrat portryck), uttorkning, ökad markfuktighet, tjäle, tining och urlakning.

Under en översvämning tränger vatten in i jorden i det översvämmade området. Grundvattennivån blir förhöjd och därmed blir portrycket i jorden förhöjt och när portrycket höjs försämras jordens hållfasthet. När vattnet sedan sjunker undan sjunker inte den förhöjda grundvattenytan i samma takt. Särskilt långsamt sjunker grundvattenytan i täta, finkorniga jordar som lera och silt. Om dessutom en tung vall har lagts ut för att förhindra översvämningens utbredning tillkommer vikten av som en pådrivande faktor.

Jordskred förekommer främst i finkorniga silt- och lerjordar men även i andra jordar med inslag av lera och silt, exempelvis finkornig morän.

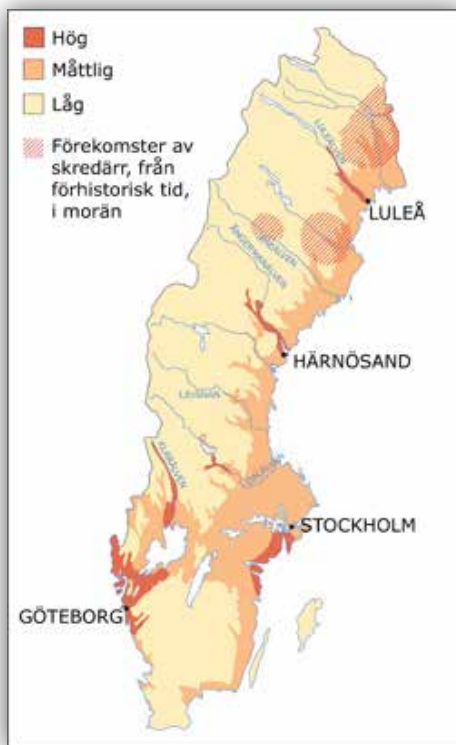
Det finns många skredkänsliga områden i länet. Götaälvdalen, som sträcker sig från Väneren i norr till Göteborg i söder, är en av de mest skredkänsliga dalgångarna i Sverige; varje år inträffar flera skred av olika storlek och karaktär i dalgången. En orsak till att Götaälvdalen drabbas av så många skred är dess geologiska historia med mäktiga lager av lera avsatta i en marin miljö. Älvdalen har också påverkats av människans aktiviteter eftersom vattendraget i alla tider dragit till sig sjöfart, bebyggelse, industrier och infrastruktur. Konsekvenserna av skred i Götaälvdalen kan bli stora eftersom de påverkar byggnader, förorenade markområden, vattenintag m.m.

De pågående och kommande klimatförändringarna riskerar att leda till fler naturkatastrofer, bl.a. ras och skred, när nederbörden ökar, havsnivån stiger och vattenflöden ökar.

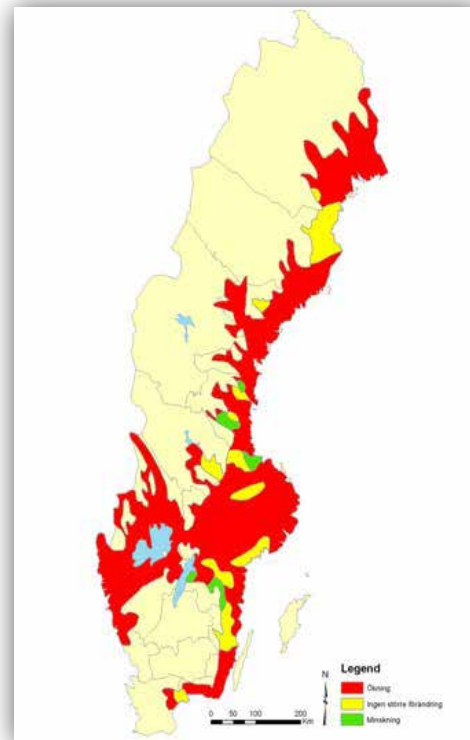
Vid högre nederbörd kan perioder med maximal tappning, inklusive en ökad tappning från Väneren till Göta älv, bli nödvändig. Detta kan innebära ökade flöden och en ökad risk för erosion och skred längs Göta älv.

Götaälvtredningen³ visade att det finns många områden i Götaälvdalen med hög skredrisk redan för dagens förhållanden och att riskerna kommer att öka med ett förändrat klimat. Klimatförändringen innebär att omkring 25 procent av de områden som kartlagt av SGI får en högre risknivå fram till 2100 om inga åtgärder vidtas.

³ SGI (2012) *Skredrisker i Göta älv dalen i ett förändrat klimat*. Dnr SGI 6.1-1203-0204.



Figur 24: Karta över skred- och raskänsliga områden i nuvarande klimat.⁴



Figur 25: Förändring av benägenheten för skred och ras pga. klimatförändringarna.

Ras

Ras kan antingen vara jordras eller bergras. Jordras är vanliga där åar och älvar skurit sig ned i olika sandlager. Utmed vattendragen i mellersta och norra Sverige inträffar många ras i slänter som består av sand- och siltjord. Bergras inträffar i branta bergslänter med uppsprucket eller vittrat berg. Bergrasen styrs ofta av sprickplanens geometri.

Klimatpåverkan, som exempelvis frostsprängning samt vittring och urspolning av material längs sprickorna, leder till att bergets hållfasthet successivt försämras. Även vågerosion samt mänskliga ingrepp kan förändra bergsläntens geometri så att den blir instabil.

⁴ SGI (2007). Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat – En rapport utarbetad för Klimat- och sårbarhetsutredningen.



Figur 26: Vid ett ras rör sig de enskilda delarna fritt under hela förloppet till skillnad från ett skred där jordmassan initialt är sammanhängande. Bild: www.swedgeo.se

Erosion

Kusterosion

Havsstränderna bearbetas av vågor och material försvinner från strandområdena. Sand transporteras från stränderna ut till havs och avsätts i revlar och bankar, vilka växer i omfattning och utbredning. Under vissa betingelser sker mer omfattande erosionsangrepp – särskilt vid stormar, då sammanhängande delar av stränderna kan försvinna vid ett och samma tillfälle – och vid högt vattenstånd kombinerat med kraftiga vindar kan vågorna slå in på ett under normala förhållanden opåverkat strandområde. Även mänskliga aktiviteter i kustzonen kan påverka stränderna och ofta har stränderna intagit ett jämviktsläge som kan störas genom till synes små ingrepp.

Klimatförändringar kommer att leda till högre vattennivåer i havet, vilket kan påverka stränder som tidigare inte varit erosionsutsatta stränder.

Erosion i vattendrag

Erosionen längs vattendrag och sjöstränder påverkar såväl naturområden som den bebyggda miljön. Påverkan är både direkt, genom skada eller förlust av mark eller byggnader samt indirekt genom restriktioner för markanvändning, transporter etc.

Erosion i vattendrag innebär också en sedimenttransport som kan få större konsekvenser än själva erosionsangreppet eftersom sedimenten, medföljande grenar och andra fasta föremål kan avsättas nedströms och sätta igen trummor. Därmed skapas stora problem med översvämningar och ytterligare skador. Sedimentavsättningen kan också innebära uppgrundning eller förändrade strömförhållanden i vattendrag.

Erosion och transport av förorenade massor, sediment från bottnar eller förorenad jord från strandbrinkar kan också innebära en fara för nedströms lokaliserade vattentäcker, och många naturolyckor i form av skred eller ras har initialt startat med erosionsangrepp. Underminering av broar, järnvägsbankar, vägar eller annan infrastruktur ger direkta skador men kan också utlösa skred i lerområden, med omfattande skador som följd.

De klimatbetingade förändringar som påverkar erosionsbenägenheten är främst höga vattenflöden och vattennivåer till följd av ökad nederbörd.

Exempel på händelser som inträffat i länet

2011 – skyfall

I mitten av augusti drabbades ett område från Kungsbacka till sydvästra Göteborg av ett mycket kraftigt skyfall. På vissa platser kom 80 mm regn på bara några timmar. Källare översvämmades, viadukter vattenfylldes och viktiga trafikleder stängdes av. Räddningstjänsten i Storgöteborg fick 300 larm om översvämningar inom 5 timmar.

2008 – gräs- och skogsbränder

Efter en långvarig torka inträffade en stor mängd gräs- och skogsbränder i bl.a. Göteborgsregionen. Räddningstjänsterna inom området gjorde under en period dubbelt så många insatser jämfört med samma period andra år.

2007 – översvämning

Ihållande regn i början av perioden, med dygnsvärden på upp till 100 mm på en del platser, medförde drygt fyra veckors översvämningar i Götaland från slutet av juni till slutet av juli 2007. Vattenmassorna orsakade inställda tåg och flera hårt trafikerade vägar fick stängas av. Ett antal trafikolyckor inträffade i samband med vattenplaning och många bilar fastnade i vattnet på översvämmade vägar. Flertalet villaägare fick sina källare vattenfyllda, ofta genom dagvattensystemet. Fastigheter och industribyggnader stod under vatten och odlingar skadades.

2007 – stormen Per

Stormen Per krävde fem dödsoffer och fällde omkring 16 miljoner kubikmeter skog i Sverige. Till följd av stormen beräknas sammanlagt 440 000 elkunder ha blivit utan el kortare eller längre tid. Den längsta avbrottstiden varade cirka tio dygn. Som mest drabbades 37 000 abonnenter av samtidiga teleavbrott.

2006 – översvämning

Efter en i övrigt nederbördsrik höst föll stora mängder regn under första hälften av december, vilket orsakade översvämningar i flera vattendrag i Västsverige, där flödenas återkomsttider låg på 50 år för en del vattendrag. Mölndals centrum stod under vatten, trafiken på Västkustbanan stoppades flera dygn, många fastigheter fick stora skador och många vägar stängdes av. En del mindre ras inträffade.

2006 – skredet i Småröd

I Småröd inträffade ett omfattande skred som förstörde delar av gamla och nya E6:an samt delar av Bohusbanan. Totalt 13 fordon drogs med i skredet eller kördes ner i skredmassorna. Totalt räddades 28 människor ur rasmassorna, varav 3 skadades fysiskt, och 2 fastigheter fick utrymmas.

Sammanlagt omfattade skredet ett område på 85 000 kvadratmeter och den totala kostnaden för samhället uppskattades till ca 519 miljoner kronor.

2005 – stormen Gudrun

Stormar av stormen Gudruns storlek och vindhastighet förekommer endast vart 30:e–50:e år i Sverige. Sju personer omkom i olyckor under stormnatten och stor-

men orsakade sällsynt stora skador på skog, vägar, järnvägar samt el- och telenät. Mängden stormfälld skog motsvarar hela 1900-talets samlade stormfällning.

Totalt uppskattas merkostnaderna för näringsliv och offentlig sektor till ca 20,8 miljarder kronor. Skador på skogen står för den absoluta merparten av kostnaderna.

2002 – åskoväder på Orust

Nätterna mellan den 1 och den 3 augusti 2002 drabbades västra och södra delarna av Orust av våldsamma åskoväder. Natten till den 2 augusti föll nära 200 mm nederbörd i de värst drabbade områdena och natten till den 3 augusti föll 40–90 mm. Många vägar blev oframkomliga och en del vägar skadades eller förstördes av vattenmassorna. Bostadshus, kommunala fastigheter samt industrifastigheter översvämmades och ett antal samhällen isolerades. Som mest var 20 000 abonnenter utan telefon och 6 000 abonnenter utan el.

2000/2001 – översvämning i Vänern

Mellan november 2000 och juni 2001 låg Vänerns vattennivå över sin dänningsgräns i nästan sju månader. Situationen orsakades av en utdragen period med ovanligt stora nederbörds mängder över Vänerns tillrinningsområde från oktober till mitten av december 2000. Vänerns relativt långsamma nivåökning gav dock möjlighet till omfattande invallningar och andra förebyggande åtgärder.

I samhällena runt Vänern påverkades vatten- och avloppssystem samt reningsverk. Fastigheter, fritidshus och vägar översvämmades eller hotades av översvämning. Stora skador uppkom på vattennära fritidsanläggningar i form av campingplatser, badplatser, fritidshamnar och båtbyggor. Lantbruket fick stora skador när ca 2 000 hektar översvämmades.

Länsstyrelsen tog med stöd av räddningstjänstlagen över ansvaret för tappningen ur Vänern mellan 18 november 2000 och 7 april 2001. Tappningen låg över gällande vattendom.

1995 – omfattande snöoväder

Snöovädet den 16–19 november 1995 är enligt väderdata det kraftigaste som har inträffat i de sydligare delarna av Sverige vid den årstiden sedan 1876. Främst drabbades större delen av Götaland och sydöstra Svealand. Snöfallet pågick intensivt i ett dygn samtidigt som det blåste hårt. Den kraftiga vinden medförde drivbildning, vilket orsakade problem på vägnätet med en kaotisk trafiksituation som följde.

1977 – skredet i Tuve

Skredet i Tuve inträffade den 30 november 1977 och omfattade ca 27 hektar. I det drabbade området fanns 65 fristående hus som följde med skredmassorna. Uppskattningsvis befann sig 200 personer inne i skredområdet och ca 100 personer fick hjälpas ut ur rasområdet av räddningspersonalen. Ett 60-tal personer skadades och 9 personer omkom.

1974 – torka

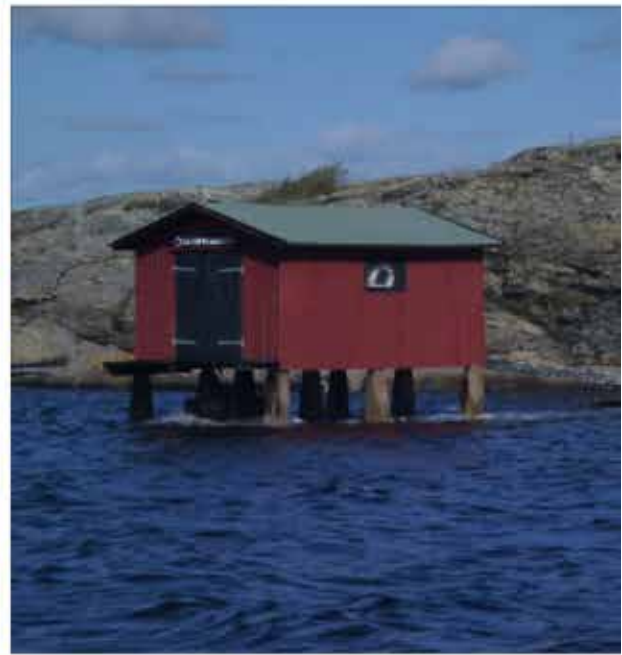
Den värsta torka som drabbat Sverige under 1900-talet inträffade våren 1974. I Skövde och Åsaborg i nordöstra Västergötland hade man 65 dygns oavbruten torka mellan den 22 mars och den 26 maj.

1957 – Götaskredet

Götaskredet är det hittills största skredet i Sverige i modern tid. En 130 meter lång spricka upptäcktes ca 20 meter innanför kajkanten på ett fabriksområde på morgonen den 7 juni. Tre timmar senare inträffade initialscredet som utvecklade sig snabbt bakåt och längs med älven. Vid skredtillfället vistades ca 200 personer på fabriksområdet. Sulfitfabriken raserades och 3 anställda omkom. Fartygstrafiken i Göta älv stoppades i en månad.

1950 – Surteskredet

Den 29 september 1950 inträffade ett skred i Surte, Ale kommun. Skredet hade en bredd på cirka 400 meter och en längd på cirka 600 meter. Skredmassorna uppgick till tre miljoner kubikmeter. Cirka 30 villor och 10 uthus drogs med eller förstördes i skredet och en del hus förflyttades mellan 50 och 150 meter. En person omkom och ca 300 personer blev hemlösa. I samband med skredet dämdes Göta älv upp.



ringen. Vid exploatering av nya områden går det dessutom att ta hänsyn till klimatförändringarna redan från början för att undvika negativa konsekvenser.

Västra Götalands län har en lång kuststräcka och bebyggelse längs många vattendrag och stora sjöar, vilket gör länet särskilt sårbart i ett förändrat klimat. Men samtidigt som klimatförändringarnas aspekter måste beaktas ska länet möta det stora behovet av t.ex. bostäder, infrastruktur och arbetsplatser i en växande storstadsregion. Den byggda miljön står alltså inför stora utmaningar när gäller att integrera anpassningar i såväl befintlig som vid planering av ny bebyggelse.

Klimatförändringarnas konsekvenser

Samhällsplanering och bebyggelse

Med ett förändrat klimat stiger årsmedeltemperaturen och allt eftersom klimatet blir varmare förväntas Sverige få ett klimat som mer liknar klimatet i länderna runt Medelhavet. Säsongen när man kan vistas utomhus förlängs, vilket kan leda till att offentliga platser, parker och rekreationsområden nyttjas i större utsträckning och dessa kan därmed behöva anpassas till nya behov.

Stigande temperaturer innebär också fler och långvariga värmeböljor sommartid. Det kan medföra negativa konsekvenser, speciellt för tätorter och stadskärnor, där temperaturen höjs ytterligare genom att byggnader fångar upp och lagrar solens värme. Hur mycket temperaturen stiger påverkas bl.a. av hur mycket värmelagrande material i form av exempelvis sten och betong som finns i staden, hur höga husen är, hur tätt de står och andelen luftföroreningar.

