



Statens  
geotekniska  
institut

# Bedömd förändring av maximala grundvattennivåer i Göta älvdalen till följd av förändrat klimat

*Linda Blied och Håkan Persson*

## *GÄU - delrapport 9*

Linköping 2011



**GÄU**

Göta älvtredningen  
2009 - 2011





**STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT**  
**SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE**

## **Göta älvutredningen - delrapport 9**

**Bedömd förändring av maximala grundvattennivåer i  
Göta älvdalen till följd av förändrat klimat**

*Estimated change in maximal ground water levels in the Göta river  
valley due to climate change*

Linda Blied  
Håkan Persson

**Göta älvutredningen  
delrapport 9**

Beställning

Dnr SGI

Uppdragsnr SGI

Statens geotekniska institut (SGI)  
581 93 Linköping

SGI  
Informationstjänsten  
Tel: 013-20 18 04  
Fax: 013-20 19 14  
E-post: [info@swedgeo.se](mailto:info@swedgeo.se)  
[www.swedgeo.se](http://www.swedgeo.se)

6-1001-0037

14095

## FÖRORD

### **Göta älvutredningen (GÄU)**

För att möta ett förändrat klimatoch hantera ökade flöden genom Göta älv har Regeringen gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att under en treårsperiod (2009-2011) genomföra en kartläggning av stabiliteten och skredriskerna längs hela Göta älv-dalen inklusive del av Nordre älv. Tidigare utförda geotekniska undersökningar har sammanställts och nya undersökningar har utförts längs hela älven. Metoderna för analys och kartering av skredrisker har förbättrats. Nya och utvecklade metoder har tagits fram för att förbättra skredriskanalyser och stabilitetsberäkningar, förbättra kunskapen om erosionsprocesserna längs Göta älv, bedöma effekten av en ökad nederbörd på grundvattensituationen i området, utveckla metodiker för kartläggning och hantering av högsensitiv lera (kvicklera) samt utveckla metodik för konsekvensbedömning. Utredningen har genomförts i samverkan med myndigheter, forskningsinstitutioner samt nationella och internationella organisationer.

Denna delrapport är en del i SGI:s redovisning till Regeringen.

### **Bedömd förändring av maximala grundvattennivåer i Göta älv-dalen till följd av förändrat klimat**

Rapporten behandlar hur klimatförändringarna kan komma att påverka grundvattenbildning och portryck i och omkring Göta älv-dalen. Denna påverkan beskrivs i relativa mått, och rapporten redogör alltså inte för den rådande grundvattensituationen i Göta älv-dalen (vilken dock beskrivs i dokumentet *Bedömning av grundvattenförhållanden för slänter längs Göta älv - Allmän vägledning*). Rapporten sammanställer främst resultat från utredningar kopplade till SMHI, i vilka dock även anställda på SGU och Uppsala universitet har varit involverade.

Författare till rapporten är Linda Blied och Håkan Persson på SGI. Vissa analyser och mycket värdefulla insatser har också gjorts av Joel Dahné, Kean Foster och Göran Lindström på SMHI samt Bengt Rosén på SGI.

Linköping 2011

*Marius Tremblay*

Uppdragsledare, Göta älvutredningen



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING.....	6
1 SYFTE.....	7
2 FÖRVÄNTAD ÄNDRING AV KLIMAT I GÖTA ÄLVDALEN.....	8
3 GRUNDVATTEN, ÖPPNA MAGASIN .....	8
3.1 Allmänt .....	8
3.2 Variationer med årstid.....	9
3.3 Maximala grundvattennivåer .....	11
4 GRUNDVATTEN, SLUTNA MAGASIN .....	11
5 MARKFUKTIGHET .....	12
6 EXTREM NEDERBÖRD .....	13
7 DISKUSSION OCH SLUTSATSER .....	13
8 REFERENSER.....	14

## SAMMANFATTNING

Extremvärdesanalyser avseende förändringen av de högsta grundvattennivåerna som kan väntas i ett framtida förändrat klimat har gjorts för ett antal öppna grundvattenmagasin i södra Sverige. Dessa grundvattenmagasin bedöms vara någorlunda jämförbara med de öppna grundvattenmagasin, från vilka infiltration sker till de slutna grundvattenmagasinen i Göta älvdalen. Generellt gäller dock att lokala hydrogeologiska förhållanden styr nivåvariationerna mycket starkt, och att t.ex. bräddning kan vara uppåt begränsande för grundvattennivåerna i slutna magasin.

Extremvärdesanalyserna visar att de högsta grundvattennivåerna under perioden 2070-2099 beräknas bli högre än motsvarande för perioden 1965-1994. Nivåskillnaden uppgår till omkring 1-3 decimeter för en återkomsttid på 100 år. Dessa resultat stöds även av enklare analyser, baserade på medel- och medianvärden. Analyserna visar också att såväl höga som låga nivåer kommer att vara oftare förekommande, på bekostnad av de medelhöga nivåerna.

Vidare har analyserats studier av markfuktigheten, vilken bedöms vara någorlunda representativ för grundvattennivåerna i torrskorpan. Resultaten pekar på att antalet dagar med hög markfuktighet kommer att minska, och att minskningarna är mest markanta under vår och sommar.

Studier har visat att kortvarig extrem nederbörd kommer öka med ett förändrat klimat. Höga portryck förekommer främst under vinterhalvåret, medan extrem nederbörd normalt förekommer i samband med konvektiv nederbörd sommartid. Eftersom dessa företeelser inte sammanfaller bedöms effekten av kortvarig extrem nederbörd inte vara en viktig orsak till höga portryck.



## **1 SYFTE**

Syftet med denna rapport är att bedöma de grundvattensituationer som vid en klimatförändring är att vänta i Göta älvdalen. Följande aspekter på grundvattenbildningen berörs i rapporten:

- Grundvattennivåns variation över året (i öppna respektive slutna grundvattenmagasin)
- Markfuktighet
- Extremnederbörd, frekvens och konsekvens för grundvattenbildning