Temperaturskillnaden mellan stads- och landsbygdsmiljö kan vara upp till tolv grader och fenomenet kallas ”urban värmeö-effekt”. Denna effekt gör städerna särskilt sårbara för temperaturförändringar till följd av ett förändrat klimat.⁵

Med höga temperaturer följer också en ökad energianvändning för kylning och risken att människors hälsa påverkas negativt ökar. I områden där urbana värmeöar kan uppstå kommer det därför att behövas tätortsnära grönområden och mycket vegetation som kan ge skugga åt byggnader, sänka temperaturen och ge ett behagligare klimat.⁶

Ett varmare klimat ökar vegetationsperiodens längd avsevärt, vilket i sin tur ökar möjligheten att öka andelen grönska i tätbebyggda områden, vilket bl.a. är viktigt för att sänka temperaturen vid värmeböljor och fördröja regnvatten. Grönska spelar också en viktig roll för människors fysiska och psykiska hälsa.⁷

Mildare vintrar och mindre snömängder ger övervägande positiva effekter för den bebyggda miljön. Framkomligheten vintertid blir bättre, gator smalnas inte av på grund av snö i vägkanterna, förvaltningskostnaderna blir lägre och användning av vägsalt minskar när snön uteblir, vilket är positivt för miljön och för slitaget på material.

⁵Folkhälsoinstitutet (2009). *Grönområden för fler – en vägledning för bedömning av närhet och attraktivitet för bättre hälsa*. Rapport 2009:02, ISSN 1651-8624.

⁶ Ibid.

⁷ Ibid.

Ökad nederbörd är en annan klimatfaktor som får stor inverkan på den befintliga bebyggelsen. Med 30–40 procent mer regn i slutet av seklet ökar risken för översvämningar avsevärt. Översvämningar är redan ett problem i dagens klimat där höga flöden och vattenstånd i vattendrag och sjöar samt kraftiga skyfall medför negativa konsekvenser för samhället. Bebyggelse i strandnära lägen riskerar att översvämmas oftare i framtiden, och även lågt liggande områden, som inte nödvändigtvis ligger i anslutning till kust, sjöar eller vattendrag, kan drabbas av översvämning vid mycket kraftiga regn.

Risken för andra naturolyckor som t.ex. ras, skred och erosionsrelaterade olyckor kommer också att öka på vissa platser i länet till följd av förändringar i nederbördsmönstret och kommer att påverka bebyggelse i utsatta områden.

En stigande havsnivå kommer att påverka den kustnära bebyggelsen i länet och kan leda till att delar av kustsamhällen permanent hamnar under vatten. Stora kulturhistoriska värden kan därmed gå förlorade. Utöver den stigande havsnivån kommer det dessutom fortfarande att vara tillfälliga högvattenstånd, vilket innebär att fler områden och byggnader tillfälligt kan komma att översvämmas.

Dagvattensystem och hårdgjorda ytor

Mer nederbörd och fler intensiva regn ger ökade vattenvolymer att avleda, vilket i sin tur ökar risken för översvämning och bräddning av avloppssystem. Problemen med översvämningar kan bli särskilt stora i områden, främst i tätorterna, med mycket hårdgjorda ytor, eftersom dessa gör att vattnet snabbt rinner ut i dagvattensystemen utan fördröjning, vilket i sin tur förvärrar problemen med översvämningar och skador på vattendragen.

Dagvattensystemen är därtill i många fall underdimensionerade och ofta utformade som kombinerade system med spill- och dagvatten i samma ledning, vilket innebär att de inte klarar intensiva skyfall – något som förväntas bli vanligare i framtiden. Detta leder till konsekvenser för bebyggelsen med bl.a. översvämmade källare och eventuellt minskad funktion i reningsverken. På många håll kommer det därför att finnas behov av flödesdämpande och utjämnande åtgärder lokalt för att minska flödena innan de når vatten- och avloppsnätet samt recipienterna. I nya områden bör öppna dagvattensystem planeras som bättre kan anpassa sig till varierade och extrema nederbördsmängder.

I kustnära samhällen skapas ytterligare problem med en stigande havsnivå eftersom denna hindrar utflödet av dränerat dagvatten. Som följd kan det skapas en dämningseffekt i vattendragen med risk för översvämningar.

Samspelet mellan tätort och landsbygd blir viktigt för att avhjälpa problemen med översvämningar. Landsbygden påverkas av att systemen för markavvattning många gånger tar emot mer vatten än vad de en gång var avsedda att göra, bl.a. på grund av andelen hårdgjorda ytor i tätbebyggda områden. Ökad nederbörd och fler kraftiga skyfall i framtiden förvärrar sannolikt detta problem och insatser behövs för att avhjälpa de negativa konsekvenserna.

Förorenad mark och miljöfarlig verksamhet


Industrier och områden med markföroreningar ligger ibland i områden som riskerar att drabbas av översvämningar. Ökade nederbördsmängder, högre vattenstånd och ökad avrinning innebär därför att läckaget av miljöfarliga ämnen från förorenade

områden och deponier kan komma att öka. Förorenade massor som skredar kan även innebära att föroreningar sprids nedströms ett vattendrag och påverkar vattenkvaliteten.

Med översvämningsrisken ökar också risken för erosion längs vattendragen, vilket innebär att sediment transporteras och avsätts nedströms. Erosion och transport av förorenade massor, näringsämnen från åkermark, sediment från botten eller förorenad jord från strandzonen kan innebära en fara för vattendraget i sig samt för vattentäkter nedströms. Detta får särskilt allvarliga konsekvenser om vattnet nyttjas som dricksvattentäkt. Därtill skadar höga föroreningskoncentrationer vattenmiljön, vilket kan ge miljökador på de platser där sedimentet avsätts.

Även fluktuerande grundvattennivåer ökar risken för förorenings spridning, eftersom de gör markföroreningarna mer mobila. De flesta markföroreningar utgör inga problem när de är bundna i marken men om de förflyttas kan de hamna i områden där människor, djur eller växtlighet kan ta skada.

Tillstånd för befintliga verksamheter saknar med största sannolikhet en bedömning av klimatrelaterade risker, och lokaliseringen kan därför vara direkt olämplig i ett framtidsperspektiv med hänsyn till exempelvis översvämningsrisken. Vid eventuella omprövningar måste ny kunskap inkluderas och problem med stigande havsnivåer, underdimensionerade dagvattensystem etc. beaktas. Anpassningar kan bli nödvändiga för att förhindra negativa konsekvenser för människors hälsa och för naturmiljön. För nya verksamheter finns däremot goda förutsättningar att utreda lämpliga alternativ i en lokaliseringsprövning, där riskerna med ett förändrat klimat beaktas.

 **Läs mer:** Stigande vatten – en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden⁸, Klimatanpassning i den fysiska planeringen – en vägledning från länsstyrelserna⁹

Byggnadskonstruktioner

Stigande temperatur, intensivare nederbörd och högre luftfuktighet kommer att påverka länets byggnader. Det som främst påverkas är byggnadernas stommar samt deras klimatskal, dvs. ytterväggar, tak, grunder, fönster och dörrar. Även inomhusklimatet kommer att påverkas och det förändrade klimatet kan även påverka hur byggnaderna används i framtiden.

Högre årsmedeltemperatur, speciellt under vinterhalvåret, leder till ett minskat behov av uppvärmning. Samtidigt kan en högre temperatur sommartid och fler värmeböljor öka behovet av kylning med risk för ökad energianvändning. Byggnadskonstruktioner med stora glaspartier är extra utsatta och där kommer effektiv solavskärmning att behövas på sikt. Energianvändningen ökar dessutom generellt sett i byggnader vid värmeböljor eftersom elutrustning som kylskåp och kylaggregat drar mer energi när det är varmt.

Ett varmare klimat ger också upphov till högre luftfuktighet och längre vegetationsperiod, vilket i sin tur ökar risken för mögel, röta och insektsangrepp.¹⁰ De

⁸ Länsstyrelserna i Västra Götalands och Värmlands län (2011). *Stigande vatten – en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden*. Rapportnr 2011:72.

⁹ Länsstyrelserna (2012), *Klimatanpassning i den fysiska planeringen – en vägledning från Länsstyrelserna*, ISBN 978-91-86533-61-8


fuktiga förhållandena kan ge fuktskador på byggnadskonstruktionerna, främst i krypgrunder och på kallvindar, men även inomhusklimatet påverkas där mögellan- grepp kan orsaka problem för människors hälsa. Olika fasadmateri- al är dock olika känsliga för fukt, där trä och putsfasader är extra utsatta för angrepp. Där kan un- derhåll, t.ex. ommålning, behöva göras oftare i framtiden.

Tjaldjupet minskar när årsmedeltemperaturen stiger, vilket minskar risken för sprickbildning i befintliga grundläggningar. Detta kan skapa förutsättningar för enklare grundläggningskonstruktioner vid ny bebyggelse.

Även ökad nederbörd ökar risken för fukt- och mögelskador på byggnader. Vid kraftiga skyfall kan dagvattensystemet orsaka problem med översvämmade källare om systemet är underdimensionerat eller felkopplat. Mycket regn kan också orsaka problem med dräneringen runt hus och i värsta fall leda till underminering av grun- der.

Mer nederbörd i form av regn vintertid ökar därtill risken för isbildning i hängrän- nor, vilket försvårar avrinning från tak och kan orsaka skador på byggnadskon- struktionen. Med mildare vintrar minskar dock snölasterna, vilket är positivt ef- tersom det minskar risken för takras vid platta takkonstruktioner. Platta papptak är dock särskilt känsliga för fuktskador och det är viktigt att säkerställa en fungerande avrinning från taken.

Byggnader i utsatta områden riskerar att översvämmas av höga flöden i vattendrag eller när havsnivån successivt stiger. Ändrade grundvattennivåer till följd av tillfäl- ligt höga vattenstånd eller stigande havsnivå kan även bidra till att öka översvä- mningsrisken för byggnader som inte ligger i direkt anslutning till vattnet. Höga grundvattennivåer påverkar också risken för underminering av byggnader och an- lägningar, lämpligheten att anlägga källare samt risken för ras och skred.

 **Läs mer:** Bygg för morgondagens klimat, Boverket¹¹, Byggnader i ett förändrat klimat – Bebyggelsens sårbarhet för klimatförändringars och extrema väders påverkan, Boverket¹²

Behov av anpassning

Redan i dag behöver man förebygga och hantera påfrestningar som orsakas av vä- derrelaterade händelser som t.ex. stormar, översvämningar och intensiva regn, och det förebyggande arbetet blir allt viktigare i takt med att klimatet förändras. Det är dessutom oftast mer samhällsekonomiskt effektivt att förebygga en olycka eller en skada än att hantera konsekvenserna när det väl har hänt.

Vid avgörandet av huruvida en plats är lämplig för bebyggelse eller inte är det vik- tigt att ta hänsyn till framtida förutsättningar. Ny bebyggelse måste planeras på ett hållbart sätt utan att äventyra människors hälsa och säkerhet. Befintlig bebyggelse ligger däremot redan till viss del i riskutsatta områden. Där kommer det att krävas anpassningar för att förhindra negativa konsekvenser på sikt. Byggnader delar ofta sårbarheten för extremväder med andra anläggningar, exempelvis vägar, elförsörj-

¹⁰ Boverket (2007). *Byggnader i ett förändrat klimat – Bebyggelsens sårbarhet för klimat- förändringarnas och extrema väders påverkan*. ISBN: 978-91-85751-46-4.

¹¹ Boverket (2009). *Bygg för morgondagens klimat*. ISBN 978-91-86342-06-7.

¹² Boverket (2007). *Byggnader i ett förändrat klimat – Bebyggelsens sårbarhet för klimat- förändringarnas och extrema väders påverkan*. ISBN: 978-91-85751-46-4.

ning samt vatten- och avloppssystem. Det understryker vikten av att göra anpassningar som tar hänsyn till helheten.

Den byggda miljön kommer att påverkas avsevärt av ett förändrat klimat. Det är också ett trögt system som tar lång tid att förändra. Därför är det angeläget att åtgärderna kommer i gång.

Men det finns också positiva effekter av ett förändrat klimat som blir viktiga att ta vara på och lyfta fram i anpassningsarbetet. *Stigande vatten – en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden*¹³ kan ge riktlinjer i det arbetet. Rapporten finns för nedladdning på Länsstyrelsen i Västra Götalands webbplats – www.lansstyrelsen.se/vastragotaland.

¹³ Länsstyrelserna i Västra Götalands och Värmlands län (2011). *Stigande vatten – en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden*. Rapportnr 2011:72.



Infrastruktur

Västra Götalands län är en mycket viktig infrastrukturell knutpunkt med sin utgångspunkt i Göteborg, Sveriges näst största stad. I länet ligger även Skandinavien's största hamn, Göteborgs hamn, med en omsättning på 40 miljoner ton årligen; hamnen pekades ut som en strategisk nod i *Hamnstrategiutredningen*,¹⁴ och sjöfarten från Vänern via Göta älv är av riksintresse och betydande för hela landet.

Det finns även fyra flygplatser med passagerartrafik i länet: Göteborg-Landvetter, Göteborg-City, Trollhättan/Vänersborg och Lidköping.

Länet har en betydande transportinfrastruktur och omledningsmöjligheterna är ofta begränsade. Regionförtätning och befolkningstillväxt skapar därtill ett extra tryck på kommunikationerna. Goda kommunikationer är viktiga för att skapa en attraktiv arbetsmarknadsregion. De ger förutsättningar för människor att vara delaktiga i samhället genom att de knyter samman boende, arbete, utbildning, service och fritid. Även näringslivet är beroende av en fungerande infrastruktur.

De närmaste decennierna planeras stora satsningar på länets kollektivtrafik, järnvägar och vägar, det s.k. västsvenska paketet, vilket innebär investeringar för totalt 34 miljarder kronor. Detta bidrar till en större arbetsmarknad och bättre tillväxt i länet samtidigt som det bidrar till att bromsa trafikens negativa påverkan på miljön och minska sårbarheten i vägsystemet.



Figur 28: Vagnätet i länet.¹⁵



Figur 29: Järnvägsnätet i länet.¹⁶

¹⁴ SOU 2007:58. *Hamnstrategi – strategiska hamnoder i det svenska godstransportsystemet.*

¹⁵ Västra Götalands regionen (2010), *Regional plan för transportinfrastrukturen i Västra Götaland 2010-2021*

¹⁶ *ibid.*

Klimatförändringarnas konsekvenser

Vägar

Vägarna påverkas på olika sätt av ett förändrat klimat och de största hoten för länets vägnät bedöms vara vattenrelaterade, för med ökade nederbördsmängder ökar risken för att vägar översvämmas, eroderas eller spolats bort. Även höga flöden i vattendrag kan orsaka skador och översvämma vägar i nära anslutning.

Underdimensionerade vägtrummor kommer att bli ett större problem framöver, dels genom översvämning av vägar, dels genom att trummor under vägen kan sättas igen. Detta kan orsaka erosion och vägen kan riskera att kollapsa.

Tunnlar och broar är också utsatta och påverkas av ökade regnmängder. Tunnlar är känsliga för översvämningar eftersom de dräneras med pumpsystem. Blir inflödet större än pumparnas kapacitet uppstår problem och tunneln kan översvämmas. Broar, särskilt mindre konstruktioner, är utsatta för erosionsrisk vid höga flöden. I värsta fall kan hela broavsnitt spolats bort. Det bortspolade broavsnittet kan dessutom medföra att vattendraget sätts igen.

Även bristande underhåll vid omhändertagande av dagvatten kan på sikt leda till skador på väganläggningen och vägdagvatten kan leda till erosion i bankslänter, vilket riskerar att vatten slår ut el- och pumpstationer vid underfarter.

En temperaturväxling mellan plus- och minusgrader, s.k. nollgenomgångar, är något som är karaktäristiskt för länet vintertid. Närheten till havet och Väneren gör därtill att vädret blir blåsigt och fuktigt. På kort tid kan det därför slå om från torra vägbanor till kyla och ishalka eller snö. Nollgenomgångar sliter på vägbeläggningen men med ett varmare klimat minskar antalet dagar när två på varandra följande dagar har temperaturskillnader som genomkorsar 0°C. SMHI:s analys ger dock ingen information om antalet nollgenomgångar under ett och samma dygn och det går inte att säga att t.ex. antalet trafikolyckor skulle minska. Enligt en avhandling från Göteborgs universitet är olycksrisken störst när den lägsta, dagliga temperaturen rör sig från noll grader och uppåt och enligt avhandlingen kommer antalet dagar med temperaturer strax över noll att fördubblas i Göteborgsområdet och trafikolyckorna p.g.a. av halt underlag teoretiskt öka med 88 procent. Ökningen av totala antalet trafikolyckor skulle dock endast bli 2 procent fram till 2080.¹⁷

Kortare och varmare vintrar medför att säsongen för tjäle blir kortare och att tjäl djupet minskar. Det innebär färre skador på vägbeläggning vid tjällossning. Samtidigt nyttjas tjälen på vissa ställen som en resurs, t.ex. på mindre skogsvägar, för att undvika skador orsakade av tunga transporter. Minskad tjälförekomst kan öka belastningen och slitaget på dessa vägar.