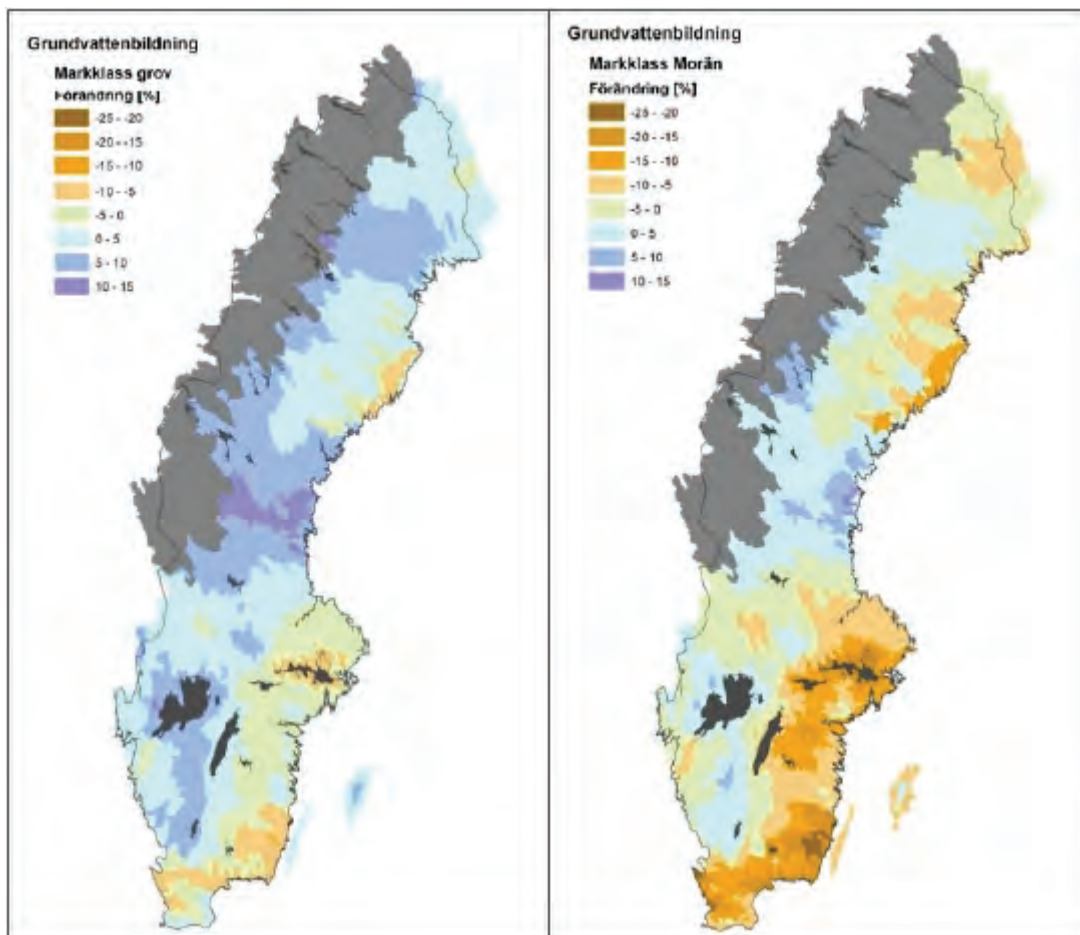
## 2 FÖRVÄNTAD ÄNDRING AV KLIMAT I GÖTA ÄLVDALEN

Bergström et al (2010) sammanfattar resultatet från sexton olika klimatscenarier som har applicerats på Göta älvdalen och dess tillrinningsområden. De utförda klimatberäkningarna uppvisar en stor spridning men tyder genomgående på en ökning av såväl årsmedeltemperatur som nederbörd från referensperioden (1961-1990) till perioden 2071-2100. Sammantaget tyder resultaten på en ökning av årsmedeltemperaturen med ca 4°C och av årsnederbörden med ca 15 %.

Medan temperaturökningen väntas vara konstant över samtliga årstider kommer nederbörden öka som mest under vintermånaderna (med ca 30 %) men till och med minska under sommaren.

## 3 GRUNDVATTEN, ÖPPNA MAGASIN

### 3.1 Allmänt



Figur 3-1 Uppskattad förändring av grundvattenbildningen till 2071-2100 sett över helår (efter Rodhe et al, 2009).

Enligt Rodhe et al (2009) kommer grundvattenbildningen vid perioden 2071-2100 jämfört med dagens klimat (1961-1990) i området kring Göta älv vara ungefär oförändrad i grov jord men minska med upp till 10 % i morän (se Figur 3-1). Klassen morän bedöms

vara mer representativ för de slutna grundvattensystem som förekommer i Göta älvda-  
len.

I båda markklasserna uppvisar Göta älvda-  
len en relativt sett större minskning av grund-  
vattenbildning än omgivande landskap. Skillnaden spänner bara över en klass och kan  
därför vara väldigt liten men den beror troligtvis av topografin som i sin tur ger annor-  
lunda temperatur- och nederbördsmonster.

Resultatet bygger på en regional nedskalning av klimatscenario Echam A1b i kombina-  
tion med en förenklad variant av HBV-modellen (Bergström, 1976, 1992). Observera att  
resultatet är framtaget för en nationell nivå och därför bör appliceras med försiktighet på  
Göta älvda-  
len.

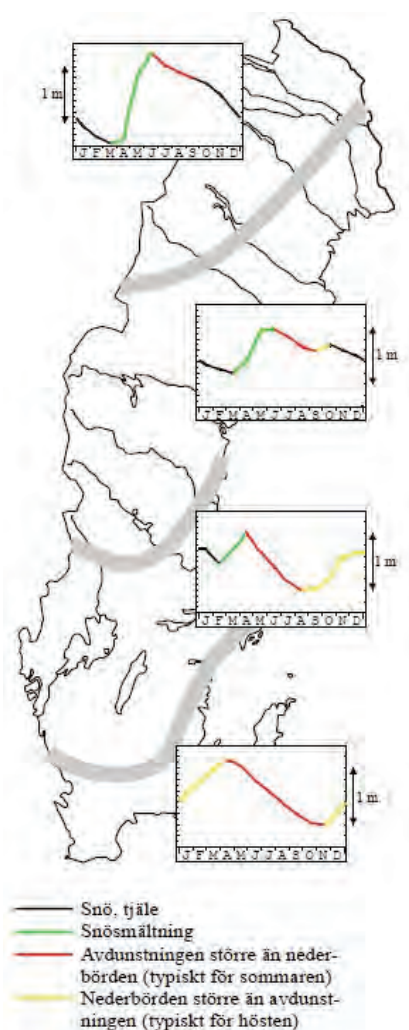
### 3.2 Variationer med årstid

Sverige delas schematiskt in i fyra grundvattenregi-  
mer som uttrycker grundvattenytans årstidsrelaterade  
variation, se Figur 3-2. Göta älvda-  
len tillfaller samma  
grundvattenregim som södra Sveriges inland och  
nordöstra Svealand (Sundén et al, 2010). Detta inne-  
bär i dagens klimat att årets högsta grundvattennivå  
inträffar under sensvåren, i samband med snösmält-  
ningen. När avdunstningen ökar under sommaren  
sjunker grundvattenytan för att nå sina lägsta värden  
under sensommaren. Under hösten ökar åter grund-  
vattenbildningen, till följd av ökad nederbörd, mins-  
kad vegetation och sänkt temperatur, men klingar av  
under vintern då huvuddelen av nederbörden faller  
som snö.

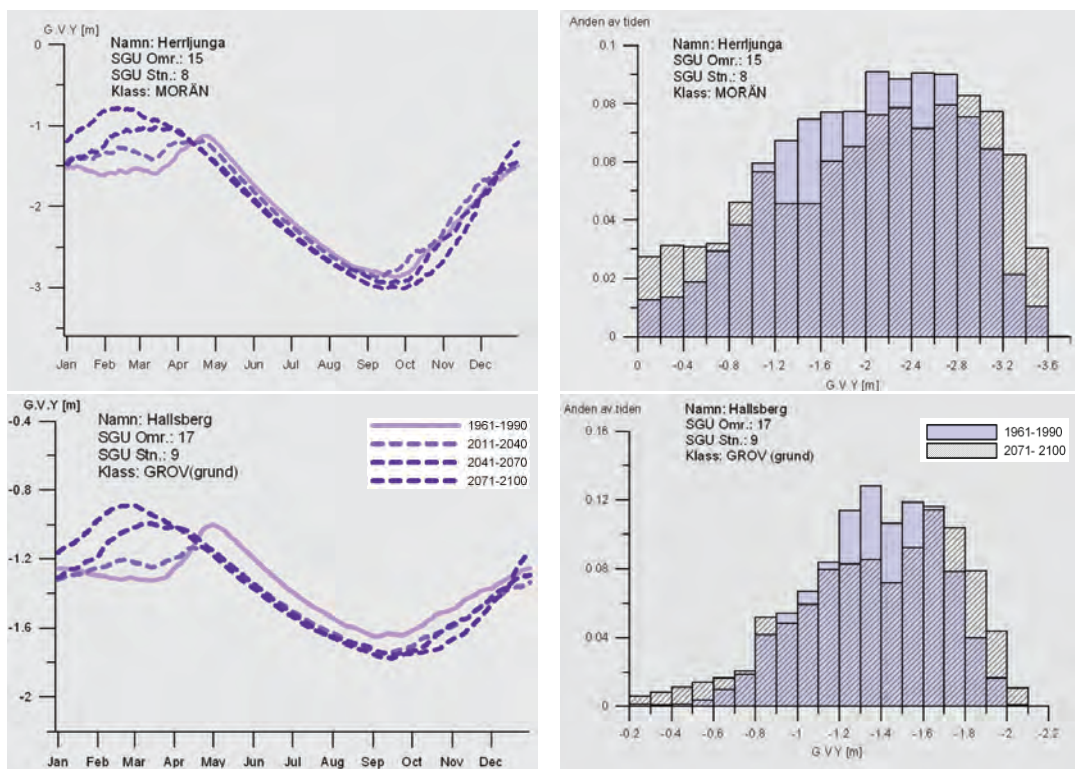
Rodhe et al och Sundén et al ger förväntade grundvat-  
tennivåer vid sammanlagt sex olika stationer med  
ytlig grundvattenyta inom samma grundvattenregim  
som Göta älvda-  
len: Kolmården, Vikbolandet och två  
stationer i Herrljunga (morän) samt Hallsberg och  
Tärnsjö (grov jord). Två av stationerna redovisas i  
Figur 3-3. Grundvattenytan i Göta älvda-  
len bedöms  
genomgående vara relativt ytlig och stationer med  
djup grundvattenyta har därför inte beaktats i denna  
jämförelse.

För fyra av de nämnda stationerna ökar grundvatten-  
nivåns årliga variationsbredd med ca 25-50 % till  
följd av högre grundvattennivåer vintertid och lägre  
nivåer sommartid. Detta beror på att mindre neder-  
börd kommer att lagras som snö under vintermåna-  
derna samt att en ökad avdunstning sedan sker som-  
martid. Undantaget från denna trend är mätstationen i Kolmården vars högsta grundvat-  
tennivå tvärtom bedöms minska för perioden 2071-2100 varpå variationsbredden endast  
ökar med ca 7 %. I detta avseende följer denna mätstation enligt Rodhe et al samma  
mönster som mätstationerna i de mer nordliga grundvattenregimerna.