Klimatförändringarna innebär att samhället måste bli ännu bättre på att hitta utsatta vägavsnitt. Havsnivåhöjningen kommer t.ex. att drabba lågt liggande vägar där hela samhällen kan isoleras om viktiga vägar skärs av. Trafikverket ansvarar för den långsiktiga planeringen samt byggandet och underhållet av statliga vägar och järnvägar, och verket genomför riskanalyser för att identifiera och analysera sårbarheten i det statliga vägtransportsystemet vad gäller klimatförändringarnas effekter med fokus på översvämning och erosion.

¹⁷ Andersson, Anna (2010). *Winter Road Conditions and Traffic Accidents in Sweden and UK – Present and Future Climate Scenarios*. ISBN 978-91-628-7996-9.

 **Läs mer:** Trafikverkets webbplats www.trafikverket.se, där det står mer om Trafikverkets översiktliga riskanalyser av nationellt viktiga väg- och järnvägssträckor.

Järnväg

Länets järnvägsnät påverkas i stort av samma klimatfaktorer som vägnätet. Den största skillnaden gäller i huvudsak ytskiktet och belastningen. Järnvägen är därtill oerhört elberoende och översvämningar skadar markförlagda spårledning och signalkablar. Det är därför viktigt att placera ställverksbyggnader och skåp på översvämningssäkra platser.

Banvallens stabilitet påverkas vid översvämningar om det uppstår stora skillnader i vattennivå utmed bandikena. Det gör att det är viktigt att ta hänsyn till avvattningsområden kring järnvägsområdet, så att det inte uppstår stora vattennivåskillnader i bandiken eller på ställen som ligger i omedelbar närhet till små eller medelstora vattendrag.

Därtill kommer den förväntade ökade temperaturen sommartid öka risken för solkurvor på järnvägsdelar med skravspår. Detta kan medföra att risken för olyckor ökar och även att rälsunderhållet ökar.

Dagens klimatscenarier visar ingen ökningen av antalet stormtillfällen, men detta kan komma att ändras med ny forskning och järnvägsnätet är sårbart för stormfällning av träd som leder till avbrott i kraftförsörjningen. Med ett varmare och blötare klimat kan stormar vintertid i blöt otjälad mark medföra en större mängd rotvältor, vilket i sin tur kan komma att orsaka fler störningar.

Konsekvenserna av störningar för järnvägsnätet förstärks av att det är betydligt svårare för järnvägen än för vägtrafiken att leda om trafik till andra banor. Länets järnvägsnät klarar sig dock relativt bra vid en havsnivåhöjning och eftersom det handlar om stora investeringar som ska hålla över lång tid planeras de med stora säkerhetsmarginaler.

Trafikverket ansvarar för den långsiktiga planeringen, byggandet och underhållet av statliga vägar och järnvägar, och verket planerar att inventera riskerna för naturolyckor inom järnvägsnätet med en metod som utgår från den man har använt för vägnätet.¹⁸

 **Läs mer:** Trafikverkets webbplats www.trafikverket.se, där det står mer om Trafikverkets översiktliga riskanalyser av nationellt viktiga väg- och järnvägssträckor.

Sjöfart

De klimatfaktorer som främst påverkar sjöfarten är förändrat vattenstånd samt vind- och isförhållanden.

Höga vattenstånd i havet, i Väner och i farleder som Göta älv kan komma att orsaka problem för sjöfarten. Säkerhetsmarginalerna till broar kan minska och tekniska problem med t.ex. klaff- och landgångsanordningar kan uppstå vid de kommersiella kajerna.

¹⁸ Trafikverket (2005). *Risikanalyser av vägsträckor*.

Risken för tillfälliga översvämningar bedöms generellt inte vara ett stort problem inför framtiden eftersom kajerna ligger så pass högt att de klarar de extrema högvattensscenarierna. Det är dock osäkert hur den globala havsnivåhöjningen kan komma att påverka sjöfarten. Lågt liggande hamnar och färjelägen kan påverkas och anpassningar krävas när havet stiger.

Vid tillfälligt höga vattenstånd i havet orsakade av kraftiga lågtryck samt i samband med storm eller kraftig vind kan lösa föremål som containrar utgöra en fara om uppställningsytor översvämmas.

Även låga vattenstånd kan bli ett ökat problem, och i SMHI:s analys 2010 av översvämningensriskerna för Vänern¹⁹ framkommer att förekomsten av riktigt låga nivåer i Vänern och Göta älv kan öka i ett förändrat klimat. Risken är störst sommartid, vilket speciellt kan påverka mindre hamnar för fritids- och småbåtar som kan få problem vid isättning av båtar och angöring till bryggor. Sjöfarten kan också komma att få problem på grund av mindre säkerhetsmarginaler för grundstötning.


En minskad förekomst av havsis till följd av mildare vintrar är något som är övervägande positivt för sjöfarten, eftersom det underlättar vintersjöfarten vid länets kusthamnar och minskar behovet av och kostnaderna för isbrytare.

Flyg

Flygtrafiken i länet bedöms inte påverkas i så stor utsträckning av de förväntade klimatförändringarna. Luftfarten är dock känslig för extremt väder och beroende av att andra system fungerar, t.ex. transporter, dagvattenhantering, elförsörjning samt tele- och datakommunikation.

Intensivt regn och snöfall, isbeläggning, kraftig vind samt dimma och åska är problemväder för flygtrafiken, och höga flöden till följd av kraftiga regn kan ge problem i redan överansträngda dagvattensystem. Luftfartsstyrelsen gjorde 2008 en sårbarhetsanalys²⁰ över renoveringsbehovet av flygplatsers dagvattensystem. Den visar att systemen på flera av landets flygplatser är underdimensionerade redan i dag och anpassningar kommer krävas för att undvika översvämningar som kan skada flygfälten.

Högre grundvattennivåer till följd av ökad nederbörd och förändrat tjäldjup kan därtill ge konsekvenser för rullbanors bärighet. Tjälproblemen minskar dock med varmare vintrar, vilket generellt sett bör vara positivt. Högre temperaturer kommer dessutom leda till att behovet av avisning och halkbekämpning minskar, vilket också är en positiv effekt.

 **Läs mer:** Sårbarhetsanalys av rullbanors förändrade bärighet och renoveringsbehov av flygplatsers dagvattensystem, Luftfartsstyrelsen.

Behov av anpassning

För att minska sårbarheten är det viktigt att infrastrukturen är robust och att kommunikationerna i länet anpassas till de störningar som kan förväntas av ett föränd-

¹⁹ SMHI (2010). *Fördjupad studie rörande översvämningensriskerna för Vänern*. Rapportnr 2010-85.

²⁰ Luftfartsstyrelsen (2008). *Sårbarhetsanalys av rullbanors förändrade bärighet och renoveringsbehov av flygplatsers dagvattensystem*.

rat klimat. Infrastruktur planeras ofta utifrån ett långt perspektiv och vid planering för nya investeringar är det viktigt att ta hänsyn till aktuell kunskap om förändringar inom den beräknade livslängden. Bland annat bör klimatförändringarna beaktas när man väljer lokalisering och utformning.

För befintliga vägar och järnvägar, där problem finns redan i dag eller kan förväntas inom en snar framtid, bör det enskilda fallet avgöra vad som är rimliga åtgärder. Vid ombyggnation och renovering av befintliga vägar bör dessa anpassas för ett förändrat klimat.

Direkta effekter på infrastrukturen ger indirekta effekter för många verksamheter i samhället som är beroende av ett fungerande väg- och järnvägsnät, sjöfart och flyg. Helheten måste alltid beaktas och vägas in i åtgärderna.

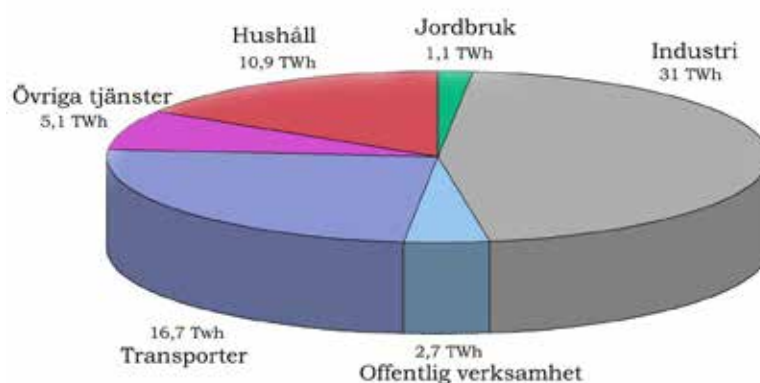
Det är viktigt att ofta se över vägars och järnvägars omgivning samt notera t.ex. igensatta trummor, igensatta diken och nyuppkomna avbördningspunkter, för att på så sätt kunna anpassa kritiska punkter till de förändrade förhållandena. Det kan också finnas anledning att öka avståndet mellan träd samt vägar och järnvägar för att minska konsekvenserna vid stormfällning.



Tekniska försörjningssystem

Energiproduktion, distribution och förbrukning

I Västra Götalands län finns mycket industriell verksamhet som förbrukar energi. Verksamheten orsakar också många transporter, vilket gör att energiförbrukningen inom transportsektorn är hög. Industri och transporter står tillsammans för 70% av energianvändningen. Hushållen står för knappt en sjättedel.



Figur 30: Energianvändningen i Västra Götalands län.

Ungefär hälften av den energi som används inom Västra Götalands län kommer från fossila bränslen, även om stora satsningar görs för att minska fossilberoendet.

Elproduktionen i länet domineras av vattenkraft, och för att ett vattenkraftverk ska ha en stabiliserande effekt på elnätet krävs att kraftverket har stor installerad effekt (> 10 MW) och att det finns ett större, reglerbart vattenmagasin uppströms kraftverket. Sjöarna Vänern och Skagen tillhör denna kategori. I länet finns totalt 234 vattenkraftverk som totalt levererar ca 480 MW (2007) per år. Ungefär 350 MW kommer från den storskaliga vattenkraftproduktionen i Göta älv.

Vattenmagasinen utgörs oftast av dämnda sjöar där det finns en större damm, oftast byggd av sten, betong eller jord/fylle, i sjöns utlopp. Om en damm brister och därmed momentant frisläpper en stor vattenmängd kan detta få katastrofala följder för områden som är belägna nedströms. I samband med höga flöden finns det dessutom en risk att dammar överströmmas, vilket är särskilt allvarligt för fyllnadsdammar. En dammägare har ett strikt ansvar för följderna av ett dammbrott och därmed mycket stort ansvar för underhåll och skötsel av dammen.

År 2007 uppdaterades de nationella riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar.²¹ I dessa tas även hänsyn till klimatförändringarna.

²¹ Svenska Kraftnät, Svensk Energi och Svemin (2007). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar*.

Vindkraften är under kraftig utbyggnad i Västra Götalands län. I oktober 2011 hade Västra Götalands län mest vindkraft av alla Sveriges län med drygt 0,53 TWh fördelat på 440 verk.²²

Dricksvattenförsörjning

I Sverige får 85 procent av befolkningen sitt dricksvatten genom allmän vattenförsörjning, vilken består av 51 procent ytvatten, 24 procent naturligt grundvatten och 25 procent konstgjord grundvattenbildning. Resten av befolkningen försörjs genom egna grävda eller borrhade brunnar. I Västra Götalands län består den större delen av den allmänna vattenförsörjningen av ytvatten. Det finns få stora grundvattenförekomster i länet; de som finns är huvudsakligen belägna i södra Älvsborg samt i området mellan Vänern och Vättern.

Tabell 8: Länets största vattentäkter.

Länets största vattentäkter	Kommuner
Göta älv	Göteborg, Öckerö, Partille, Mölndal, Trollhättan, Lilla Edet, Kungälv
Rådasjön och Kåsjön	Mölndal, Partille, reserv för Göteborg
Vänern	Åmål, Mellerud, Vänersborg, Lidköping, Mariestad
Vättern	Hjo, Karlsborg, Skara, Skövde, Falköping
Stora Hällungen	Stenungsund + petrokemiindustrin i Stenungsunds kommun
Kärnsjön	Lysekil + Scanraff
Öresjö	Borås
Köperådssjöarna	Uddevalla

Konsekvenser för länets tekniska försörjningssystem

Energianvändning

Klimatförändringarna kommer att leda till en förändrad energianvändning. Sommartid förväntas kylbehovet öka men även fortsättningsvis kommer effekttoppen för el att ligga under vintern, eftersom mycket el används till uppvärmning. Energiförbrukningen domineras dock av industrier och transporter och därför blir skillnaden i total förbrukning inte så stor, men klimatförändringarna kan leda till en ökad folklig opinion mot fossila bränslen och därmed en ökad energieffektivisering.

²² <http://www.vgregion.se/sv/Vastra-Gotalandsregionen/startsida/Miljo/Prioriterade-miljoomraden/Energi/Vind/> (2012-04-21)

Energiproduktion

Vattenkraft-Strömfallsvattenkraftverk

De förväntade climateffekterna innebär vissa fördelar för den småskaliga vattenkraftproduktion som saknar regleringsmöjligheter uppströms, där produktionen av el helt står i proportion till tillrinnande vattenmängder. El kan produceras under höst och vinter när energibehovet i Sverige är som störst men kalla vintrar, när vattnet är bundet i form av snö och is och tillrinningarna till sjöar och vattendrag är minimal eller ingen alls, kan denna form av vattenkraftverk inte producera särskilt mycket energi även om behovet av el är stort. Om vattnet däremot inte binds i frusen form kan produktionen hållas konstant eller t.o.m. öka.

Vattenkraft -Storskalig reglerbar vattenkraft

Den storskaliga och reglerbara vattenkraften, vilken betraktas som mycket viktig för den nationella energiförsörjningen, är beroende av ett stort och reglerbart vattenmagasin. De stora vattenkraftsmagasinen brukar indelas i dels flerårsmagasin, dels årsmagasin, där ett flerårsmagasin kan fungera som bränsledepå i flera år medan årsmagasinen huvudsakligen sparar vatten från vårfloeden för att detta ska kunna användas för elproduktion nästkommande höst och vinter när behovet av energi är som störst. De vattensystem som försörjs med flerårsmagasin är minst känsliga för torrår ur ett elproduktionsperspektiv.

Utöver att de utgör en viktig bränsledepå har stora vattenmagasin en dämpande effekt på höga flöden i ett vattensystem. Traditionellt sett inträffar de högsta vattenföringarna under vårens snösmältning när vattenmagasinen är tomma efter vinterns stora elproduktion. Vattenmagasinen dämpar då effektivt de höga vattenföringar som annars är en naturlig del av vattensystemets hydrologi.

Om det däremot kommer stora regnmängder under hösten när vattenmagasinen är fulla betar sig vattensystemet naturligt, dvs. kraftverken bräddar förbi tillrinnande vattenmängder, vilket leder till översvämningar i älvdalarnas lägre belägna delar. De vattenmängder som bräddas förbi kraftverken kan då inte nyttjas för elproduktion.

De förväntade climateffekterna i Västsverige kommer sannolikt att leda till att det blir något svårare att förutse och planera den storskaliga vattenkraftproduktionen, och för att den förutspådda ökningen av nettonederbörden ska kunna användas för elproduktion måste dessa vattenmängder kunna lagras. Detta är dock inte alltid möjligt.

Övriga energislag

Förutsättningarna för *biobränsle* kommer att öka i ett framtida klimat till följd av den förlängda vegetationsperioden. (Läs mer i om skogsbrukets förutsättningar i kapitlet om areella näringar.)

På grund av en spridning i beräkningar av *vindhastighet* kan man inte dra några tydliga slutsatser kring hur vindhastigheten kommer att påverkas. Vindkraften påverkas dock positivt av den minskade risken för nedisning.

Distribution

Ledningsburna system är utsatta för risker som är kopplade till klimatförändringens effekter, eftersom ledningar dras långa sträckor för att nå fram till anläggningar och bebyggelse, även genom och över områden där marken har sämre bärighet.

Ungefär 40 procent av elavbrotten i Sverige beror på väderrelaterade problem och elnätet påverkas av storm, åska, salt, isbildning och vattentillgång. Vinstyrkan förväntas, enligt de flesta klimatscenarier, inte bli högre av klimatförändringen. Skadorna på luftburna ledningar i samband med stormar kan dock bli större på grund av ökad stormfällning. Den ökade markfuktigheten kan dessutom orsaka sättningar. Minskad nedisning är dock positivt för elnätet. Markledningarna är mindre sårbara även om antalet elavbrott kan komma att öka till följd av fler rotvältor i samband med stormar.

Mer nederbörd ger ökad vattenmättnad i marken. Detta kommer, tillsammans med mindre tjäle, att öka risken för röta eller rostangrepp, vilket kan ge kortare livslängd på ledningsstolpar och markförlagda ledningar.

Dricksvattenförsörjningen

Svenskt Vatten tog fram en underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60) för att belysa konsekvenserna för dricksvattenförsörjningen av ett förändrat klimat.²³

Rapporten lyfter fram att Sverige i dag är gynnat ur vattenförsörjningssynpunkt genom god tillgång på vatten och en relativt god råvattenkvalitet. Troligtvis kommer Sverige även i framtiden att vara gynnat utifrån dessa aspekter eftersom större delen av Sverige sannolikt kommer att få en ökad tillgång på vatten.