Den årliga variationsbredden i Göta älvda-  
len ligger idag vanligtvis i intervallet 1-2,5 m  
(Persson, 2010). Med samma utveckling som för de fem samstämmiga exempelstatio-



Figur 3-2 Dagens grundvattenregimer (efter Sundén et al, 2010)



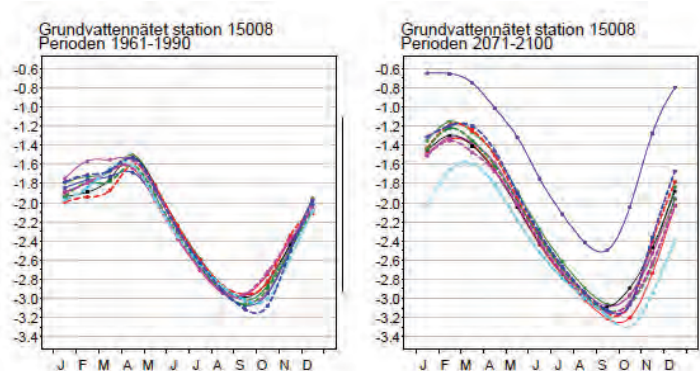
Figur 3-3 Grundvattennivåns uppskattade årsvariation (mediannivå) samt frekvensfördelning vid några stationer inom samma grundvattenregim som Göta älvdalen (efter Rodhe et al, 2009).

nerna (en ökning på 25-50 %) kan man i Göta älvdalen vänta en årlig variationsbredd på ca 1,5-3,5 m för perioden 2071-2100.

Frekvensfördelningarna visar att såväl höga som låga nivåer kommer att förekomma oftare, på bekostnad av de medelhöga nivåerna.

Ovanstående resultat bygger på ett enda klimatscenario (RCA3, ECHAM, 5:3, A1b). Sundén et al (2010) utför till viss del samma beräkningar men för totalt tio olika klimatscenarier. Grundvattenstationen vid Herrljunga ingår även i denna undersökning och regimkurvan för de olika scenarierna visas i Figur 3-4. Med ett undantag följer scenarierna varandra väl och antyder samma trend som tidigare har konstaterats: med utgångspunkt i Sundén et al (2010) bedöms den årliga variationsbredden öka med i medel ca 30 %.

För samtliga klimatscenarier i simuleringen för Herrljunga sker en minskning av den lägsta grundvattennivån samt en ökning av den högsta dito (se Figur 3-5). Ur figuren kan utläsas att medelminskningen av den lägsta grundvattennivån för dessa scenarier är ca 0,15 m och motsvarande ökning av den högsta grundvattennivån är ca 0,3 m. Om bräddning inte inträffar är det



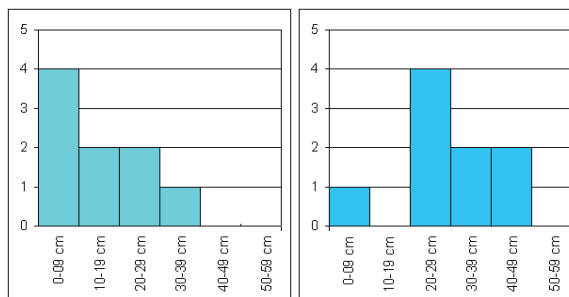
Figur 3-4 Regimkurvor över grundvattennivån (baserad på månadsmedelvärden) vid Herrljunga simulerad ur tio olika klimatscenarier (efter Sundén et al, 2010).

rimligt att anta att liknande förändringar av grundvattnets min- och maxnivåer är att vänta i Göta älv dalen.

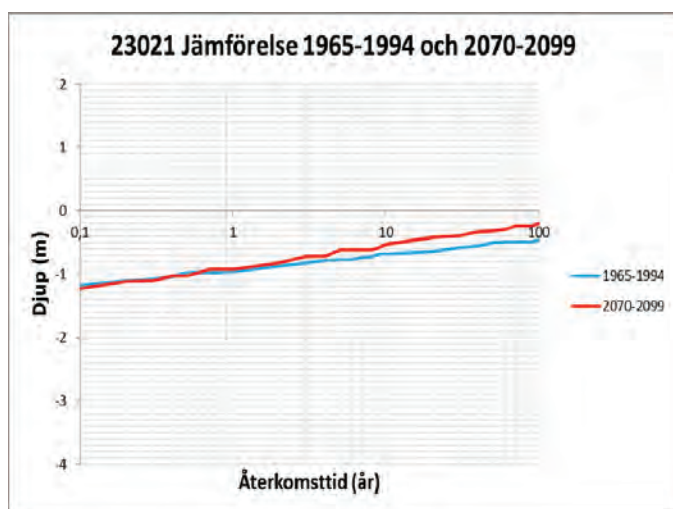
### 3.3 Maximala grundvattennivåer

Baserat på materialet som använts i Rodhe et al (2009) och Sunden et al (2010) har SMHI gjort extremvärdesanalyser avseende förändringen av de högsta grundvattennivåer som kan väntas i ett framtida förändrat klimat. Dessa beräkningar är alltså gjorda för enskilda värden, till skillnad från

ovanstående redovisade resultat vilka redovisar medel- och medianvärden. Analyserna har gjorts för fem grundvattenrör, där Figur 3-6 uppvisar ett representativt resultat. Resultaten visar att de högsta grundvattennivåerna (med lång återkomsttid) under perioden 2070-2099 beräknas bli högre än motsvarande för perioden 1965-1994. Nivåskillnaden uppgår till omkring 1-3 decimeter för en återkomsttid på 100 år.



Figur 3-5 Minskningen av grundvattnets lägsta nivå (till vänster) respektive ökningen av grundvattnets högsta nivå (till höger) vid Herrljunga för tio olika klimatscenarier (månadsmedelvärde)

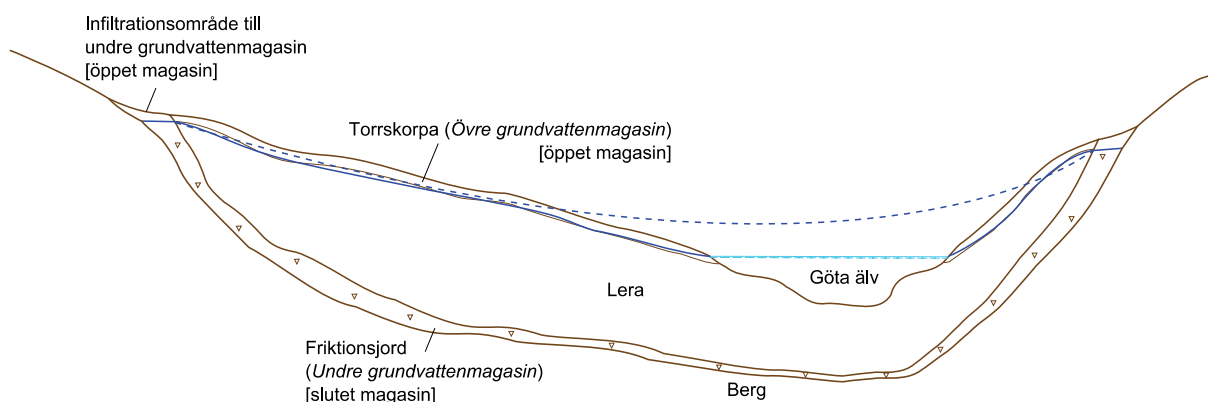


Figur 3-6 Höga grundvattennivåer för olika återkomsttider, beräknade för perioderna 1965-1994 respektive 2070-2099. Nivåskillnaden uppgår till omkring 1-3 decimeter för en återkomsttid på 100 år. [y-axeln visar djup i relation till markytan.]

## 4 GRUNDVATTEN, SLUTNA MAGASIN

Till skillnad från öppna grundvattenmagasin tillförs inte slutna grundvattenmagasin vatten direkt uppifrån. För stora slutna magasin kan infiltrationsområdet, från vilket vatten tillförs magasinet, vara beläget hundratals meter bort. Eftersom infiltrationsområdena för slutna magasin dock kan betraktas som öppna magasin (se Figur 4-1) bedöms det vara relevant att använda resultaten från klimatförändringsanalyser av öppna magasin även vid bedömningar för slutna magasin. Vanligtvis är variationsbredden i slutna magasin störst nära infiltrationsområdet, vilket skulle kunna innebära att beräkningarna

för öppna magasin överskattar förändringarna för slutna magasin. I tillägg kan, för slutna magasin, också bräddning begränsa nivåerna uppåt.



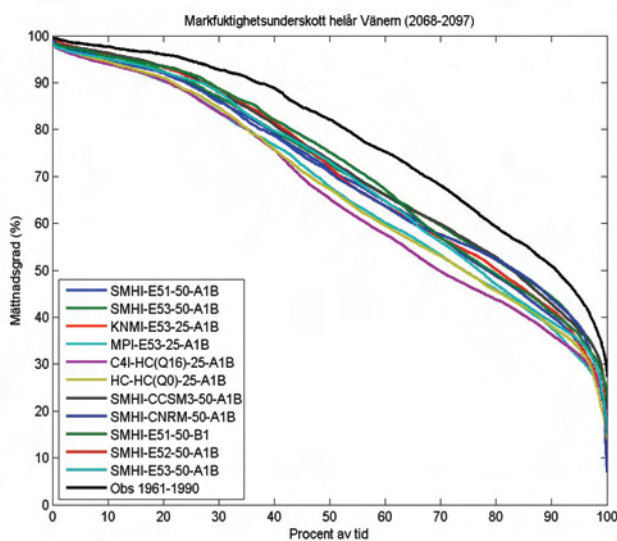
Figur 4-1 Infiltrationsområdet för ett slutet grundvattenmagasin kan betraktas som ett öppet magasin eftersom grundvattennivån där inte är uppåt begränsad av ett tätt sluttande lager.