Emellertid lyfter utredningen fram vissa hotbilder i form av ökad mikrobiologisk påverkan och till viss del ökad kemisk påverkan, främst som ett resultat av fler skyfall och kraftig nederbörd som transporterar föroreningar från landområden till sjöar och vattendrag. Utredningen lyfter därför fram ett ökat behov av skydd av vattentäkter och att vattenverken kan komma att behöva kompletteras med ytterligare beredningssteg främst med hänsyn till parasiter och virus. Även ledningsnätet kan komma att beröras genom en ökad risk för ras och skred.

Västra Götaland förväntas få en högre nettonederbörd och högre temperaturer. Dricksvattenförsörjningen består huvudsakligen av beredning av ytvatten, vilket har en högre sårbarhet än grundvatten för mikrobiologisk påverkan och föroreningsspridning från land. Distribution sker dessutom långa sträckor genom stora ledningsnät. En högre andel ledningsbrott kan också förväntas till följd av effekter av ras och skred eftersom det finns många skredkänsliga områden i Västra Götaland.

Behov av anpassning

Klimatförändringen kommer att påverka naturgassystemet och fjärrvärmesystem på sikt t.ex. genom ökad korrosion, markförskjutningar och sättningar till följd av ökade regnmängder. Den här typen av problem ställer krav på företagens uppmärk-

²³ Svenskt Vatten (2007). *Dricksvattenförsörjning i förändrat klimat – Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen*. ISSN nr: 1651-6893.

samhet och regelbunden bevakning av anläggningar och nät för att förebygga problemen.

Det förändrade klimatet ställer även högre krav på redundans i systemet för dricksvattenförsörjning för att undvika långvariga avbrott. Redundans kan t.ex. innebära att överföringsledningarna dubblas mellan större orter, att vatten kan skickas till en ort från flera håll eller att det finns lokala reservvattentäkter.

Vattenverken i Västsverige kommer troligen att behöva installera fler beredningssteg i vattenverken för att motverka vattenburna smittoutbrott. Detta leder i sin tur till betydligt högre kostnader. Redan i dag investerar Göteborg Vatten i nanofilter i vattenverket Alelyckan; investeringskostnaden beräknas uppgå till 700 000 kronor.



Areella näringar

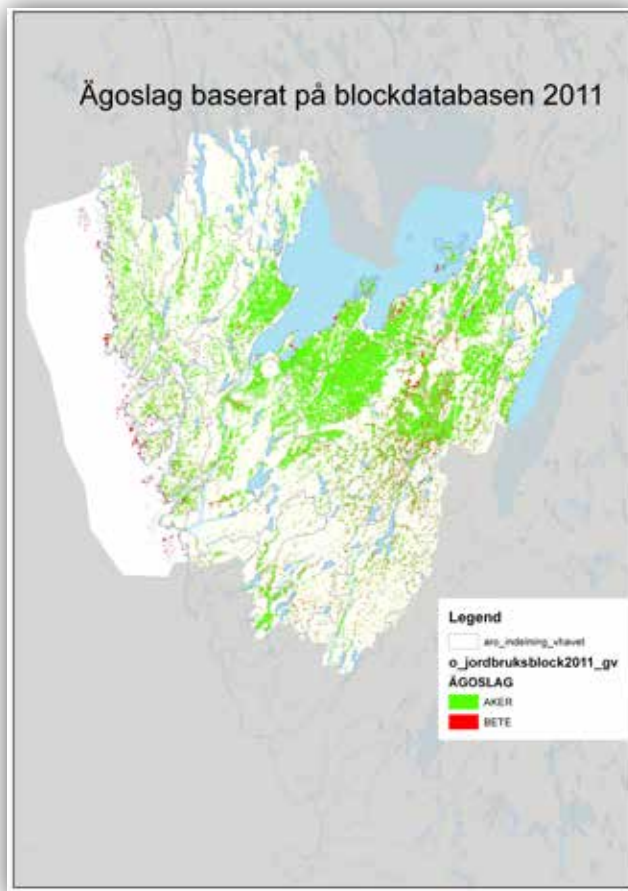
Jordbruk

Västra Götalands län är Sveriges största jordbrukslän och på samma sätt som länet är jordbruket heterogent i form av både större sammanhängande slättområden och områden i skogsbygd där jordbruket är mer utspritt.

Naturligtvis skiljer sig jordarterna åt i olika delar av länet, vilket är en faktor som styr jordbrukets möjligheter men också dess känslighet för klimatförändringar. Lite förenklat kan man säga att slättområdena har lerjordar medan det i skogsbygden finns grövre jordarter med högre genomsläpplighet. Lerjordarna har en högre vattenhållande förmåga, vilket är bra under torrare perioder men det också innebär problem om det kommer för mycket vatten. De grövre jordarna dräneras däremot snabbare men de magasinerar å andra sidan inte vatten på samma sätt som lerjordarna, vilket innebär att de är mer torkkänsliga.

År 2012 skickade 12 000 personer in ansökningar om arealstöd till Länsstyrelsen, och eftersom de flesta lantbrukare söker stöd ger detta god information om antalet lantbrukare i länet. Majoriteten av lantbrukarna har även andra sysselsättningar; andelen heltidssysselsatta lantbrukare inom jordbruk ligger strax under 20 procent. Dessa brukar dock en stor andel av den produktiva åkermarken.

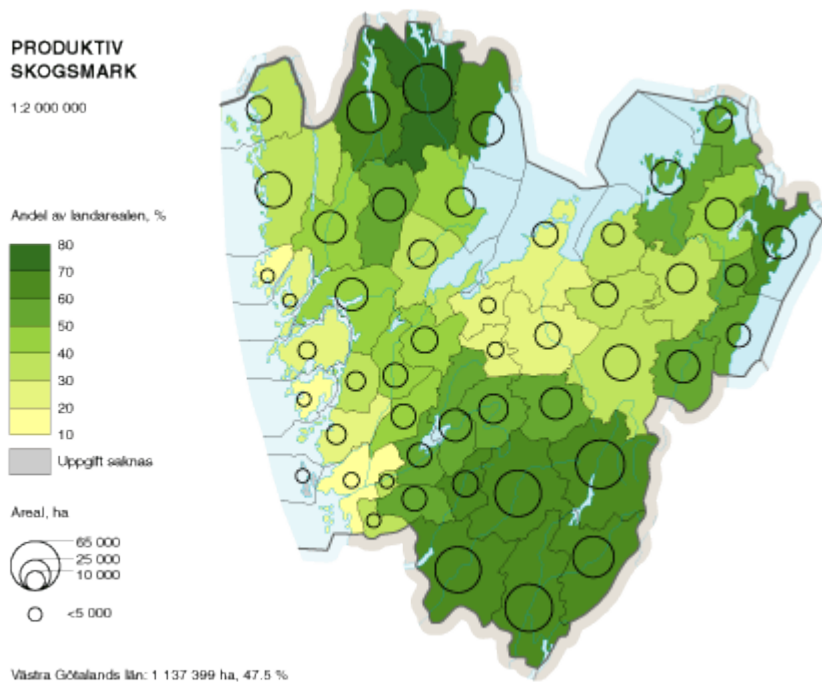
När det gäller jordbrukets struktur skiljer sig det åt mellan olika delar av länet. I stora drag finns den större delen av de stora brukarna i Skaraborg samt i de södra delarna av Dalsland. Trenden är att de största och de allra minsta företagen ökar i antal. En allt större andel av produktionen sker alltså på allt färre men större enheter.



Figur 31: Fördelning av ägoslag i Västra Götalands län, 2011.

Skogsbruk

Arealen skogsmark är 1,3 miljoner hektar, vilket är cirka tre gånger mer än åkerarealen. Det finns drygt 47 000 skogsägare i länet och strax under 40 procent är kvinnor. Virkesförrådet på produktiv skogsmark består till ca 50 procent av gran och till 30 procent av tall; resten är lövträd varav björk är huvuddelen.



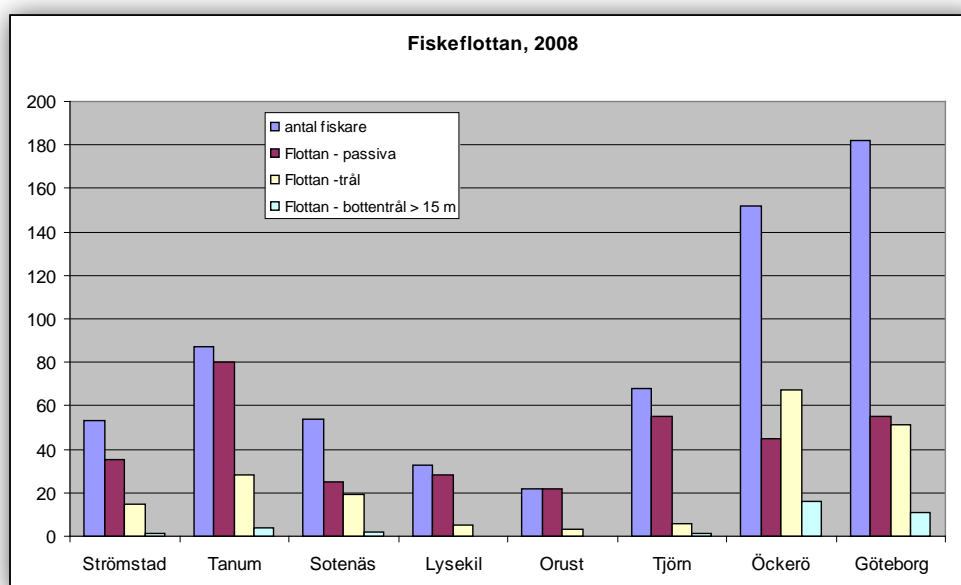
Figur 32: Produktiv skogsmark i Västra Götalands län. Bild: Sveriges Nationalatlas, Västra Götaland.

Fiske

Västra Götalands län är Sveriges största fiskelän med ett varierat och mångsidigt fiske. De gynnsamma förutsättningarna för fiske har medfört att fisket och fiskerinäringen har utvecklats till en relativt sett viktig näring i länet. Fiskerinäringen består av yrkesfisket och beredningsindustrin, vattenbruket samt fisketurismen. Förutom havsfisket bedrivs yrkesmässigt fiske på Vänern och i Vättern. Även om fiskerinäringen har hemmahamnar i länet innebär det inte att de fångar fisken inom länets gränser.

I Västra Götalands län finns över hälften av Sveriges landningshamnar. Länet svarar därtill för ca 2/3 av Sveriges fiskberedningsindustri och här återfinns hela spektrumet från små familjeföretag upp till stora välkända företag med hundratals anställda. Sotenäs kommun är den kommun i landet där fiskberedningsindustrin är störst med ca 1/3 av alla sysselsatta.

Tabell 9: Fiskeflottan i Västra Götalands län 2008.



Klimatförändringarnas konsekvenser

Jordbruk

En ökad årsmedeltemperatur leder till att vegetationsperioden förlängs, vilket ger jordbruket större möjligheter. Dels kan de grödor man odlar i dag få längre växtsäsong och därmed större produktion, dels finns möjligheter att odla nya grödor. Vidare kan de grödor som ska övervintra påverkas – t.ex. kan övervintringen för höstoljeväxter öka. En längre vegetationsperiod innebär också att grödorna har en längre period på sig att ta upp växtnäring, vilket är positivt.

Ökad nederbörd kan innebära att fördelarna med en längre vegetationsperiod inte kommer att kunna nyttjas fullt ut. Det stora problemet med ökad nederbörd är att möjligheten till ett bra vårbruk samt en bra skörd och höstsådd kan begränsas. Till detta kommer problemet med ett ökat antal skyfall. En fördel med ökad nederbörd är dock att riskerna med vattenunderskott under torrperioder kan minska.

Med ökad nederbörd ökar risken för näringsläckage. En ökad temperatur och längre vegetationsperiod gynnar också skadegörare och ogräs, vilket på sikt kan leda till att problemet med skadegörare ökar. Dels blir effekterna större av dem som redan finns, dels hittar nya skadegörare till länet. Det gäller både växtodlingen (ogräs, svampar m.m.) och animalieproduktionen (sjukdomar).

Ökad temperatur och fuktighet medför att risken för infektionssjukdomar ökar, där vissa smittsamma sjukdomar som är vanliga i dag kan komma att minska medan andra sjukdomar ökar och nya tillkommer. Det gäller både foder-, livsmedels-, vatten- och vektorburna smittor. Nya smittämnen som kan överleva och smitta djur och människor i Sverige är t.ex. blåtunga och leishmanios. Befintliga smittämnen som ökar är t.ex. stora leverflundran.

För animalieproduktionen medför en ökad temperatur ökade förutsättningar att hålla djur utomhus en större del av året. Detta kan leda till en minskning av smittsamma diarré- och luftvägssjukdomar som nu är vanliga. Samtidigt är svin- och fjäderfäproduktion känsliga för höga temperaturer. Torra somrar kan dessutom leda till brist på dricksvatten för djuren.

Klimatförändringarna förväntas medföra minskad artrikedomen för både växter och djur, där specialiserade arter blir lidande när förutsättningarna förändras och generalister sprider ut sig.

Höga flöden i vattendrag påverkar jordbruket främst om de medför att åkermark översvämmas eller att dräneringarna inte fungerar fullt ut. En stigande havsnivå ger en liknande effekt, framför allt på kustnära vattendrag. Havsnivån påverkar framför allt möjligheterna att sköta strandängar längs kusten.

En mer indirekt men viktig påverkan inom växtodlingen är hur markstrukturen påverkas. Framför allt lerjordar mår bra av att frysa sönder under vintern, vilket gör att minskat tjäldjup (eller ingen tjäle alls) kan leda till sämre markstruktur. De torrspäckor som uppstår vid varma och torra somrar kan dock kompensera detta.

Skogsbruk

En längre vegetationsperiod ökar förutsättningarna för högre tillväxt i skogen. Dessutom ökar möjligheterna att plantera nya trädslag med mer sydlig utbredning. Den stora skillnaden mellan skogsbruk och jordbruk är den långa omloppstiden; den skog som planteras i dag ska växa i 70 år, vilket kan jämföras med jordbruket där de flesta grödorna är ettåriga och där vallen bryts efter 3–4 år. Planeringshorisonten är alltså mycket längre för skogsbruket.

Antalet skadegörare i form av insekter och svampar kommer sannolikt att öka, eftersom vanliga skadegörare som granbarkborre, snytbagge och rotröta får mer gynnsamma förutsättningar. Dessutom finns en risk att betesskadorna på plantor kan komma att öka.

Varmare klimat med otjälad mark i kombination med högre grundvattennivåer under vinterhalvåret ökar riskerna för stormskador. Även antalet skogsbränder kan komma att öka i omfattning om frekvensen av sammanhängande torrperioder på sommaren ökar. Inom länet bedöms denna frekvens framför allt öka i de västligaste delarna, där arealandelen skog är relativt låg.

Blötare förhållanden vintertid kan leda till svårigheter att transportera ut virket från skogen. Dessutom ökar behovet av bra skogsbilvägar när tjälen uteblir allt oftare.

Fiske

Den klimatkraft som påverkar fiskenäringens möjligheter mest är vindhastigheten men pga. spridningen i SMHI:s beräkningar kan man inte dra några tydliga slutsatser om hur vindhastigheten kommer att påverkas av klimatförändringarna. Ökad blåst skulle kunna leda till att antalet fiskedagar minskar. Det gäller speciellt mindre farttyg. En höjd havsnivå kommer också att påverka möjligheterna att landa fångsten vid nuvarande hamnar.

Den viktigaste klimatkraften för fiskbeståndet är en förändrad vattentemperatur. Det påverkar på generell nivå men det påverkar också temperatursprångskiktet som

kommer att förskjutas utåt med en ökad temperatur. Detta kan i sin tur påverka utbredningsområdena för olika fiskarter.

Temperatur är en av de viktigaste faktorerna för överlevnad och tillväxt hos fiskar. Lite förenklat kan fiskar delas in i kallvattenarter och varmvattenarter, där sik, sill, torsk och laxfiskar är exempel på kallvattenarter medan gädda, gös, ål och kräftdjur är exempel på varmvattenarter. Kallvattenarter är anpassade till lägre temperaturer och kan missgynnas av stigande temperaturer. Ökad vattentemperatur kan påverka fisken på olika sätt – dels fiskens möjligheter till reproduktion, dels fiskens möjligheter som vuxen individ.

Klimatförändringarnas påverkan på djurplankton kommer att vara avgörande för födotillgången för fisken och därmed för överlevnaden hos fiskyngel. Det är osäkert hur djurplanktonsamhällena påverkas av ett ändrat klimat.

För plattfiskar innebär en ökad alg tillväxt i reproduktionsområden att möjligheterna till föryngring minskar. Varmare vatten innebär också att nya arter kommer (och har redan börjat komma) in i landets kustvatten. Exempel är kammaneter och jätteostron. För dagens kommersiella bestånd bedöms dock en ökad temperatur vara positiv, inte minst för havskräfta och hummer.

När det gäller Vänern kommer en ökad vattentemperatur höst och vinter medföra att höstlekande rommen hos laxfiskar (exempelvis sik och siklöja) riskerar att kläckas för tidigt. Däremot påverkas inte vuxna individer av en ökad temperatur. Gösen, som är en ekonomiskt viktig fiskart i Vänern, kommer att påverkas positivt, liksom gädda och abborre.