## 5 MARKFUKTIGHET

Markfuktigheten är ett mått på markens vattenhalt i den omättade zonen, mellan markytan och grundvattenytan. Då marken är torr fungerar den som en buffert mot nederbörd och lite (eller inget) vatten avgår genom ytavrinning och grundvattenbildning.

Bergström et al (2010) analyserar den väntade markfuktigheten i de öppna magasinerna i Vänerns närområde. Författarna menar att antalet dagar med hög markfuktighet kommer att minska (se Figur 5-1) och att minskningen gäller för samtliga årstider men är mest markant under vår och sommar, till följd av den ökade avdunstningen. Sett över helår bedöms antalet dagar med en mättnadsgrad på över 90 % minska med ca 10-15 % vid perioden 2068-2097 jämfört med dagens klimat. Motsvarande för vårmånaderna är upp till ca 40 % och upp till ca 10 % under vintern.

Med viss försiktighet bör resultaten kunna extrapoleras till att gälla även för Göta älvdaalen. Torrare mark hämmar grundvattenbildningen. Att antalet dagar med hög markfuktighet minskar behöver dock inte medföra en sänkt nettogrundvattenbildning, t ex genom en ökad bildning de (färre) dagar då markfuktigheten är hög.



Figur 5-1 Varaktighetsdiagram för markfuktigheten kring Vänern (helår) för perioden 2068-2097 (efter Bergström et al, 2010)

## 6 EXTREM NEDERBÖRD

Extrem nederbörd, onormalt kraftig nederbörd under en viss tidsperiod, kan orsaka stora skador i form av översvämningar och ras. Hur den extrema nederbörden, i jämförelse med mer normal nederbörd, påverkar portryck är däremot inte väl känt.

Bergström et al (2010) menar att det är rimligt att räkna med att den extrema dygnsnederbörden (idag definierad med en återkomsttid på 100 år) kommer att öka med 10 % till 2050 och 20 % till 2100.

Höga portryck förekommer främst vintertid, till följd av låg avdunstning och långvarig nederbörd. Effekten av enstaka tillfällen med extrem nederbörd bedöms inte vara en trolig orsak till höga portryck, då extrem nederbörd normalt förekommer i samband med konvektiv nederbörd sommartid, och därmed normalt inte sammanfaller med perioder av höga grundvattennivåer. En ytterligare bidragande orsak till detta är att ytavrinningen bedöms bli stor i samband med extrem nederbörd, till följd av att de ytligaste jordlagren mätas.

## 7 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Den utredning som har gjorts rörande grundvattenbildning i Göta älvdalen vid ett förändrat klimat (till år 2100 jämfört med perioden 1961-1990) leder till följande slutsatser:

- Medeltemperaturen kommer att öka för samtliga årstider. Ökningen bedöms vara ca 4°C.
- Antalet dagar med hög markfuktighet kommer att minska (till följd av högre temperatur och därmed ökad avdunstning).
- Nederbörden kommer att öka, främst under vintermånaderna då ökningen bedöms uppgå till ca 30 % av dagens nederbörd. Extrem dygnsnederbörd kommer att öka med ca 20% till 2100.
- Grundvattenbildningen kommer, sett över helår, att minska med upp till 10%.
- Den årliga variationsbredden för grundvattenytan kommer att öka med upp till 45 %, vilket för Göta älvdalen bör innebära en framtida variationsbredd på ca 1,5-3,5 m.
- Ökningen av den högsta årliga grundvattennivån bedöms bli 0,3 m.