Behov av anpassning

En längre vegetationsperiod skapar möjligheter för de areella näringarna. Förändringen är ganska långsam och rimligtvis kommer jordbrukssektorn att anpassa sig genom att t.ex. börja odla nya grödor allt eftersom.

Inom jordbruket behöver man fundera i risktermer. Valet av växtföljd påverkar markstrukturen och lantbrukaren behöver i större grad fundera över vilka grödor som ska odlas på olika skiften. För tekniska markavvattningsystem, t.ex. rör och diken, behöver anpassningen till de mer negativa effekterna (framför allt ökad nederbörd) börja redan nu. Det är också viktigt att analysera när, var och hur de ska underhållas. Det är inte självklart det bästa är att rensa och gräva djupare i alla områden utan i stället kan man kanske styra översvämningar till vissa platser. Eftersom åtgärder för att minska översvämningar också kan få positiva effekter för exempelvis problem med övergödning är det viktigt att överväga olika alternativ.

Byggnader för värmekänsliga djur behöver utformas för att ge djuren skydd vid höga temperaturer. Likaså kan solskydd behövas på vissa typer av betesmarker. Tillgången till dricksvatten behöver säkras och skötselåtgärder behövs i vissa fall för att minska risken för smitta; t.ex. kan djuren behöva hållas inne vissa delar av betessäsongen för att hindra överföring av sjukdomar som sprids med insekter eller spindlar. Det finns möjlighet att vaccinera mot vissa sjukdomar och detta kan behövas i större delar av Sverige. Det kommer dessutom att krävas väl fungerande sjukdomsövervakning och beredskapsplaner för att bekämpa smittor som bör hållas utanför Sveriges gränser.

För skogen med sina långa omloppstider är läget ett annat. Dagens plantor kommer att leva som vuxna träd i ett annat klimat med nya skademönster och risker.

Många skadegörare angriper bara på ett trädslag. Därför behöver man redan nu tänka i termer om riskspridning och kanske välja att föryngra med något fler trädslag än man annars skulle gjort. Vidare bör man i rökning och gallring oftare gynna en trädslagsblandning och plantor av andra trädslag som etablerat sig på egen hand.

Skötseln kan varieras vad gäller stormfasthet, omloppstider och avverkningssystemen för ytterligare minska sårbarheten. Vidare bör man arbeta för att det sker en utveckling mot skonsammare uttransporter i skogen via bättre planering och teknik samt broar över bäckar. Vägnätet behöver underhållas för att minska känsligheten för tjälbrist, och i skogen kan den ökade nederbörden medföra ett ökat behov av att underhålla diken.

För fisket är det viktigt att landningshamnarna klarar en höjd havsnivå. Det är också viktigt med åtgärder som möjliggör att fiskars reproduktionsområden inte försämras utan snarare förbättras.



Naturmiljö

Barrskog

I länets södra och östra delar samt i Dalsland och Bohuslän är kulturskogar av gran och tall vanliga. Här är växtligheten ensartad och markvegetationen domineras av lingon- och blåbärsris. Först när skogarna blir riktigt gamla och rika på död ved utvecklas artrika växt- och djursamhällen. Ungefär 2 procent av länets barrskogar är i dag äldre än 120 år.

Granen trivs bäst på fuktig och näringsrik jord. Tallen däremot föredrar väl-dränerade och näringsfattiga marker. På marker med tunt jordtäckte utvecklas hållmarks-skog, där det är glest mellan träden och marken täcks av lavar.

Nationalparken Tresticklan i gränstrakterna mot Norge är ett urskogsområde med tallskogsbevuxna bergryggar växlat med fuktiga, granskogsklädda sänkor. Mager tallskog förekommer också i Dalsland på de mest svårvittrade bergarterna, där den tillsammans med de helt kala knallarna bildar en stark kontrast mot den frodiga vegetationen på de närliggande lerskiffrarna.

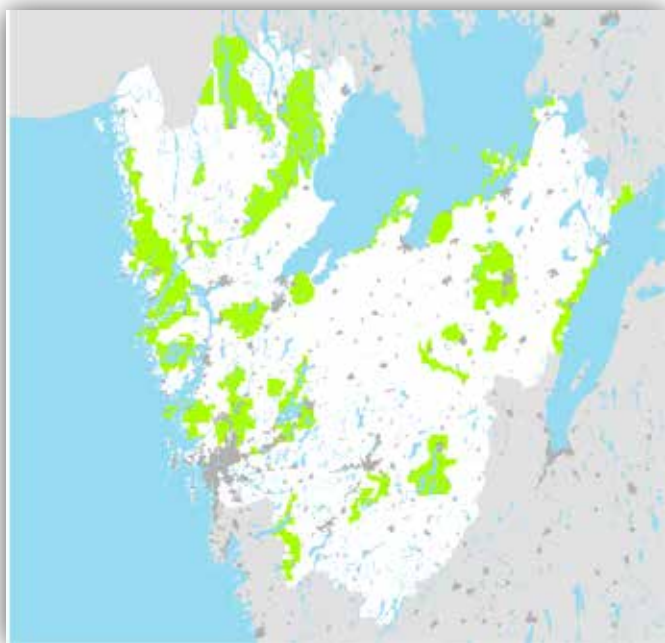
Artrika lövskogar

Lövskogar täcker ungefär 8 procent av länets yta men de är trots den ringa utbredningen av stor ekologisk betydelse. Till skillnad från barrskogarna är de oftast opåverkade av modernt skogsbruk, vilket gynnar många växt- och djurarter.

Innan människan började påverka landskapet i mer betydande grad hade lövskogen en mycket större utbredning. I Bohuslän dalgångar samt kring Vänern och i Falbygden växte ädellövskog där ek, alm, ask, lönn och lind var de dominerande trädslagen men av den ursprungliga ädellövskogen återstår i dag enbart fragment i rasbranter och utmed bergskanter. På andra platser har igenväxande, lövrika slätterängar återgått till ädellövskog. På skalgrusrika marker i Bohuslän utvecklas lövsånar med slån, rosor och hagtorn. Ädellövskogar utgör idag drygt 1 procent av Västra Götalands skogar.

I de västra och södra delarna av länet bildar berget låga, vindpinade krattskogar i höjdlägen och bergbranter. På näringsfattiga marker växer asp och björk. Alsumpskog förekommer i fuktiga dalstråk och på igenväxande blöt mark.

I Västra Götalands län är ädellövskogar, hassellundar, trivialskog med ädellövinslag, större myr- och naturskogsmosaiker, kalkbarrskogar samt skärgårdsnaturskogar särskilt viktiga att bevara för framtiden, inte minst för att de har stort värde ur ett europeiskt perspektiv. Länsstyrelsen har tillsammans med Skogsstyrelsen pekat ut 22 områden med särskilt höga ekologiska bevarandevärden. Dessa värde-trakter har en hög koncentration av värdefulla områden för växt- och djurliv med viktiga ekologiska strukturer och funktioner. De 22 värde-trakterna utgör ca 20 procent av länets produktiva skogsmark och om dessa värdekärnor skyddas utgör de en viktig grund för att uppfylla arealmålet om långsiktigt skydd av skog i riksdagens miljö-kvalitetsmål "Levande skogar".



Figur 32: Med grönt visas områden som innehåller skogstyper vilka är prioriterade för reservatsbildning eller annat långsiktigt skydd

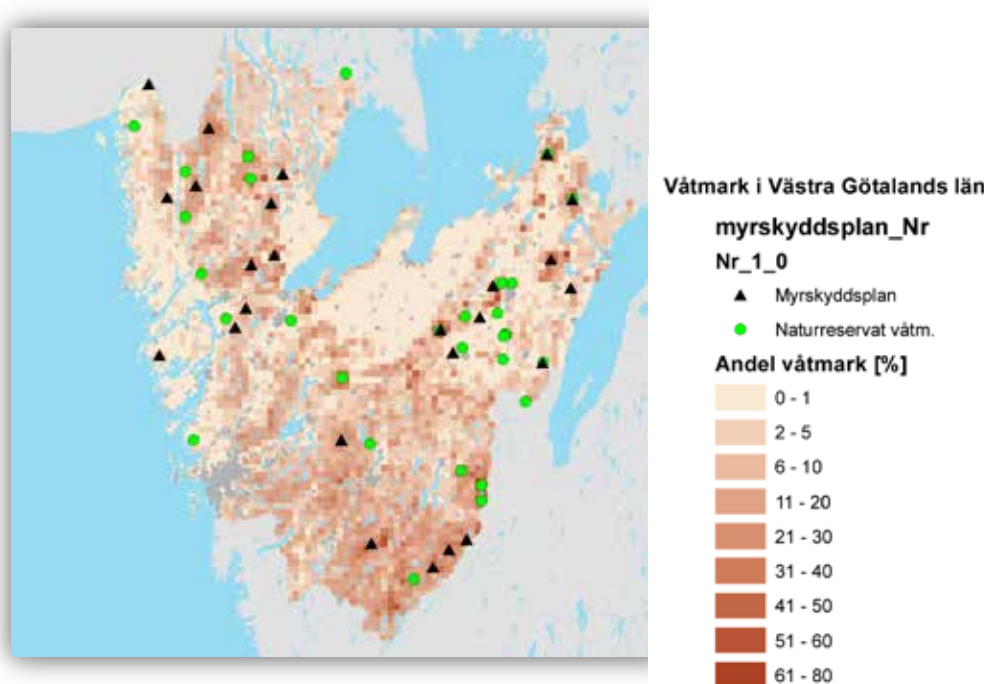
Mossar och rikkärr

I länet finns många typer av våtmarker men magra mossmarker är vanligast; ungefär 4 procent av länets yta täcks av våtmarker. Det största sammanhängande våtmarksområdet är Komosse nära Smålandsgränsen. Det fuktiga klimatet gynnar uppkomsten av näringsfattiga högmossar.

Där grundvatten sipprar ut från näringsrika underlag bildas rikkärr. Dessa förekommer framför allt i Falbygden, på platåbergens sluttningar, i övre Ätrådalen, i delar av Dalsland område samt där skalgrus förekommer nära kusten.

Våtmarkernas ekologiska och vattenhushållande funktion i landskapet ska bibehållas, och de våtmarker som är utvalda i *Myrskyddsplan för Sverige*²⁴ ska bevaras för framtiden genom att de ska få ett långsiktigt skydd. I Västra Götalands län ingår ca 70 våtmarksobjekt i myrskyddsplanen, varav drygt 20 ännu inte har ett långsiktigt skydd.

²⁴ Naturvårdsverket (1994), *Myrskyddsplan för Sverige*, ISBN: 91-620-1113-8



Figur 33: Inom de mörkaste partierna av länet täcker våtmarker 61-80 % av ytan, inom de ljusaste är det bara 0-10 % våtmark. De svarta triangelarna visar var de värdefullaste våtmarkerna finns, enligt myrskyddsplanen för Sverige. De gröna cirklarna visar våtmarker vilka är skyddade som naturreservat.

Odlingslandskapet

Den odlade marken upptar drygt en fjärdedel av länets landyta. Till övervägande del brukas den med moderna högavkastande metoder och den har ett begränsat värde för växt- och djurliv.

Andelen artrika slåtterängar, hagmarker och naturliga betesmarker har minskat kraftigt under 1900-talet och utgör nu endast 3–4 procent av den brukade marken. De flesta kvarvarande slåtterängarna finns i södra Älvsborg. Naturliga betesmarker finner man på strandängar, i hagmarker eller på öppna, kustnära utmarker. I länet finns också många hagmarker med grova ekar. Det finaste exemplet på välbevarad ekhage finns i Västra Tunhem, där också den sällsynta läderbaggen förekommer.

I bevarandeprogram för odlingslandskapets natur- och kulturvärden avgränsas de områden i länet där de största värdena kopplade till hävdade marker (öppna marker som sköts genom bete eller slåtter) och ett sammanhållet odlingslandskap finns bevarade.^{25,26,27}

²⁵ Länsstyrelsen i Skaraborgs län (1992), *Bevarandeprogram och åtgärdsprogram för odlingslandskapets natur- och kulturmiljövärden i Skaraborgs län*, meddelande 8/1992

²⁶ Länsstyrelsen i Älvsborgs län (1994), *Värdefulla odlingslandskap i Älvsborgs län*, rapport 1994:5

Klimatförändringarnas konsekvenser

Denna text är till stor del ett sammandrag av SMHI:s rapport *Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete*.²⁸

Sett ur de biologiska systemens synvinkel är de förväntade klimatförändringarna stora och de sker snabbt. Naturen har dock en viss tröghet, vilket kan fördröja effekten av olika former av påverkan. Det kan finnas tröskelvärden som snabbt kan leda till stora förändringar om de överskrids.

Vatten

Klimatet har stor betydelse för läckage och avrinning från marken. Det finns stora förråd av näringsämnen lagrade i marken, och ökad markfuktighet och temperatur ökar nedbrytningen av dessa. Även en liten ökning av nedbrytningshastigheten kan få stora effekter på närsaltflödet. Temperatur, nederbörd och vindförhållanden påverkar utsläpp av fosfor och kväve till vatten, kväve och ammoniak till luften samt nedfall och transport i mark, till hav och i hav. Humusläckage till sjöar och vattendrag ökar med högre avrinning, vilket ger försämrat siktdjup och därmed minskad växtplanktonproduktion.

Översvämningar påverkar övergödningen i vattendrag och sjöar, utlakning av giftiga ämnen från markområden samt riskerna med erosion. I Västra Götaland finns många vattendrag i erosionsbenägna jordar, varav Göta älv är det mest kända exemplet.

Torrare somrar med mindre mängd tillgängligt vatten påverkar vattnets kvalitet negativt. Ökad bevattning under torra somrar ger därtill lägre vattennivåer i sjöar och vattendrag. Förändrade vattenstånd kan ge utlakningseffekter av fosfor från blottlagda sediment.

Varje avrinningsområde påverkas individuellt av en ökad belastning av näringsämnen – dels beroende på var jordbruksmarken är belägen i förhållande till sjöar, dels eftersom det är oklart hur en ökad naturlig reduktion i vattendrag och sjöar kompenserar den ökade belastningen. Därmed blir även belastningen på havet svårtydd.

Högre sommartemperaturer gynnar algblooming, vilket leder till ökad nedbrytning av organisk substans i vatten och sediment. Detta ger i sin tur syrebrist och frisläppning av fosfor. En temperaturökning ändrar sammansättningen av alger, vilket påverkar hela näringskedjan och koncentrationerna av närsalter. Enskilda sjöar och havsområden ger därför olika respons på förändringar i klimatet. I södra Sverige har tidigare islossning redan lett till förändringar i sjöarnas kemiska status.

Därutöver leder en höjning av havsnivån till ökad erosion av kustnära områden, vilket ökar övergödningen i havet.

Våtmarker

Våtmarker kan minska belastningen av fosfor och kväve samt påverka växthusgasflöden. De ökar också den biologiska mångfalden. Att återskapa ett mer ursprung-

²⁷ Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län (1995), *Värdefulla odlingslandskap i Göteborgs och Bohus län. Bevarandeprogram för odlingslandskapets natur- och kulturmiljövården*, 1995:21

²⁸ SMHI (2010). *Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete*. Gunn Persson, Markku Rummukainen, Klimatologi nr 2/2010.

ligt vattenlandskap kan öka den vattenbuffrande förmågan i ett avrinningsområde, vilket sannolikt minska flödestoppar och översvåmningsrisker. Dock behövs mer kunskap och hydrologiska analyser av hur naturvårdsåtgärder som igenläggning av diken, återskapande av våtmarker och restaurering av vattendrag kan bidra i arbetet med anpassning till klimatförändringar. Det är dock inte självklart att våtmarker är en bra lösning, eftersom det krävs stora arealer för att nå avsedd effekt.

Lägre vattenföring sommartid leder troligen till igenväxta våtmarker och minskar deras artrikedom och havsnivåhöjningen kan ge förlust av kustnära våtmarker. Till detta ska läggas att intresset för torvbrytning ökar, vilket påverkar våtmarkernas hydrologi.

Biologisk mångfald

Ett förändrat klimat ger ökade förutsättningar för invandring av nya arter som kan vara skadliga eller leda till oönskade effekter på nuvarande ekosystem genom konkurrens och utslagning av nuvarande arter. Vattenlevande arter har generellt svårare att finna nya livsmiljöer än många landlevande och de kan därför komma att drabbas hårdare av ett ändrat klimat.

En förändrad temperatur påverkar i första hand organismer som lever i utkanten av sitt utbredningsområde. I några sjöar i Dalsland finns exempelvis en del ishavsrelikter som t.ex. hornsimpan – ett djur som har funnits där sedan inlandsisen drog sig tillbaks men som i övrigt endast har hittats på betydligt nordligare breddgrader. Man kan misstänka att en ytterligare höjd vattentemperatur medför att arter av detta slag slås ut eftersom de är anpassade till ett liv under andra förhållanden.

Röding, lax, torsk och lake trivs i kalla vatten och kommer att få mindre utrymme och mer konkurrens. Abborre, mört, gös och mal gynnas däremot av varmare förhållanden och ökar därför troligen. Främmande arter får dock lättare att etablera sig om inhemska stammar är försvagade och fler sjukdomar kan förväntas.

Den förväntade klimatförändringen kommer att missgynna barrskogen i Sydsverige medan framför allt ädellövträden gynnas. I Västra Götalands län lever flera lövträd, exempelvis ek, bok, ask, lönn, alm och lind, i dag nära sin nordgräns. En längre vegetationsperiod skulle medföra att dessa träd får lättare att sprida sig och överleva. De blir därmed mer allmänt förekommande i landskapet.

Extremår, både torra och våta, kan påverka populationer väldigt mycket. En effekt av att årstidernas växlingar förskjuts är att beroendet mellan arter kan komma ur fas.

Skog

Ett varmare klimat bedöms öka den avverkningsbara skogstillväxten med 20–25 procent under seklet. Samtidigt förväntas riskerna för skador av svamp- och insektsangrepp, vårfrost och stormfällning öka. Stormarnas effekt på skogen ökar sannolikt vid blötare och mildare vintrar. Detta kan ge stora hyggeseffekter i form av ökad utlakning av näringsämnen till vattendragen. Därtill ökar risken för körskador vid användning av tunga fordon på grund av minskad tjäle.

Fler lövträdslag kan självföryngra sig norrut. Ett tätare kronskikt på grund av ökad tillväxt kan leda till mindre växtlighet på marken.

Öppna marker

Med ökad tillväxt och längre vegetationsperiod kan skötselbehovet öka i hagmarksmiljöer med gläntor och hamlade träd för att hindra igenväxning. Hamling innebär att man inte avverkar hela träd utan endast skördar unga grenar och skott. Produktion av biomassa för energiändamål riskerar därtill att de minst avkastande markerna, vilka har den största biologiska mångfalden, planteras igen.

Behov av anpassning

De olika sektorsintressena måste skapa sammanhängande korridorer med naturmark i sin planering och i samband med olika åtgärder. Detta är nödvändigt för att arter ska kunna flytta på sig, sprida sig och bilda livskraftiga stammar; finns inte möjligheten att flytta kommer många arter att dö ut, eftersom förändringarna går så snabbt att anpassning till den nya miljön i många fall inte är möjlig.

Vid översiktsplanering är det viktigt att aktivt skapa förutsättningar för sammanhängande spridningskorridorer med naturlig vegetation mellan befintliga områden med naturmark. Kommunerna behöver initiera åtgärder som syftar till detta. I arbetet med detaljplaner är det väldigt viktigt att alltid överväga nyttan av gröna stråk genom och runt planområdet, vilka ansluter till angränsande grönområden.

Längs vägar bör man spara alternativt anlägga en sammanhängande bård med vegetation för att öka möjligheten för en mängd djur och växter att spridas till lämpliga miljöer. Mer kunskap behövs dock om hur sådana bårder bör utformas för att göra bäst nytta för arter som är i behov av hjälp i olika områden. Det arbete som redan pågår med artrika vägkanter bör utvecklas, så att en bredare zon med flera olika vegetationsskikt successivt skapas längs vägarna. Även vattenmiljöer längs vägarna bör på sikt bli möjliga korridorer för migrering.

Det bör finnas skötselplaner för marken i ledningsgatorna. Skötselplanerna bör syfta till att göra ledningsgatorna så lämpliga som möjligt som spridningskorridorer utan att det inkräktar menligt på skötseln av eldistributionsnätet.

Arbetet med att ta bort vandringshinder i vattendragen bör intensifieras för att göra det möjligt för vattenlevande organismer att förflytta sig till nya miljöer när förhållanden inte längre passar. Vid skydd av naturområden blir det allt viktigare att skapa spridningskorridorer mellan områden med stora naturvärden. Det kan också finnas behov av att skydda större sammanhängande naturområden.

Färre och kortare perioder av tjäle kan leda till ett skogsbruk som påverkar på den biologiska mångfalden. För att mildra klimateffekterna bör andelen blandskog öka och hyggesfritt skogsbruk bör tillämpas. Det är också angeläget att värna inhemska trädslag och lokalt anpassade stammar för att därmed stärka förutsättningarna för artbevarande. Nya trädslag och hybridarter inom skogsbruket innebär ytterligare risker för den biologiska mångfalden.

Styrmedel bör tas fram för att hindra att odlingsmarker i skogsbygd och andra lågavkastande öppna marker med hög biologisk mångfald tas i anspråk för odling av biomassa. Samtidigt bör styrmedel tas fram för att stimulera korridorer för odling av biomassa i jordbruksbygder. Detta kan tillföra biologisk mångfald och områdena kan skötas så att de samtidigt kan användas som spridningskorridorer.

Det är viktigt att se till att produktionen av biomassa sker på ett sätt som är positivt för den biologiska mångfalden. Exempelvis kan hamling av träd utföras för att få fram råvara för energiändamål.

Sjukdomsangrepp på olika inhemska trädarter har ökat på senare tid; almsjuka, eksjuka och askskottsjuka är några exempel. Detta leder till en ytterligare försämring av statusen för en stor mängd rödlistade arter knuta till dessa trädslag. Ytterligare utredningar krävs därför för att öka kunskapen om kopplingar till klimatförändringar och hur införsel av nya arter påverkar.

Behovet av restaurering och skötsel av fågelskär och stränder i Väneren ökar när naturliga vattenståndsväxningar begränsas för att minska översvämningensrisken.

Det behövs landskapsanalyser som visar hur fragmenteringen av naturmiljöer ser ut. Mer kunskap behövs också kring vilka spridningsmöjligheter som finns för hotade arter när klimatet förändras.

Det behövs även en sammanställning av metoder och en regional policy för hur jord- och skogsbruk kan bedrivas i ett förändrat klimat utan ökade skador på biologisk mångfald och friluftsvärden i form av t.ex. tillgänglighet. Det kan handla om exempelvis hyggesfritt skogsbruk, begränsning av körskador och dikningsföretag.

Det är viktigt att ta reda på hur åtgärder för att skydda samhället mot klimatförändringar påverkar andra miljömål, exempelvis målet om ett rikt växt- och djurliv. Det behövs även modeller där miljömålen samverkar. Ett exempel är att använda bio-engineering för att dämpa erosion.

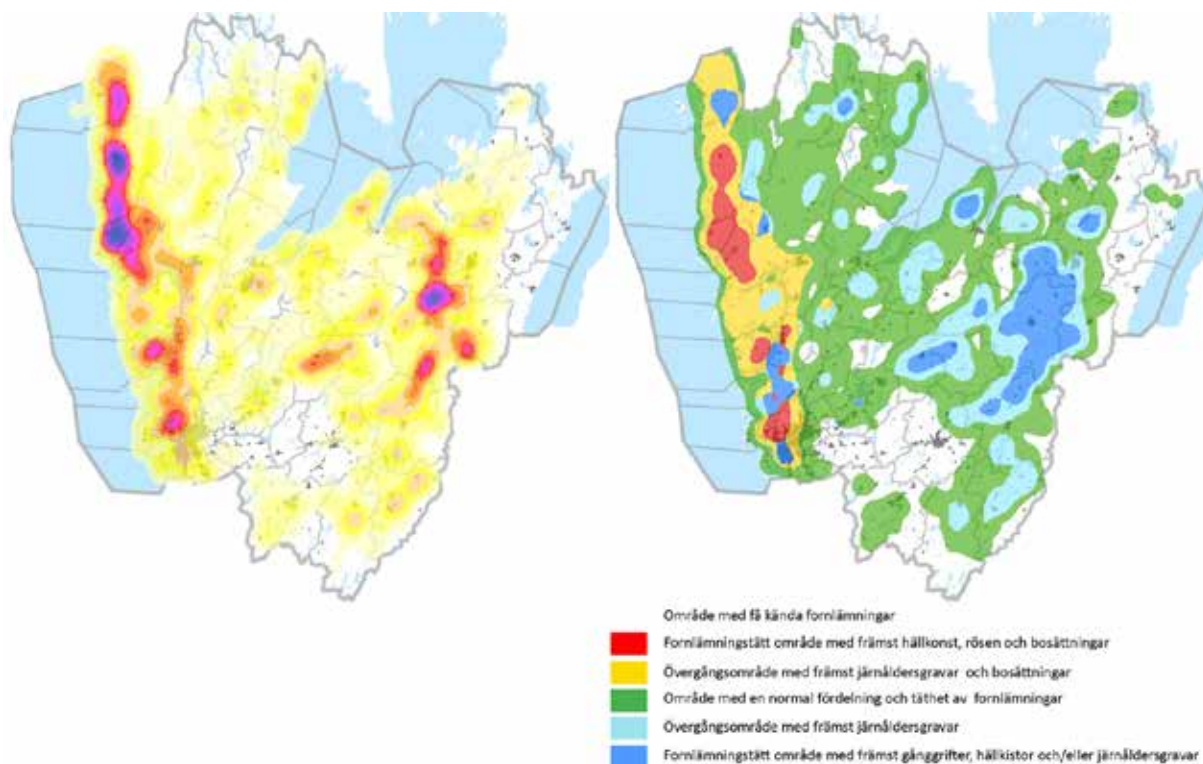
Naturvårdsverket utreder för närvarande hur stora arealer mark och vatten som behöver ett långsiktigt skydd med hänvisning till det elfte målet i Nagoyaöverenskommelsen, där FN enades om att minst 17 procent av jordens landyta ska vara skyddad 2020. Det behövs också en analys av hur ett förändrat klimat påverkar skötseln av skyddade områden.

Det är också viktigt att EU:s nya landsbygdsprogram 2014–2020 styr mot ett hållbart skogs- och jordbruk och leder till en bevarad biologisk mångfald.



Kulturmiljö

Västra Götalands län har ett rikt utbud av olika slags kulturmiljöer från tidig stenålder till senare tiders moderna kulturarv. Det finns i snitt nästan två lagskyddade fornlämningar per kvadratkilometer samt ett byggnadsminne och ett kyrkligt kulturminne vardera på varje femkilometersruta.



Figur 34: Den vänstra kartan visar tätheten av fasta fornlämningar i Västra Götalands län. På den högra kartan har länet indelats i sex tydliga karaktärsområden med hjälp av grupperingsanalys kombinerat med en rumslig tillhörighetsanalys. Bild: Riksantikvarieämbetets fornminnesregister (FMIS).

Den vänstra kartan ovan visar att de registrerade fasta fornlämningarna främst är koncentrerade till en zon innanför den västra kustlinjen samt till ett område mellan Ulricehamn och Skara. Grupperingsanalysen till på den högra kartan visar att ett område mellan Lysekil och Tanumshede kännetecknas av ett stort antal fornlämningar, framför allt hällristningar, bronsåldersrösen och bosättningar med Tanums världsarvsområde i centrum. Det östra området kring Falköping är främst rikt på gånggrifter, hällkistor från yngre stenåldern samt gravfält från järnåldern.

Byggnader och bebyggelsemiljöer är viktiga delar av länets kulturarv, eftersom de på ett mångfasetterat sätt berättar om gångna tider. De utgör därmed en utgångspunkt för orientering i tiden. Länets äldsta städer Skara och Hjo, olika storstadsmiljöer i Göteborg, det agrara kulturarvet, det industriella arvet och inte minst kust- och fiskesamhällen utgör alla delar av ett mycket viktigt men sårbart kulturarv.

Kyrkobyggnaderna representerar en 1000-årig byggnadstradition som rymmer otaliga berättelser om länets historia och för många är kyrkobyggnaden en viktig

symbol för identitet och sammanhållning i samhället. Det finns ett rikt utbud av kyrkor i länet, där särskilt de små och välbevarade romanska kyrkorna i Skaraborg från 1100-talet bör framhållas.

En mycket viktig agrar- och kulturhistorisk händelse som ofta glöms bort är de åtgärder som genomfördes utmed länets vattendrag under främst 1800-talet. Syftet var att utöka den odlingsbara arealen, minska den lokala översvänningsrisken och underlätta flottningen av timmer. Exempel på sådana åtgärder är sjösänkningar, utdikningar, rätning av vattendrag, bottenrensning och stenskonung av strandkanter.

Klimatförändringarnas konsekvenser

Kulturhistorisk bebyggelse

Länets kulturhistoriska bebyggelse kan komma att påverkas på olika sätt av ett förändrat klimat. En del av kulturmiljöerna är belägna inom potentiella riskområden för översvämning, ras, skred och erosion, men de påverkas även av andra klimatafaktorer, t.ex. högre temperatur, ökade regnmängder och fuktigare miljö. Alla byggnadsmaterial försämras med tidens gång och klimatförhållandena är avgörande hur fort den processen går.

Klimatförändringarna innebär en högre temperatur och högre luftfuktighet, vilket kan ge fler svampangrepp, nya skadeinsekter och utfällningar på interiör och värdefulla föremål. I länet finns en tradition att bygga i trä och organiska byggnadsmaterial är extra utsatta för rötskador och skadeangrepp från bakterier, svampar och insekter.

Behovet av ventilationslösningar och avfuktningssystem kommer att öka i känsliga byggnader, t.ex. kyrkor. En fördel hos äldre byggnader kan dock vara att de har byggts med naturliga fuktbufferande material som medger att de bättre kan luftas ut och torka upp vid hög luftfuktighet eller efter en översvämning. När det gäller byggnader i sten, murverk och betong minskar dessutom risken för frostsprängning med färre nollgenomgångar i ett varmare klimat.

Fukt är redan i dag troligen den största orsaken till skador på byggnader och det kommer att bli ett växande problem i ett förändrat klimat med ökad nederbörd,²⁹ men det är inte bara fuktigheten i sig som påverkar byggnadsmaterialen utan även det faktum att fukten transporterar in korrosiva och nedbrytande material in i konstruktionerna.

I ett fuktigare och varmare klimat ökar också risken för korrosion av t.ex. metaller i konstruktioner.³⁰ Detta är speciellt allvarligt för armerade betongkonstruktioner eftersom armeringsjärnen ökar i volym vid korrosion och därmed kan spränga sönder betongen. Speciellt allvarligt är detta för länets kustnära regioner, speciellt

²⁹ Norden (2010). *Klimaendringar og kulturarv i Norden*. Red.: Kaslegard A. Rapport: 2010:590, ISBN: 978-92-893-2156-3.

³⁰ Noah's Ark (2007). *Global Climate Change Impact on Built Heritage and Cultural Landscapes. Atlas and Guidelines*.

Göteborg, eftersom denna korrosion kan orsakas av både höga koldioxidhalter och höga kloridhalter.³¹

Även underjordiska konstruktioner påverkas eftersom metallföremål och betong riskerar att korrodera snabbare, vilket främst beror på att mildrare vintrar ger längre korrosionsperioder.

Mycket av den kulturhistoriska bebyggelsen finns i strand- och vattennära lägen. De gamla fiskesamhällena längs Bohuskusten är ett stort område med kulturhistoriska värden som riskerar att bli översvämmade vid extrema högvatten eller att helt försvinna vid en höjning av havsnivån.

En konsekvens redan på kort sikt kan bli att den strandnära bebyggelsestrukturen luckras upp.

Kulturmiljöer

Klimatförändringar kommer att bidra till påverkan på olika kulturmiljöer och landskap som de upplevs i dag. Förutom klimatpåverkan påverkas landskapet främst av markanvändning och skötsel, och dessa faktorer är avhängiga varandra. Det kan därför ibland vara svårt att hänföra vissa förändringar till just klimatet. En ökning av temperaturen kommer dock att förlänga växtsäsongen och ändra förutsättningarna för växt- och djurliv och därmed utbredningen av olika typer av vegetation, vilket gör att landskapets upplevelsevärde kommer att förändras. En längre växtsäsong dessutom kommer att kräva intensivare och dyrare skötsel en längre del av året och landskap och kulturmiljöer som inte sköts kommer att växa igen snabbare i framtiden.³²

Förutsättningarna för att bevara kulturlandskapets beståndsdelar i form av de arkeologiska lämningarna är starkt beroende av de miljö- och klimatförhållanden som omger dem. Det finns emellertid stor osäkerhet när det gäller vilka och hur starka effekterna kommer att bli. Klimatförändringarna kommer också att påverka de arkeologiska lämningarna olika, beroende på material och framför allt på huruvida de befinner sig ovan eller under jord eller vatten.

Arkeologiska lämningar som är bevarade ovan jord, t.ex. ruiner, gravvårdar, hällristningar³³ och runstenar,³⁴ är utsatta för både kemisk, fysisk och biologisk nedbrytning. Dessa processer är speciellt klimatberoende. Den kemiska nedbrytningen, som gynnas av hög temperatur och fuktiga förhållanden, förväntas att öka något i länet. Den betydligt allvarigare frostsprängningen kommer däremot att minska, eftersom den förväntade temperaturhöjningen vintertid kommer att medföra ett minskat antal nollövergångar.

En ökad risk för igenväxning kommer att medföra att mikroklimatet blir fuktigare och mer aggressivt, att kulturminnena bli mindre synliga och att skador uppstår

³¹ SINTEF Byggeforsk Kunnskapssystemer (2009). *Armeringskorrosjon*. Blad nr 520.061

³² Norden (2010). *Klimaendringer og kulturarv i Norden*. Red: Kaslegard A. Rapport 2010:590, ISBN 978-92-893-2156-3.

³³ Löfvendahl, R & Magnusson, J. (2000). *Research and development – Degradation and Care*. In: *Rock Carvings in the Borderland. Bohuslän and Østfold*. Slutrapport från ett INTERREG IIA-projekt, sid. 47–72. Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Rapport nr 2000:56, ISSN 1403-168X.