## 8 REFERENSER

Följande tryckta källor har använts inom denna utredning:

- Bergström, S. (1976) Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments. SMHI Reports RHO, No. 7, Norrköping.
- Bergström, S. (1992) The HBV model - its structure and applications. SMHI Reports RH, No. 4, Norrköping.
- Bergström, S. et al. (2010) Hydrologiska och meteorologiska förhållanden i Göta älvda-  
len – slutrapport
- Persson, H. et al. (2010) GÄU - Bedömning av grundvatten- och portrycksförhållanden  
i rådande klimat för slänterna längs Göta älv
- Rodhe, A., Lindström, G., Dahné, J. (2009) Grundvattennivåer i ett förändrat klimat,  
[http://www.sgu.se/dokument/fou\\_extern/Rodhe-Lindstrom-Dahne\\_2009.pdf](http://www.sgu.se/dokument/fou_extern/Rodhe-Lindstrom-Dahne_2009.pdf)
- Sundén, G., Maxe, L., Dahné, J. (2010) Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett  
förändrat klimat, SGU-rapport 2010:12  
[http://www.sgu.se/dokument/service\\_sgu\\_publ/SGU-rapport\\_2010-12.pdf](http://www.sgu.se/dokument/service_sgu_publ/SGU-rapport_2010-12.pdf)



# Göta älvutredningen, GÄU delrapporter 1-34

- 1 Erosionsförhållanden i Göta älv
- 2 Fördjupningsstudie om erosion i vattendrag
- 3 Hydrodynamisk modell för Göta älv. Underlag för analys av vattennivåer, strömhastigheter och botten-skjuvspänningar
- 4 Transport av suspenderat material i Göta älv
- 5 Ytgeologisk undersökning med backscatter - Analys för Göta älv och Nordre älv
- 6 Bottenförhållanden i Göta älv
- 7 Bedömning av grundvattenförhållanden för slänter längs Göta älv - Allmän vägledning
- 8 Känslighetsanalys för variationer i grundvattennivå och val av maximala portryck i slänter längs Göta älv – Exempel från en slänt
- 9 Bedömd förändring av maximala grundvattennivåer i Göta älv dalen till följd av förändrat klimat
- 10 Studie av portryckens påverkan från nederbörd och vattenståndsvariation i tre slänter längs Göta älv
- 11 Analys av uppmätta portryck i slänterna vid Äsperöd och Åkerström
- 12 Metodik för inventering och värdering av konsekvenser till följd av skred i Göta älv dalen
- 13 Metodik konsekvensbedömning - Känslighetsanalys, klassindelning och applicering av metodik i hela utredningsområdet
- 14 Metodik konsekvensbedömning - Bebyggelse
- 15 Metodik konsekvensbedömning - Kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv
- 16 Metodik konsekvensbedömning - Sjöfart
- 17 Metodik konsekvensbedömning - Väg
- 18 Metodik konsekvensbedömning - Järnväg
- 19 Metodik konsekvensbedömning - Miljöfarliga verksamheter och förorenade områden
- 20 Metodik konsekvensbedömning - Naturmiljö
- 21 Metodik konsekvensbedömning - Energi och ledningsnät
- 22 Metodik konsekvensbedömning - VA-system
- 23 Metodik konsekvensbedömning - Näringsliv
- 24 Metodik konsekvensbedömning - Kulturarv
- 25 Metodik konsekvensbedömning - Känslighetsanalyser
- 26 Metodik konsekvensbedömning - Bebyggelse och kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv - Fallstudie Ale kommun
- 27 Hydrologiska och meteorologiska förhållanden i Göta älv dalen
- 28 Metodbeskrivning sannolikhet för skred: kvantitativ beräkningsmodell
- 29 Kartering av kvicklereförekomst för skredriskanalyser inom Göta älvutredningen. Utvärdering av föreslagen metod samt preliminära riktlinjer
- 30 Quick clay mapping by resistivity – Surface resistivity, CPTU-R and chemistry to complement other geotechnical sounding and sampling
- 31 Inverkan av förändringar i porvattnets kemi, främst salturlakning, på naturlig leras geotekniska egenskaper – Litteraturstudie
- 32 Hantering av kvicklereförekomst vid stabilitetsbedömning för Göta älv – Riktlinjer
- 33 Metodbeskrivning för SGI:s 200 mm diameter "blockprovtagare" - Ostörd provtagning i finkornig jord
- 34 Sjömätning - Göta älv och Nordre älv



Statens geotekniska institut  
Swedish Geotechnical Institute  
SE-581 93 Linköping, Sweden  
Tel: 013-20 18 00, Int + 46 13 201800  
Fax: 013-20 19 14, Int + 46 13 201914  
E-mail: [sgi@swedgeo.se](mailto:sgi@swedgeo.se) Internet: [www.swedgeo.se](http://www.swedgeo.se)