³⁴ Löfvendahl, R, Gustavsson, H & Lundberg, B A. (2001). *Runstensvittring under de senaste 400 åren*. Riksantikvarieämbetet 1:1, ISBN 91-7209-216-5.

främst på grund av rotsprängning. Fuktigare jordar och kraftiga vindar därtill ökar riskerna för stormskador på fornlämningar främst i form av rotvältor.

Enligt SMHI:s klimatanalys för länet kommer flera och varmare perioder med värmebölja att inträffa mot slutet av seklet och temperaturhöjningen kommer att vara störst i kustregionen. Detta ökar brandrisken vilket kommer att utgöra ett speciellt hot mot hållristningar främst belägna i skogsmiljö.

Eftersom det finns ett världsarv i Tanum med hållristningar och kulturlandskap som kärnvärden blir detta ett hot av världsomspännande omfattning. Det finns många exempel på brandskadade eller förstörda ristningar i Sydeuropa och Storbritannien, och även inom södra delen av Tanums världsarvsområde skadades ett flertal ristningslokaler svårt av en skogsbrand för ca 30 år sedan.

De diagnostiserade klimatförändringarna kan komma att medföra att vattenbalansen och grundvattenståndet ändras, vilket kan medföra både positiva och negativa konsekvenser för bevarandet av arkeologiskt material under markytan.³⁵ All aerob nedbrytning är avhängig tillgången på syre. En högre och stadigvarande grundvattnenytta med stillastående sötvatten och en ökad vattenmättnad av den omättade zonen i marken skapar en syrefattig miljö som kan bevara de flesta typer av arkeologiskt material, men torkar jordlagren upp under t.ex. längre torrperioder eller värmeböljor under sommaren kan torrsprickor leda ner syre och starta nedbrytningsprocesserna temporärt.

Om grundvattnet är rörligt kan detta bidra till att öka den bakteriella nedbrytningen av främst trä. Salthaltigt vatten kommer också att bidra till att bryta ner föremål av olika slag av metall. En minskad eller helt utebliven tjäle i marken kommer därtill att öka skadorna och förstörelsen av arkeologiska lämningar i samband med gallring och slutavverkning av skog.

 Läs mer: Klimaändringar och kulturarv i Norden³⁶

Behov av anpassning

Den sammanlagda prognosen över klimatförändringarnas effekter på olika typer av kulturmiljöer och landskap är att belastningen generellt sett kommer att öka, även om man också kan förvänta sig en del positiva effekter. Flera extremvädersituationer kan komma att skada eller förstöra ett allt ökande antal kulturlämningar i framtiden samtidigt som flera av de långsiktigt verkande nedbrytningsprocesserna kommer att accelerera. Detta kan få konsekvenser för förvaltningen av kulturarvet eftersom förutsättningarna för bevarandet av olika miljöer kommer att förändras – mest till det sämre men i vissa fall även till det bättre.

Det behövs redan i dag fortlöpande åtgärder för underhåll och för att förebygga processer som kan skada kulturarvet och detta arbete blir allt viktigare framöver eftersom dåligt underhållna kulturhistoriskt värdefulla byggnader kommer att förfalla eller förstöras fortare av klimatförändringarna. Det är dock oftast mer samhällsekonomiskt effektivt att förebygga en olycka eller skada på en byggnad än att åtgärda konsekvenserna när det väl har hänt. Det finns inte så mycket att göra för

³⁵ Nord, A & Lagerlöf, A. (2002). *Påverkan på arkeologiskt material i jord. Redovisning av två forskningsprojekt*. Stockholm, Riksantikvarieämbetet. ISBN 91-7209-282-3.

³⁶ Norden (2010). *Klimaändringar og kulturarv i Norden*. Red.: Kaslegard A. Rapport: 2010:590 ISBN: 978-92-893-2156-3.

att förbättra förhållandena för kulturlämningar under markytan men de som finns ovan mark kommer att kräva en ökad tillsyn och i vissa fall förebyggande åtgärder.

Detta förutsätter att de tillgängliga kunskaps- och beslutsunderlagen är tillräckligt heltäckande. För kulturhistoriskt intressanta byggnader och vattenanknutna historiska miljöer saknas ofta dessa underlag medan kunskapsläget för de förhistoriska lämningarna är betydligt bättre.

Eftersom det finns begränsade resurser för att förvalta kulturmiljö måste insatserna främst prioriteras dels till områden med stor risk för negativ klimatpåverkan, dels till områden av särskilt högt kulturhistoriskt värde, t.ex. världsarv, riksintresseområden och områden med kommunala bevarandeplaner.

Det behövs också mer riktad kunskap om hur klimatförändringarna kan komma att påverka kulturarvet både på mikro- och makronivå. Här behövs mer tvärssektoriell och gränsöverskridande forskning för att bringa klarhet i de ofta mycket komplexa frågeställningar som styr dessa processer. Detta kommer att kräva ökade resurser till ett förändrat och mer tvärssektoriellt arbetssätt i framtiden.



Människors hälsa och säkerhet

Samhällets funktionalitet

För att det moderna samhället ska fungera måste vissa kritiska funktioner fungera. Länsstyrelsen genomför årligen en risk- och sårbarhetsanalys. I den identifieras samhällsviktig verksamhet i länet och vilka händelser som skulle kunna leda till en allvarlig störning i denna verksamhet. Exempel på samhällsviktig verksamhet är sjukvård, räddningstjänst, polis, transporter, dricksvattenförsörjning och elförsörjning, och länets riskbild delas upp i fem riskområden:

- natur- och väderrelaterade händelser
- olyckor
- teknisk infrastruktur och försörjningssystem
- sociala risker samt antagonistiska hot, dvs. hot mot demokrati och rättssystem, t.ex. terrorism, organiserad brottslighet
- sjukdomar.

Länsstyrelsens övergripande bedömning är att länets krishanteringsförmåga och förmåga att motstå allvarliga störningar i samhällsviktig verksamhet är god med vissa brister.

Skyfall, stormar, översvämningar, ras, skred, skogsbränder, torka och värmeböljor kan orsaka stora konsekvenser för människors hälsa, egendom och miljö samt för samhällets funktionalitet. Natur- och väderrelaterade händelser är därför en betydelsefull del av länets riskbild. Natur- och väderrelaterade händelser kan även få konsekvenser inom andra riskområden.

 **Läs mer:** Risk- och sårbarhetsanalys, Västra Götalands län, 2011³⁷

Befolkningens liv och hälsa

Hälsoläget i Västra Götalands län följer i stort snittet i riket. Medellivslängden är 83,3 år för kvinnor och 79,4 år för män, vilket är medelvärden för landet som helhet. Hjärtkärlsjukdomar och tumörer är de klart vanligaste dödsorsakerna i länet; sjukdomar på andningsorganen, psykiska sjukdomar och infektionssjukdomar kommer på tredje, fjärde respektive tionde plats. Antalet dagar med sjuk-, arbets- skade- eller rehabiliteringspenning per försäkrad person var 2011 i snitt 8,9 dagar för kvinnor och 5,4 för män. Högst medelinkomst hittar man i Göteborgs kranskommuner medan lägst medelinkomst finns i Dalsland.³⁸

Länet har ca 1,6 miljoner invånare. Flest barn och ungdomar bor i Göteborgs kranskommuner, där över 20 procent av befolkningen är under 15 år. I de norra och norra delarna av länet är ca 25 procent av befolkningen 65 år och äldre. Cirka 15 procent av befolkningen är född utomlands.³⁹

³⁷ Länsstyrelsen Västra Götalands län (2011). *Risk- och sårbarhetsanalys*. Rapportnr: 2011:17.

³⁸ www.regionfakta.com. 2012-04-22

³⁹ Ibid.

Olyckor som drabbar enskilda och som leder till insats från samhället

Inom kommunal räddningstjänst görs flest räddningsinsatser till följd av trafikolyckor och bränder. Vattenskador och insatser till följd av utsläpp av farligt ämne är andra vanliga orsaker. År 2010 vårdades 1–2 procent av länets befolkning på sjukhus under minst ett dygn till följd av olyckor.⁴⁰

Brott

Antalet brott per invånare samt fördelningen mellan olika brott i länet följer riksgenomsnittet. Stöld och rån dominerade bland de anmälda brotten 2010, följt av skadegörelse. Antal anmälda stölder har minskat i länets samtliga kommuner de senaste tio åren medan våldsbrotten har ökat i samtliga kommuner i Sverige utom i Bollebygd.⁴¹

Klimatförändringarnas konsekvenser

Sambanden mellan klimatförändringar och konsekvenserna för människors hälsa och säkerhet är i många fall komplexa. Många trender och utvecklingen i samhället samspelar med klimatförändringarna och påverkar den framtida riskbilden. Konsekvenserna beror i stor grad på hur samhället successivt anpassas till de nya förutsättningar som det framtida klimatet innebär i form av t.ex. stigande temperaturer och en ökad sannolikhet för kraftiga regn och översvämningar. Om samhället inte anpassas till detta i tillräcklig takt och omfattning ökar risken för olyckor, störningar och negativa hälsoeffekter.⁴² Nedan redovisas en tänkbar utveckling.

Samhällets funktionalitet

Det förändrade klimatet kan få direkta konsekvenser för samhällets funktionalitet och i framtidens klimat ökar både sannolikheten för och konsekvenserna av flera risker.

Natur- och väderrelaterade händelser

Sannolikheten för översvämningar, ras och skred kommer generellt att öka till följd av mer nederbörd och högre flöden.

Översvämning

På grund av att nederbördsmängderna ökar vintertid och att mindre nederbörd lagras som snö kommer perioden med flest översvämningar att förflyttas från vår till vinter. De extrema vattenflödena (hundraårsflöden) ökar i östra och södra delen av länet medan de minskar i den nordvästra delen. Utmed vattendragen vet kommuner och andra berörda ofta var de sårbara punkterna finns och det är lätt att beräkna framtida översvämningars utbredning med hjälp av information om framtida flöden. Översvämningar till följd av skyfall är mindre förutsägbara och skapar ofta stora problem pga. av att dagvattensystemen inte klarar av att leda bort så mycket vatten; dessa översvämningar förväntas öka i framtiden.

⁴⁰ MSB och SKL (2011). *Öppna jämförelser, Trygghet och säkerhet*.

⁴¹ Ibid.

⁴² MSB (2012). *Klimatförändringarnas konsekvenser för samhällsskydd och beredskap*. ISBN 978-91-7383-191-8.

När den permanenta havsnivån stiger innebär det att antalet tillfälligt höga vattenstånd kommer att öka med motsvarande nivå, vilket i sin tur innebär att annan samhällsviktig verksamhet än i dag kan komma att påverkas.

Översvämningar kan också leda till minskad framkomlighet för utryckningsfordon och övriga transporter på grund av skadade vägar och järnvägar. De kan också leda till isolering av samhällen, störningar i dricksvatten- och elförsörjning, ökad smittspridning samt minskad produktion inom jordbruket.

Ras och skred

Riskerna för ras och skred ökar i stora delar av Västra Götalands län skred är, när de inträffar i bebyggda områden, kanske den mest dramatiska formen av naturolyckor i Sverige. Skred i länet har vid tidigare tillfällen orsakat förlust av liv, egendom och miljö. Ett skred i bebyggd miljö kan påverka i olika grad – allt från ett litet skred som inte innebär akut fara eller hot till ett stort skred som påverkar stora arealer, många byggnader, elanläggningar, vatten- och avloppsanläggningar samt vägar och gator. Ett skred som inträffar i obebyggd miljö har oftast mindre betydelse eftersom inga stora ekonomiska värden på land är hotade. Skredet kan dock medföra en sekundär påverkan genom att skredmassor täpper igen vattendrag och landområden översvämmas uppströms. Om ett skred utlöses i ett område med förorenad mark finns stora risker för spridning av miljögifter.

Den ökade risken för skred kan även försvåra andra typer av räddningsinsatser med tunga fordon och personal i samband med t.ex. bränder i skredkänsliga områden, läckage på vattenledningar och översvämningar.

Skogsbrand

SMHI har analyserat brandrisken i länet (HBV-modellen) men analysen ger motsäggelsefulla resultat. Beräkningarna visar att antalet dagar med hög risk för att brand uppstår i skog och mark kommer att öka i de västligaste delarna av länet (längs kusten) men det är samtidigt osäkert om antalet skogsbränder ökar eftersom områdena längst ut i kustbandet inte är länets mest skogstäta.

Ökade temperaturer tillsammans med oförändrad nederbörd sommartid kan medföra att fler personer vistas ute och antalet gräsbränder till följd av oaktsamhet med eld därmed ökar.

Värmeböljor

I det framtida klimatet kommer antalet värmeböljor att öka. Värmeböljor påverkar människors hälsa bl.a. genom att antalet dödsfall ökar (se *Befolkningens liv och hälsa* nedan). I samband med värmeböljor ökar också belastningen på sjukhus, vårdcentraler, bårhus och inom hemtjänsten.

Under en värmebölja kan det bli nödvändigt att evakuera lokaler utan luftkonditionering t.ex. äldreboenden. Höga temperaturer ställer också högre krav på förvaring, transporter och annan livsmedelshantering för att undvika bakterietillväxt. Värmen möjliggör ökad bakterietillväxt även i ledningsnät och ytvattentäcker, och brandrisken ökar i samband med varmt och torrt väder.⁴³

En ytterligare effekt av värmeböljor är en ökad belastning för personal inom olika samhällsviktiga sektorer eftersom stark värme är påfrestande för kroppen och mycket stark värme kan vara farligt. Värme sänker prestationsförmågan och arbets-

⁴³ Länsstyrelsen Västra Götalands län (2011). *Risk- och sårbarhetsanalys*, Rapportnr: 2011:17.

takten samt försämrar koncentration, uppmärksamhet och omdöme, vilket kan medföra risker för andra.⁴⁴

Stormar

Spridningen i resultaten från SMHI:s beräkningar gör det svårt att dra några tydliga slutsatser kring det framtidens vindhastigheter. Däremot kan konsekvenserna av stormarna bli allvarligare till följd av blöta marker och lite tjäle. Stormfällning orsakar dessutom minskad framkomlighet på vägar och avbrott i elförsörjning och telekommunikationer.

Olyckor

Med olyckor avses i detta sammanhang händelser som orsakar eller kan orsaka så stora skador för människor, hälsa och miljö att konsekvenserna för samhället blir allvarliga. När det gäller sådana olyckor är det enbart risken för ett dammbrott som bedöms påverkas av ett förändrat klimat.

Om en damm brister och därmed momentant frisläpper en stor vattenmängd kan detta få katastrofala följder för nedströms belägna områden. För länet förväntas ett dammbrott i Göta älv få de allvarligaste konsekvenserna. Förändrade höga flöden ställer ökade krav på dammsäkerheten. (Läs mer om vattenkraftsproduktion i kapitel om tekniska försörjningssystem.)

Störningar i teknisk infrastruktur och försörjningssystem

Översvämningar, ras, skred och värmeböljor kan orsaka avbrott i transporter, elförsörjning, tele- och datakommunikation, dricksvattenförsörjning och avloppshantering, vilket kan få stora konsekvenser för samhället.

Ökad temperatur gynnar bakterietillväxt i dricksvatten och livsmedel. Risken för livsmedelsburna sjukdomar förväntas därför att öka vid varmare klimat.

Nederbörden kommer därtill att påverka kvaliteten på olika livsmedel. Längs vattendragen finns många förorenade markområden till följd av industriell verksamhet och risken för spridning av miljögifter ökar vid ökade flöden i vattendragen, ökad nederbörd, erosion och skred. Länets största vattentäkt Göta älv är samtidigt landets mest skredkänsliga område och det finns många förorenade områden längs vattendraget.

Vid höga flöden ökar också risken för spridning av smittämnen via dricks- och bevattningsvatten, och den ökade nederbörden ökar risken för läckage av bekämpningsmedel inom jordbruket. (Läs mer om dricksvattenförsörjning i kapitlet om tekniska försörjningssystem.)

Sociala risker och antagonistiska hot

Klimatförändringarna kommer att påverka livsbetingelserna för alla, men vissa grupper är särskilt utsatta och sårbara, t.ex. äldre, barn, sjuka och människor med särskilda behov. Flera samverkande faktorer i form av brist på politisk makt, lägre inkomster och mindre ekonomiska tillgångar, ojämlik arbetsfördelning, kulturella

⁴⁴ <http://www.prevent.se/sv/arbetsmiljoupplysningen/amnen/varmt-pa-jobbet>, april 2011.

normer samt biologiska skillnader gör även att (främst äldre) kvinnor är särskilt utsatta för klimatförändringarnas negativa effekter.⁴⁵

Generellt sett har personer med större ekonomiska och sociala resurser och gott hälsotillstånd bättre förutsättningar att hantera klimatförändringarnas konsekvenser. De har t.ex. större möjlighet att välja bostadsort och anpassa den bostad de redan har. De har även större möjlighet att tillgodogöra sig myndigheternas rekommendationer vid extrema väderhändelser. Goda levnadsvillkor och gott hälsotillstånd gynnar även människors motståndskraft mot infektioner.⁴⁶

Som en följd av ovanstående resonemang skulle klimatförändringarna eventuellt kunna leda till ökad social och ekonomisk marginalisering. Det är dock svårt att dra några säkra slutsatser eftersom många olika trender i samhället samspelar med klimatförändringarna och påverkar den framtida riskbilden.

Länsstyrelsen har utvecklat en modell som tar hänsyn till sociala risker i risk- och sårbarhetsanalyser och modellen möjliggör ett tydligare förebyggande arbete för att motverka sociala problem och ojämlikhet. Social och ekonomisk marginalisering är några riskfaktorer som kan leda till sociala risker i form av ohälsa, missbruk, brottslighet och social oro,⁴⁷ och minskad segregering bedöms vara en av de viktigaste faktorerna för hur detta område utvecklas.

 Läs mer: Risk- och sårbarhetsanalys, Västra Götalands län, 2011⁴⁸

Olyckor som drabbar enskilda och leder till insatser för samhället

Eftersom medeltemperaturen stiger förlängs badsäsongen och därmed ökar risken för drunkningsolyckor, särskilt i samband med värmeböljor.⁴⁹

Kraftiga regn och översvämningar kan ge vattenplaning, minskad framkomlighet, raserade vägar och personsador i vattenmassor, och enligt en avhandling från Göteborgs universitet kommer antalet trafikolyckor att öka något, pga. fler dagar med temperatur strax över noll.⁵⁰

Befolkningens liv och hälsa

Begreppet hälsa kan betyda olika saker för olika individer. Enligt Världshälsoorganisationens (WHO) definition från 1946, som är den mest använda, är hälsa ett tillstånd av fullständigt fysiskt, psykiskt och socialt välbefinnande.

Infektionssjukdomar

Klimatförändringarna kan komma att påverka länets sjukdomsbild på flera sätt. Ett varmare klimat kommer att påverka utbredningen av infektionssjukdomar. Borrelia

⁴⁵ FOI (2012), *Integrera genus i klimatanpassningen! Vägledning för det kommunala klimatanpassningsarbetet*. FOI-R-3405-SE.

⁴⁶ Västra Götalandsregionen (2009). *Klimat och hälsa. Redovisning av miljönämndens budgetuppdrag*.

⁴⁷ Länsstyrelsen Västra Götalands län (2012) *Västra Götalandsmodellen – sociala risker i risk- och sårbarhetsanalyser*. Rapport 2012:01, ISSN 1403-168X.

⁴⁸ Länsstyrelsen Västra Götalands län (2011). *Risk- och sårbarhetsanalys*. Rapportnr: 2011:17.

⁴⁹ MSB (2012), *Klimatförändringarnas konsekvenser för samhällsskydd och beredskap*.

⁵⁰ Anna Andersson (2010). *Winter Road Conditions and Traffic Accidents in Sweden and UK – Present and Future Climate Scenarios*. ISBN 978-91-628-7996-9.

och TBE samt andra infektionssjukdomar som sprids med hjälp av insekter och spindeldjur samt sjukdomarna badsårsfeber och leishmaniasis är exempel på allvarliga klimatrelaterade sjukdomar där en ökad förekomst skulle kunna få stora konsekvenser för hälsoläget i Sverige.⁵¹

Luftvägsproblem

Klimatförändringarna leder även till astma och luftvägsproblem, eftersom det förändrade nederbördsmonstret initialt förväntas leda till mer fuktskador i byggnader och hus. Även förekomsten av kvalster kommer att öka i ett mildare och fuktigare klimat.

En ökning av medeltemperatur medför att pollensäsongen startar tidigare och varar längre. Dessutom kan den förändrade vegetationsperioden leda till att nya pollenproducerande växter etablerar sig i länet. En längre vegetationsperiod ger dels ökade besvär för dem som redan är allergiska, dels ökad risk att utveckla allergi.

Bildandet av marknära ozon är temperaturberoende och halten förväntas öka i södra Sverige. Höga halter av marknära ozon kan irritera slemhinnor och lungor. Under torra perioder ökar dessutom spridningen av partiklar.⁵²

Sjukdomar till följd av förorenat vatten och livsmedel

I ett framtida klimat ökar risken för smittspridning samt risken för spridning av miljögifter till följd av skred, översvämningar och ökad nederbörd. Förorenade badvatten på grund av höga bakteriehalter och algblomningar kan orsaka bl.a. hudreaktioner samt mag- och tarmproblem.⁵³

Extrema temperaturer

Beroende på var man bor och vilket klimat man vuxit upp i är människor anpassade till ett visst temperaturintervall, och vid högre och lägre temperaturer än den individuellt optimala ökar påfrestningen på människan. Äldre personer, sjuka och små barn har sämre förmåga att reglera kroppstemperaturen och risken för uttorkning vid höga temperaturer är därmed större hos dessa grupper.

Flera studier visar att dödligheten ökar vid värmeböljor; i Stockholmsområdet har t.ex. en tydligt ökande dödlighet iakttagits redan efter två dagars ihållande värme. Kostnaden för värmerelaterade dödsfall i Sverige beräknas öka med 500–660 miljoner kronor mellan 2010 och 2100.⁵⁴

Även kyla är förknippat med dödsfall och hälsoeffekter, där ett mildare klimat med färre s.k. köldknäppar kommer att få positiva konsekvenser för direkt köldrelaterade dödsfall och förfrysningar.⁵⁵

⁵¹ Västra Götalandsregionen (2009). *Klimat och hälsa. Redovisning av miljönämndens budgetuppdrag.*

⁵² *ibid.*

⁵³ *ibid.*

⁵⁴ SOU 2007:60. *Klimat- och sårbarhetsutredningen.*


⁵⁵ Västra Götalandsregionen (2009). *Klimat och hälsa. Redovisning av miljönämndens budgetuppdrag*

Psykisk ohälsa

Extrema väderhändelser kan orsaka psykiska besvär pga. oro för den egna hälsan eller andras hälsa.⁵⁶ Översvämningar och torka kan även förorsaka stora ekonomiska skador och därmed oro för framtiden. Vid störningar i samhällsviktig verksamhet, t.ex. kommunikationer, kan utsattheten bli ännu större. Det är dock svårare att avgöra vad ett generellt varmare och blötare klimat får för effekter för det psykiska välbefinnandet. Ett varmare klimat skulle t.ex. kunna leda till mer utomhusvistelse och motion samtidigt som fler regnperioder kan få motsatt effekt.⁵⁷

Frakturer

Risken för halkolyckor minskar till följd av kortare period med is och snö.⁵⁸

 **Läs mer:** Västra Götalandsregionen. Klimat och hälsa. Redovisning av miljönämndens budgetuppdrag⁵⁹, MSB. Klimatförändringarnas konsekvenser för samhällsskydd och beredskap.⁶⁰

Ordningsstörande beteende som påverkar enskilda individer

Vädret påverkar till viss del förekomsten av brott. Totalförsvarets forskningsinstitut har studerat konsekvenserna av värmeböljan i Stockholm och Skåne 2010.⁶¹ Rapporten visar på att vandalism, våldsbrott och stölder ökade i samband med denna värmebölja. Det finns också flera studier gjorda utanför Sverige som pekar på ett samband mellan värmeböljor och våld, upplopp och allmän oordning.⁶² Regn och kyla har däremot motverkande effekt.

Ett varmare klimat kan komma att påverka människors sätt att umgås. Vid fint väder förväntas man vistas mer utomhus och stanna ute längre på kvällarna. Alkoholkonsumtionen utomhus kan komma att öka och även antalet s.k. särskilda händelser kan komma att öka till följd av fler publika arrangemang utomhus.

Behov av anpassning

Det förebyggande arbetet är allra viktigast för att minska konsekvenserna för människors hälsa och säkerhet. Genom kloka val i den fysiska planeringen kan många risker minskas, vilket gäller både i ny och befintlig bebyggelse. Information om översvämningshotade och skredkänsliga områden är viktigt underlag i detta arbete. Åtgärder kan därtill behöva vidtas för att minska risken för översvämning eller för att öka stabiliteten i områden där risken för ras och skred ökar till följd av det förändrade klimatet. (Läs mer i kapitlen om bebyggd miljö och infrastruktur.)

⁵⁶ FOI (2008). *Hälsopåverkan av ett varmare klimat – en kunskapsöversikt*. ISSN 1654-7314.

⁵⁷ Västra Götalandsregionen (2009). *Klimat och hälsa. Redovisning av miljönämndens budgetuppdrag*.

⁵⁸ Länsstyrelsen Stockholms län (2012). *Hälsoeffekter av ett förändrat klimat – risker och åtgärder i Stockholms län*.

⁵⁹ Västra Götalandsregionen (2009). *Klimat och hälsa. Redovisning av miljönämndens budgetuppdrag*.

⁶⁰ MSB (2012). *Klimatförändringarnas konsekvenser för samhällsskydd och beredskap*. ISBN 978-91-7383-191-8.

⁶¹ FOI (2011), *Konsekvenser av värmeböljan i juli 2010 – en mediainventering för Skåne och Mälaren*, ISSN 1650-1942

⁶² MSB (2012). *Värmeböljors påverkan på samhällets säkerhet*.

Mot bakgrund av de stora mänskliga, ekonomiska och miljömässiga värden som berörs längs Göta älv drar Götaälvutredningen slutsatsen att det är nödvändigt och geotekniskt möjligt att vidta åtgärder så att tappningen i älven kan ökas samtidigt som skredriskerna minskas. Utredningen föreslår också att det tillsätts en delegation för klimatanpassning längs Göta älv. Syftet med delegationen är att samordna, planera och genomföra åtgärder som minskar skredrisken för befintlig bebyggelse och infrastruktur samt förebygger riskerna för ny bebyggelse för dagens och framtida klimat.⁶³

Samtidigt behöver förmågan att hantera vissa olyckor, störningar och risker stärkas. Ett exempel är att kunskapen behöver öka om hur räddningsinsatser bäst genomförs i skredområden och hur man snabbare bedömer vilka områden som är säkra att beträda med räddningsfordon etc.⁶⁴

Det är också viktigt att se över hur samhällsviktiga verksamheter klarar en översvämning eller en värmebölja: Hur påverkas energiförsörjningen? Var är dataservrar belägna? Går det att ta sig till och från verksamheten? Är verksamheten beroende av andra verksamheter i översvämningshotade områden? Finns det tillräcklig möjlighet att kyla lokalerna vid en värmebölja? Hur säkerställer man god livsmedelskvalitet?

Det är viktigt att inkludera klimatrelaterade risker i kommunernas, landstingets och övriga myndigheters risk- och sårbarhetsanalyser samt i program för utbildning och övning. Det är också viktigt att öka allmänhetens kunskap om klimatförändringarnas konsekvenser, bl.a. hur man kan förebygga smittspridning och hur man bäst hanterar en värmebölja. Informationsaspekter är angelägna i både det förebyggande arbetet och vid krissituationer. Informationen ska dessutom komma hela befolkningen till del.

⁶³ SGI (2012). *Skredrisker i Götaälvdalen i ett förändrat klimat*. Dnr SGI 6.1-1203-0204.

⁶⁴ Haverikommisionen (2009). *Jordskred vid vägbygge E6 i Småröd, Ö län, den 20 december 2006*. Rapport RO 2009:01, ISSN 1400-5751.

Slutsatser

Klimatförändringarna påverkar hela samhället och de negativa konsekvenserna för liv, egendom och miljö kan komma att bli betydande. Den ökade nederbörden och de översvämningar, ras och skred som följer av klimatförändringarna ger de tydligaste konsekvenserna där kostnaderna för samhället pga. skadade vägar, järnvägar, bebyggelse och översvämmad jordbruksmark kan bli betydande.

I samband med översvämningar, ras och skred ökar dessutom påfrestningarna på samhället och det finns risk för att viktiga samhällsfunktioner som el- och dricksvattenförsörjning samt transporter slås ut. Översvämningar, ras och skred innebär också omedelbara hot mot människors hälsa i form av personskador och att utryckningsfordon inte kommer fram.

De negativa konsekvenserna kan också komma smygande genom en långsam söndervittring av kulturminnen, nya infektionssjukdomar och försämrade förutsättningar för länets mest skyddsvärda naturmiljöer.

Klimatförändringarna får dock även positiva konsekvenser. Störst är effekten inom de areella näringarna, där den ökade temperaturen ger möjlighet till ökad produktion och nya grödor.

Det är viktigt att redan nu anta utmaningen och påbörja klimatanpassningsarbetet – oavsett om man är ute efter att motverka negativa konsekvenser eller vill ta till vara de positiva effekterna. Det är viktigt att snabbt vidta åtgärder för att minska omedelbara risker för människors hälsa och miljö. Det är också angeläget att vidta förebyggande åtgärder inom områden med lång livslängd, t.ex. bebyggelse och infrastruktur, tekniska försörjningssystem samt skogsbruket där man planerar på närmare 100 års sikt. Det är också angeläget att vidta åtgärder inom natur- och kulturmiljön – områden där klimatförändringarna kan få oåterkalleliga skador.

Inom flera områden är klimatanpassningsarbetet redan i full gång. Inom andra har man nyligen fått upp ögonen. Arbetet ställer dock alltid krav på kunskap om det förändrade klimatet, hur den egna verksamheten påverkas och vilka åtgärder man kan vidta. Genom att ta till vara de verktyg som erbjuds i form av kunskapsunderlag, riktlinjer, översvämnings- och stabilitetskarteringar m.m. kommer man en bra bit på väg. Kunskapen om framtidens klimat ökar i takt med att t.ex. beräkningsmetoder förfinas. Det innebär att resultaten kan komma att ändras. Rapporten beskriver klimatet i slutet av seklet. Klimatförändringarna slutar dock inte där. Det är därför nödvändigt att följa kunskapsutvecklingen.

Klimatanpassningsarbetet kräver också att man arbetar över sektorsgränser och geografiska gränser, eftersom de åtgärder som vidtas inom ett område kan vara både positiva och negativa för andra områden. Ett tydligt exempel är åtgärder för att minska risken för översvämningar, där de åtgärder man vidtar i en del av ett vattendrag kan öka risken för översvämningar längre ner i vattendraget. Åtgärder som översvämningskydd och reglering av sjöar kan innebära skador på biologisk mångfald. Å andra sida kan åtgärder som vidtas för att minska översvämningar inom jordbruket få positiva effekter för problem med övergödning. Det är därför viktigt att olika kompetenser finns representerade vid valet av lämpliga åtgärder.

Genom samverkan kan man lära sig mycket av varandras arbete och skapa hållbara lösningar. Tillsammans kan vi göra något för att minska de negativa konsekvenserna och ta till vara de positiva effekterna.

Bilaga 1. Medverkande

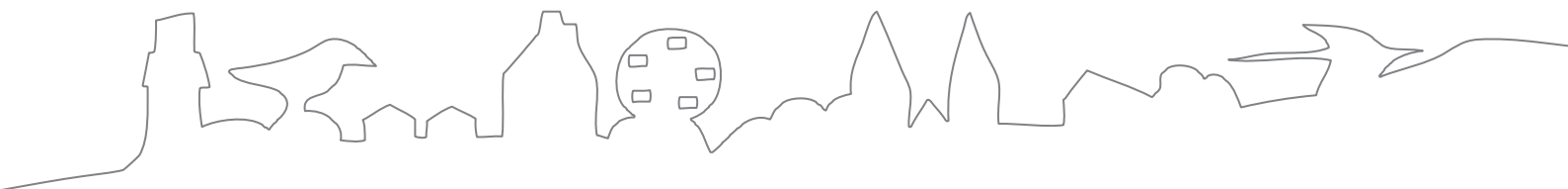
Följande personer har deltagit i arbetet med att analysera klimatförändringarnas konsekvenser för Västra Götalands län.

Länsstyrelsen Västra Götalands län

- Eva-Lotta Bengtsson, samhällsbyggnadsenheten
- Anita Bergstedt-Söderström, naturvårdsenheten
- Sara Borgström, samhällsbyggnadsenheten
- Thomas Engel, kulturmiljöenheten
- Fredrik Fredriksson, landsbygdsenheten
- Markus Green, enheten för skydd och säkerhet
- Ulf Gustavsson, enheten för skydd och säkerhet
- Rolf Hammarlind, staben
- Susanna Hogdin, vattenvårdsenheten
- Patrik Jansson, enheten för skydd och säkerhet
- Charlotta Källerfelt, enheten för skydd och säkerhet
- Eva Magnusson, landsbygdsenheten
- Jan Magnusson, kulturmiljöenheten
- Maria Möller, veterinärsenheten
- Per Larson, enheten för skydd och säkerhet
- Sofia Refsnes, vattenvårdenheten
- Annika Svensson, miljöskyddsensheten
- Caroline Valen, samhällsbyggnadsenheten
- Sten Wolme, miljöskyddsensheten

Övriga aktörer

- Agneta Andersson Nero, Västra Götalandsregionen
- Mats Christiansson, Trafikverket
- Monica Dahlberg, Göteborgsregionens kommunalförbund
- Ann-Louise Elliot, Statens geotekniska institut
- Tony Engdahl, Räddningstjänsten Storgöteborg
- Daniel Gillesén, Räddningstjänsten Storgöteborg
- Desirée Jacobsson, Skogsstyrelsen
- Lars Holmdahl, Polismyndigheten i Västra Götalands län
- Christer Jansson, Lantbrukarnas Riksförbund
- Cecilia Kvist, Göteborgsregionens kommunalförbund
- Roger Lind, Trafikverket
- Per Lindmark, Jordbruksverket
- Svante Sjöstedt, Göteborgsregionens kommunalförbund
- Fredrik Ternström, Göteborgs hamn



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN