



Länsstyrelserna

Jönköping, Kronoberg, Blekinge, Gotland, Kalmar, Östergötland, Västra Götaland,
Södermanland och Skåne.



Grundvattennivåer i områden med risk för överuttag

Utvärdering av det gemensamma delprogrammet

Titel: Grundvattennivåer i områden med risk för överuttag - Utvärdering av det gemensamma delprogrammet

Utgiven av: Länsstyrelsen Skåne

Författare: Bo Thunholm, SGU

Beställning: Länsstyrelsen Skåne
Miljöavdelningen
205 15 Malmö
Telefon 010-224 10 00

Copyright: Länsstyrelsen Skåne

Diarienummer: 537-13159-2014,
SGU:s diarienummer: 001258-2014

ISBN: 978-91-7675-007-0

Rapportnummer: 2015:19

Tryckeri: Länsstyrelsen Skåne

Tryckår: 2015 2015-03-26

Omslagsbild: Länsstyrelsen Skåne

Förord

Denna rapport har framställts av Sveriges geologiska undersökning på uppdrag av Länsstyrelsen i Skåne. Den här versionen har justerats efter synpunkter från berörda län och ersätter den version som levererades 2014-12-19. Rubrikerna från uppdragsbeskrivningen finns i dokumentet inom citationstecken och har markerats med fetstil. Slutsatserna och förslagen kommer från SGU efter att ha inhämtat synpunkter inom SGU och från berörda län. Finansiering av föreslagna aktiviteter berörs inte inom detta uppdrag. Projektledare vid SGU har varit Bo Thunholm.

Innehållsförteckning

FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	5
SAMMANFATTANDE SLUTSATSER OCH FÖRSLAG.....	5
ALLMÄN BESKRIVNING	6
UPPFYLLS KRAVEN?	9
Vattenförvaltning, krav inom vattenförvaltningen på övervakning för bedömning av kvantitativ status.....	9
Miljömål.....	10
HOT OCH PROBLEM	11
Vattenförvaltning och miljömål.....	12
Miljömål.....	12
ARBETSSÄTT	13
STATIONER	13
UTVÄRDERING AV DATA	14
KRINGPARAMETRAR.....	17
FORTSATT NIVÅÖVERVAKNING	17
Samverkan med SGU	17
Behov av utvecklad nivåövervakning	17
Samordning	19
Sammanslagning av delprogram	19
SGU:S REKOMMENDATIONER.....	19
Vattenförvaltning.....	19
Miljömål.....	20
Övervakning av grundvattennivåer i urbana miljöer	20
Risk för saltvatteninträngning i brunnar och grundvattenberoende ekosystem.....	21
KOMMUNAL OCH ÖVRIG NIVÅÖVERVAKNINGSDATA	22
REFERENSÖVERVAKNING.....	22
REFERENSER	25

Sammanfattning

I det gemensamma delprogrammet ”Grundvattennivåer i områden med risk för överuttag” ingår följande län: Skåne, Jönköping, Kronoberg, Blekinge, Gotland, Kalmar, Östergötland, Södermanland och Västra Götaland. Ett viktigt syfte med delprogrammet har varit att mäta nivåer i påverkade områden och därmed komplettera SGU:s grundvattennät som främst fokuserar på opåverkade förhållanden. Ett resultat inom den tidigare delen av delprogrammet var handledningen ”Miljöövervakning grundvattennivåer”. Mätningar har delvis påbörjats av flera län. Praktiska problem har förekommit, exempelvis svårigheter att hitta lämpliga platser för etablering av observationsrör. Observationsrör har etablerats utifrån olika syften, bl a miljömål och vattenförvaltning. Delprogrammet bedöms inte i tillräcklig omfattning svara upp mot kraven enligt miljömål och vattenförvaltning, dock har det ännu inte kommit igång fullt ut. Behov av ökad övervakning i berg har påpekats, särskilt i kustnära områden med risk för överuttag. En större samordning mellan regional och nationell nivåövervakning rekommenderas för att nå större måluppfyllelse. Mätningar i opåverkade grundvattenförekomster utförs av SGU och resultaten från dessa mätningar bedöms representera stora delar av landet. SGU kan utifrån erfarenhet från nivåövervakning bidra med 1) stöd vad gäller etablering av mätstationer, 2) mottagning, lagring och tillhandahållande av data, samt 3) bearbetning och analys av data. Mätresultat från egenkontroll, exempelvis i anslutning till allmänna vattentäkter, kan ingå i eller komplettera det regionala delprogrammet. Möjligheter att ha kontroll över mätmetoder och mätfrekvens samt omgivningsfaktorer är dock begränsad inom denna typ av datainsamling. En undersökningstyp för grundvattennivåer som även är användbar för egenkontroll och liknande skulle vara värdefull för att säkra kvaliteten i mätningarna. En sådan saknas idag. Möjligheter att använda modeller för nivåövervakning bör prövas och utvärderas. Utvärdering av SMHI:s S-Hype för modellering av grundvattennivåer i opåverkade områden har visat att modellberäkningar kan vara ett komplement till nivåmätningar i fält. Möjligheter att slå samman de två delprogrammen ”Grundvattennivåer i områden med risk för överuttag” och ”Grundvattennivåer i Norrland” bör utvärderas separat i en sammantagen utvärdering av både den nationella nivåövervakningen och dessa två delprogram. I en sådan utvärdering bör också ingå en studie av möjligheter att använda nivådata från olika typer av egenkontroll.

Sammanfattande slutsatser och förslag

- Etableringen av stationer för nivåmätningar har påbörjats men flera inköpta mätutrustningar har ännu inte etablerats
- Etableringen av stationer har ofta försenats på grund av praktiska och tekniska svårigheter
- Krav från miljömål och vattenförvaltning har delvis blivit tillgodosedda

- Data från verksamhetsutövare skulle kunna utgöra ett värdefullt bidrag
- Nivåövervakning i anslutning till den allmänna vattenförsörjningen kan utgöra ett värdefullt komplement till regional och nationell nivåövervakning
- SGU bör i ökad omfattning ha en stödjande funktion för utformning och drift av delprogrammet. SGU kan exempelvis bidra med att ta fram länsöverskridande ramavtal för upphandling av mätningar av grundvattennivåer
- Samverkan, inkl. former för samverkan, mellan SGU, länen och andra organisationer behöver förtydligas och utvecklas
- SGU:s roll som datavärd för nivådata behöver förtydligas och utvecklas
- Mätresultat från SGU:s stationer inom den nationella nivåövervakningen kan för grundvatten i jordlager användas som referensmaterial för stora delar av landet. Det innebär att regional nivåövervakning kan fokusera på mer påverkade områden
- Användningen av grundvattenmodeller för nivåövervakning bör provas i större omfattning
- En utvärdering bör göras av de två gemensamma delprogrammen ("Grundvattennivåer i områden med risk för överuttag" och "Grundvattennivåer i Norrland"), övrig regional nivåövervakning och nationell nivåövervakning (SGU:s grundvattennät)

Allmän beskrivning

"En beskrivning av delprogrammet och vad som har gjorts under programperioden samt en beskrivning av vilken nivåövervakning som sker idag, både nationellt, regionalt och lokalt. Vad skiljer det regionala gemensamma delprogrammet från det nationella nivåprogrammet?"

En viktig inledande del inom delprogrammet var att ta fram en handledning inklusive metod att välja ut och övervaka påverkade och potentiellt påverkade värdefulla grundvattenmagasin. Rapporten "Miljöövervakning grundvattennivåer" blev ett resultat av denna aktivitet.

Delprogrammet inriktades fr.o.m. år 2011 på regional miljöövervakning av grundvattennivåer i värdefulla grundvattenmagasin där det finns stor potentiell risk för kvantitativ påverkan. I värdefulla grundvattenmagasin innefattas såväl inom vattenförvaltningen utpekade grundvattenförekomster i sand och grus med vattenuttag större än 10 m³/dygn som utvalda mindre grundvattenmagasin i jord, t ex i morän. Med värdefulla grundvattenmagasin menas även de magasin som har en betydande inverkan på akvatiska eller terrestra ekosystem. Några län har påbörjat övervakning av grundvattennivåer, se tabell 1. Framförallt rör det sig om mätningar med tryckgivare och automatisk datalagring i logger som monterats i själva observationsröret. Överföring av data sker genom att överföra data till

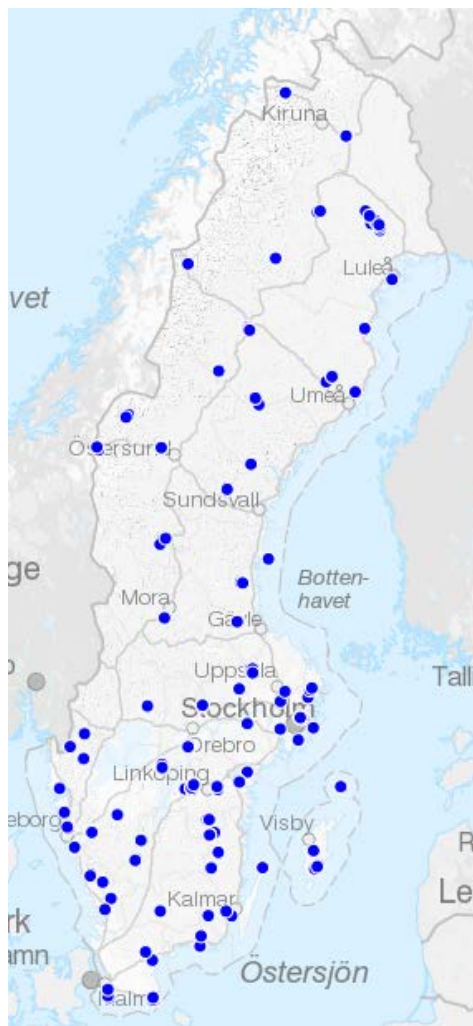
portabel PC i anslutning till observationsröret. Möjligheten finns att använda automatisk överföring av data från logger till databas via trådlös kommunikation med GSM-nätet. Denna teknik har dock inte använts inom delprogrammet, troligtvis på grund av en betydligt högre kostnad. Ett vanligt problem har varit att hitta lämpliga platser för etablering av observationsrör eller att hitta befintliga observationsrör. Ibland har också tekniska problem med mätningarna förekommit.

Tabell 1. Antal etablerade observationsrör och införskaffade av tryckgivare och loggrar per län, oktober 2014.

Län	Antal etablerade stationer. Antal inköpta inom parentes	Lokalisering av stationer utifrån lokala förhållanden	Kommentarer
Skåne	4(12)	Påverkade ("At risk")	Inköpt totalt 12 st., praktiska problem med etablering av stationer
Jönköping	4(4)	En påverkad, tre opåverkade	Vissa praktiska problem. Ej installation på nätverk
Gotland	5(7)	Bristområden	3 genom delprogrammet, 4 st. genom egen upphandling. Svårt att hitta bra platser, praktiska problem. Något svår programvara.
Kronoberg	2(2)	Opåverkade	Mindre praktiska problem
Östergötland	3(3)	Påverkade och/eller stora naturvärden	Det praktiska arbetet fungerar bättre med tiden. Viss oro för vad som händer om leverantören skulle försvinna samt om personal skulle försvinna. Ett av rören har tidigare mätts av kommunen, logger under november.
Kalmar	0(2)		
Blekinge	0(2)		
Södermanland	0(2)		
Västra Götaland	0		

Delprogrammet kompletterar SGU:s nationella grundvattennät där mätningar utförs främst i jordlagren under opåverkade förhållanden i olika typer av geologi, topografi och klimat (figur 1). Mätningar inom grundvattennätet har utförts sedan slutet av 1960-talet och materialet är användbart för referensändamål. Den månadsvisa redovisningen av grundvattennivåer som redovisas på SGU:s webbplats bygger på beräkningar av data från grundvattennätet. Den regionala övervakningen koncentreras

istället till att över tiden följa upp och utvärdera grundvattennivåer (kvantitativa status) i värdefulla grundvattenmagasin där det finns stor potentiell risk för kvantitativ påverkan. Mätresultat från stationer belägna i stora (långsamreagerande) grundvattenmagasin inom SGU:s grundvattennät bedöms vara användbara som referensmaterial för avstånd upp till ungefär 100 km (figur 5 och 6) och kan exempelvis användas för bedömningar av påverkan.



Figur 1. Stationer i SGU:s grundvattennät. För närvarande (mars 2015) utförs mätningar i drygt 300 observationsrör, grupperade i ett 80-tal områden.

Lokala övervakningsprogram och kontrollprogram förekommer i samband med vattendomar, efterbehandling av förorenade områden, Mifo-utredningar, deponier, övervakning i anslutning till vattentäkter, övervakning i anslutning till infrastrukturprojekt (främst utförda av Trafikverket) samt i stadsmiljö. Som exempel kan nämnas Göteborgs stads övervakningsprogram för nivåer. Denna typ av kontrollprogram eller övervakning pågår ofta under begränsade perioder och är vanligtvis relaterad till påverkan. Användbarheten som referensmaterial bör utvärderas från fall till fall.

I samband med övervakning av påverkade förhållanden är uppgifter om uttag ur förekomsten av central betydelse. Uppgifter om grundvattenbildning kan ha osäkerheter som måste beaktas i samband med påverkansbedömning och utvärdering av förändringar i grundvattennivå.

I det nationella programmet, dvs. SGU:s grundvattennät, pågår mätningar för referensändamål i opåverkade områden. Inom den regionala övervakningen övervakas grundvatten för olika syften; i påverkade områden, bristområden men även i opåverkade områden där stationer inom den nationella övervakningen saknas.

Uppfylls kraven?

”Uppfyller det gemensamma delprogrammet kraven inom vattenförvaltningen samt uppföljning av miljö kvalitetsmål? Om inte ge förslag på hur det bättre kan svara upp mot dessa krav.”

Vattenförvaltning, krav inom vattenförvaltningen på övervakning för bedömning av kvantitativ status

Ett program ska upprättas för att kunna bedöma den kvantitativa statusen hos alla grundvattenförekomster inom vattenförvaltningen. I de grundvattenförekomster som bedöms vara utsatta för risk ska antalet stationer och mätfrekvensen vara tillräckliga för att dels kunna särskilja naturliga variationer i grundvattennivån från förändringar som sker på grund av mänsklig påverkan, dels kunna följa förändrade förhållanden i grundvattnets flödesriktning. Mätfrekvensen ska vara en eller två gånger per månad, beroende på typ av grundvattenmagasin. Grundvattenförekomster som bedömts vara utan risk kan övervakas gruppvis i en eller flera övervakningsstationer som kan representera gruppen. Mätfrekvensen kan här vara glesare, men minst en gång per år. Den nuvarande grupperingens användbarhet för den kvantitativa övervakningen är oklar och behöver testas. För närvarande finns endast en typ av gruppering för både kvalitet och kvantitet.

Vid övervakning av kvantitativ status är grundvattennivån den parameter som är obligatorisk att övervaka enligt ramdirektivet för vatten. För att övervakningen av grundvattennivåer ska kunna bidra till en bedömning av den kvantitativa statusen behöver grundvattennivåmätningarna också relateras till systemets vattenbalans. För att kunna bedöma om en grundvattenförekomst har en långsiktigt hållbar vattenbalans, och därmed uppnår god kvantitativ status, krävs ytterligare information till stöd. I SGU:s föreskrifter rekommenderas därför även att registrering ska ske av hur stort uttag av grundvatten som sker, samt vattenflöden i källor som ytterligare parametrar. I de grundvattenmiljöer där det finns risk för saltvatteninträngning är det naturligtvis en fördel att stödja nivåmätningarna med kemisk övervakning. Det kan också vara motiverat om man misstänker att förändrade grundvattenflödesriktningar kan innebära att förorenande ämnen tränger in i grundvattenförekomsten.

Hur bedöms risken att god kvantitativ status inte uppnås?

- 1) Riskbedömning av kvantitativ status genom indikationer(SGU, 2014a):

- Utkörning av vatten till boende
- Vattnet börjar smaka salt eller mätningar visar på ökande trend i konduktivitet i grundvatten eller brunnsvatten
- Kalkällor och grävda brunnar sinar
- Återkommande behov av bevattningsförbud med kommunalt dricksvatten baserat på grundvatten
- Förändrad artsammansättning i grundvattenberoende våtmarker eller ytvattendrag

Sådana observationer och andra kunskaper om vattenbrist kan vara tillräckliga som underlag för en riskbedömning. Verifiering av en riskbedömning grundad på någon eller några av de angivna indikationerna innebär bl.a. att fastställa om orsaken är mänsklig verksamhet och om denna ger kort- eller långsiktiga förändringar. Kortsiktiga förändringar kan oftast tolereras.

2) Riskbedömning av kvantitativ status genom vattenbalansberäkning

Om en stor del av det grundvatten som bildas tas ut för användning kommer grundvattnets nivåer och flöde att påverkas kraftigt. Om 50 % eller mer av grundvattenbildningen används för vattenuttag, så kommer det att påverka det flöde som behövs i anslutna ekosystem. Saknas anslutna ekosystem som är beroende av visst grundvattentryck eller flöde, så kan uttag som utgör upp till 90 % eller mer av grundvattenbildningen tolereras, men aldrig långsiktigt över 100 %. Läs mer om detta i bedömningsgrunder för grundvatten (SGU, 2013).

Miljömål

En av sex preciseringar för ”Grundvatten av god kvalitet” är: Grundvattennivåerna är sådana att negativa konsekvenser för vattenförsörjning, markstabilitet eller djur- och växtliv i angränsande ekosystem inte uppkommer.

Grundvattennivåer kan lokalt både höjas eller sänkas genom naturliga variationer och genom ingrepp av människan i mark- och vattenmiljöer. Förändringar i grundvattennivåer kan också vara långsiktiga och ha en geografiskt omfattande utbredning.

Denna precisering omfattar allt grundvatten, dvs. även grundvatten utanför de avgränsade grundvattenförekomsterna inom vattenförvaltningen. Grundvattnet utanför dessa förekomster utgör ytmässigt den helt dominerande delen av grundvattnet i landet. För måluppfyllelse av denna precisering anges i det första utkastet till målmanual för miljö kvalitetsmålet ”Grundvatten av god kvalitet” (SGU, 2014b) att det skulle kunna vara en rimlig utgångspunkt att allt grundvatten bedöms utifrån kriterier som gäller för grundvattenförekomsterna inom vattenförvaltningen. Det innebär beaktande av SGU:s föreskrifter om Kartläggning och analys av grundvatten

(SGU-FS 2013:1) respektive SGU:s föreskrifter om Miljökvalitetsnormer och statusklassificering (SGU-FS 2013:2) för allt grundvatten. Dessutom är kriterierna som anges i bedömningsgrunder för grundvatten (SGU, 2013) om påverkansfaktorer och metoder för att bedöma kvantitativa tillstånd också användbara.

Preciseringen omfattar allt grundvatten och syftar till att inte negativa konsekvenser uppträder för

- 1) vattenförsörjning,
- 2) markstabilitet samt
- 3) djur- och växtliv i angränsande ekosystem.

Den innefattar således olika typer av effekter som beror på förändringar av grundvattennivåer i både urban och naturlig miljö. För att kunna ange när målet med preciseringen är uppfyllt behöver därför uppföljning ske utifrån skilda utgångspunkter och med olika metoder. Preciseringen bedöms vara uppfyllt när konsekvenserna för påverkan på grundvattennivåerna är beskrivna och kontrollerade samt att tillräckliga skyddsåtgärder vidtagits. Detta gäller speciellt för områden som tillfälligt eller permanent är i riskzonen för betydande påverkan.

Till preciseringen har tre förtydliganden tagits fram (SGU, 2014b). Till dessa ska knytas indikatorer och uppföljningsmått där mätning/ övervakning av grundvattennivåer är en viktig del.

Förtydligande 1: Effekten på grundvattennivåer orsakade av mänsklig mark- och vattenanläggningsverksamhet är kända och motverkas genom förebyggande och riskreducerande åtgärder.

Förtydligande 2: Klimatförändringars effekt på grundvattennivåer ska utvärderas regelbundet.

Förtydligande 3: Påtagliga effekter på djur- och växtliv genom förändringar av grundvattennivåer orsakade av människan ska undvikas.

Enligt synpunkter från länen så har mätningarna inte kommit igång tillräckligt för att uppfylla kraven från vattenförvaltning och miljömål. I exempelvis Kronobergs län bedöms dock inte överuttag och påverkan vara ett stort problem. Jönköpings län understryker behov av inventering av vad som utförs inom exempelvis kommunala kontrollprogram. Vidare bör möjlighet prövas att använda bevarandeplanerna för Natura 2000 som underlag för uppföljning av kvantitativ status.

Hot och problem

”Vilka är de stora hoten/problemen när det gäller grundvattnets kvantitet och sjunkande nivåer? Har klimatförändringar beaktats?”

Enligt kommentarer från länen förekommer hoten mot tillgången i kustnära områden under delar av året då nivåerna är naturligt låga (sommar och tidig höst) och behov eller förbrukning är stor. Klimatförändringarna

pekar på minskad tillgång under sensommaren i snabbreagerande grundvattenmagasin. Lokalt kan vissa områden ha mindre grundvattenbildning än förbrukning. I landets sydöstra delar pekar klimatscenarios på generell minskad grundvattenbildning.

Grundvattennivåer har beräknats i ett framtida klimat för stationer belägna i snabbreagerande grundvattenmagasin inom SGU:s grundvattennät (Rodhe, 2007; Sundén m fl. 2010). Inom ett projekt vid SGU kommer under våren 2015 grundvattennivåer i ett framtida klimat att beräknas för stora, långsamreagerande magasin som är typiska för de förekomster i sand- och grusavlagringar som utpekats av vattenförvaltningen. Resultaten av denna studie kan utgöra underlag för planering av nivåövervakning. Det finns ett behov av att beakta klimatförändringar i vattenförsörjningsplaneringen (Blad m fl, 2009). Flera län har i sina regionala vattenförsörjningsplaner inkluderat klimatförändringarna. Som ett exempel kan nämnas Kalmar län som har genomfört en fördjupad klimatanalys (Länsstyrelsen Kalmar län, 2013). Denna typ av arbeten kan användas som underlag för planering av klimatrelaterad nivåövervakning.

Vattenförvaltning och miljömål

Även ökande nivåer kan utgöra ett hot, för t ex en säker dricksvattenförsörjning. Ökande nivåer kan påverka vattenkvaliteten och markstabiliteten. Ändrade grundvattenregimer väntas i ett framtida ändrat klimat, när tidpunkter för snösmältning och påfyllning av magasinerna ändras.

Ett problem är att det fortfarande finns brister i kontrollen och samordningen av det totala uttaget som sker ur ett grundvattenmagasin. Länsstyrelsen Skånes initiativ med tidsbegränsade tillstånd för uttag är ett bra steg i rätt riktning för att förbättra utsikterna till en samordnad uttagsbedömning. SGU har i sina remissyttranden verkat för tidsbegränsade tillstånd.

Miljömål

Klimatförändringars effekt på grundvattennivåer ska utvärderas regelbundet (SGU, 2014b).

Åtgärder behöver sättas in som innebär att extrema vädersituationer och klimatförändringar inte hotar vattenförsörjning eller markstabilitet. Arbetet med att förebygga negativa effekter av förändrade grundvattennivåer som beror på storskaliga klimatförändringar bör ske i ett större sammanhang där klimatanpassningsfrågor behandlas. Det pågår ett utvecklingsarbete inom klimatanpassningen i Sverige där även grundvattennivåförändringar ingår. Bland annat görs modelleringsinsatser av SMHI i samverkan med SGU. Resultatet av detta kontinuerliga arbete är en viktig grund för att regelbundet följa utvecklingen och göra bedömningar som kan ingå i uppföljningen av denna precisering om grundvattennivåer. Det tillgängliga kunskapsunderlaget om grundvattnets nivåförändringar i olika klimatscenarier är dock idag alltför litet

för att på ett effektivt sätt kunna inkludera grundvattenaspekterna i klimatanpassningsarbetet. Detta arbete måste utvecklas.

Arbetsätt

”Har alla länen kommit igång med sin nivåövervakning och vilka eventuella svårigheter och problem har uppstått längs med vägen? Har problemen gått att lösa och hur har de lösts?”

Enligt inkomna svar från tillfrågade län har nivåstationer införskaffats eller upprättats av följande län: Skåne, Gotland, Jönköping, Kronoberg, Blekinge, Kalmar, Södermanland och Östergötland. Ett vanligt förekommande problem är att hitta lämpliga platser för övervakning eller att hitta lämpliga befintliga observationsrör. Vidare anges problem med teknik, programvara och i viss utsträckning kompetens inom ämnesområdet som delvis kan förklaras av att utrustningen används alltför sällan för att utveckla rutiner. Problemen har delvis lösts bl.a. genom kommunikation med leverantören av mätutrustningen.

”Fungerar utrustningen och arbetsättet, t.ex. hantering och utsättning av loggrar, överföring av data, datahantering m.m?”

Mätningarna sker med tryckgivare och datalagring med logger i anslutning till grundvattenröret. Överföring av data sker genom att i samband med fältbesök överföra data till PC. Det förekommer delvis problem med teknik, hantering etc. Problemen har flera orsaker, inte minst för användarna ny teknik. Synpunkter finns på hanteringen av programvaran som delvis uppfattas som svår. Detta beror bl.a. på att användarna tämligen sällan använder programvaran. Några konkreta exempel på svårigheter som har noterats är svårigheter att hitta lämplig plats för observationsrör, svårigheter att fästa logger i observationsröret, batteriet till portabel PC kan ta slut under dataöverföring i fält samt tröga lås som måste smörjas.

Stationer

”Vilka stationer har etablerats inom det gemensamma delprogrammet och varför? Finns det övergripande strategiska syften (exempelvis miljömål/vattenförvaltning) eller lokala/regionala problemställningar som har motiverat urvalet av stationer?”

Det har varit varierande syften med urvalet av stationer. I Skåne har förekomster som enligt vattenförvaltningen klassats som ”at risk” beaktats. Vidare har förekomster med kvalitetsproblem eller konflikter kring vattenuttag inkluderats. Gotlands län har fokuserat på bristområden. I Jönköping län övervakas både möjlig påverkan och naturliga referensnivåer. Kronobergs län övervakar naturliga variationer bl.a. med inriktning på klimatförändringar. I Östergötlands län övervakas nivåer för uppföljning av

miljömål och vattenförvaltning samt som underlag för hantering av tillståndsärenden.

”Är de stationer som etablerats tillräckliga för att svara på föregående fråga eller behövs fler stationer och i sådana fall var?”

Bedömningen från länen ger varierande svar. Exempelvis anger Östergötlands län att fler observationsplatser behövs medan Kronobergs län har behoven tillgodosedda. Inom vattenförvaltningen så är gruppering av förekomster för bl.a. kvantitativ övervakning central för att genomföra övervakning där en förekomst ska representera andra förekomster i varje grupp.

”Har stationer etablerats på rätt plats och har vi rätt prioritering när det gäller typ av förekomster som övervakas?”

Detta är svårt att svara på främst eftersom övervakningen befinner sig i ett startskede. Tidsserier och utvärdering av data behövs för att ge ett tydligare svar. Denna fråga behandlas vidare under avsnitten om behov inom vattenförvaltning och miljömål. Övervakning för referensändamål i förekomster utpekade inom vattenförvaltningen utförs av SGU inom grundvattennätet. En stor del av landets grundvattenmagasin i jordlager bedöms vara representerade av de stationer som används inom Grundvattennätet. Detta gäller opåverkade förhållanden och påverkade områden och bristområden övervakas vanligtvis inte inom grundvattennätet. För närvarande utförs mätningar i berggrunden endast i 25 st av de drygt 300 observationsrören.

Utvärdering av data

”Hur ska mätdata utvärderas och vem ska göra det? Går det att använda bedömningsgrunderna och hur bör de användas?”

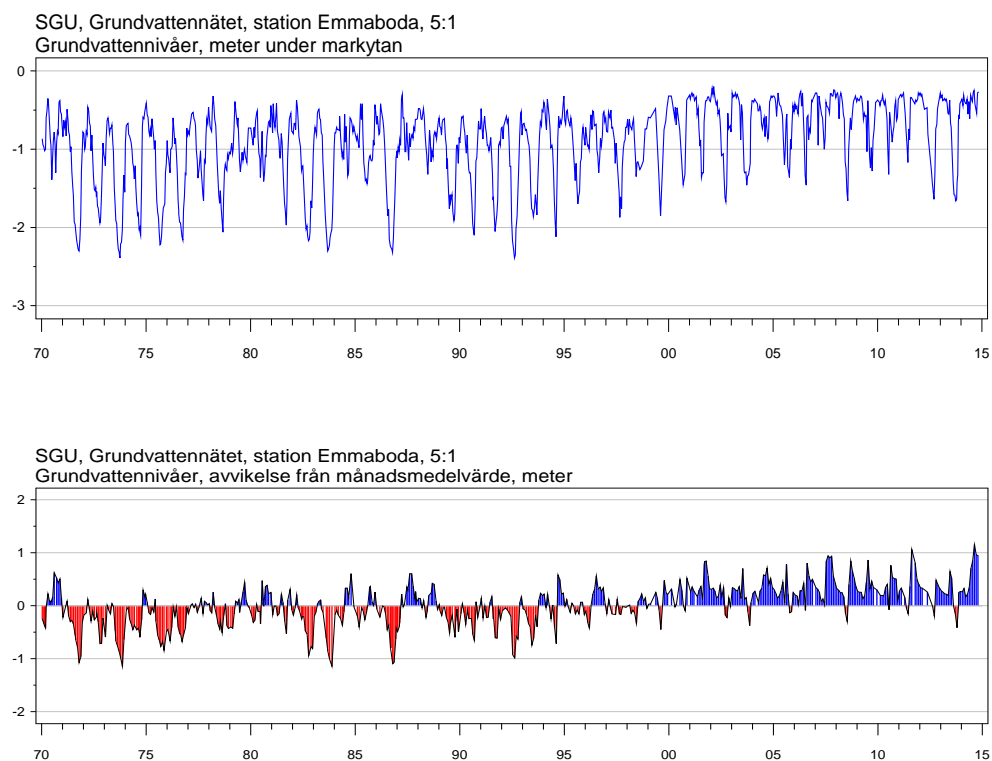
Förslagsvis utvärderas data av SGU som har ansvarat för den nationella nivåövervakningen (Grundvattennätet) sedan slutet av 1960-talet samt utifrån SGU:s roll som miljömålsmyndighet och inom vattenförvaltningen. En central och gemensam sammanställning och utvärdering av data i samverkan med länen har många fördelar, inte minst att data blir behandlat med enhetliga metoder. Exempelvis kan statistiska metoder som används för framtagande av månadens grundvattensituation även användas för påverkansbedömning. Data från den nationella övervakningen kan utvärderas tillsammans med den regionala övervakningen med gemensamma metoder. Vid SGU finns rutiner för studier av tidsmässiga variationer inkl. metoder för beräkning av trender. Även bedömningsgrunderna kan ge ett visst stöd i utvärderingen av grundvattennivåer.

”SGU kommer att vara datavärd för regional nivådata. Hur och i vilken form ska vi leverera data till SGU? Kommer det finnas

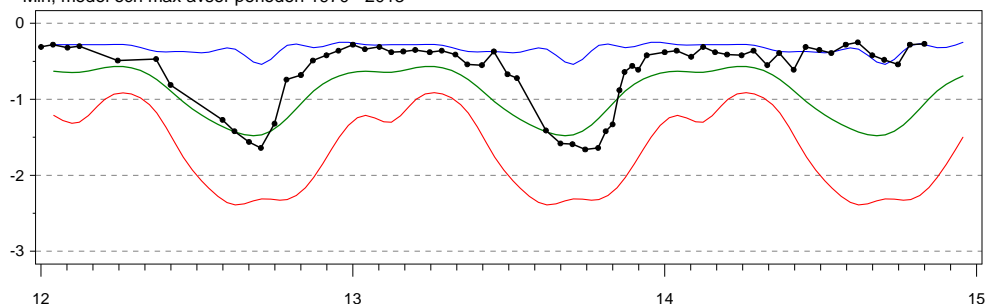
något system som länen sedan kan använda för utvärdering av de data vi skickar till SGU, t.ex. en databas från vilken det är möjligt att exportera data och grafer?”

Detta har diskuterats vid möten mellan SGU och vissa län. Tekniskt sett så är det bästa om länen kan leverera data på ett liknande sätt som den datahantering som sker inom SGU:s nationella nivåövervakning, både vad gäller manuella observationer och automatiska mätningar. En viktig aspekt vid mottagande av data vid SGU är ID-hanteringen. Ett förslag som diskuterats är att SGU tilldelar stations-ID åt länen innan data levereras. De varianter som först kommer att testas är att länen skickar filer från de automatiska stationerna till SGU. I samband med en workshop 24-25 november 2014 informerades om att SGU kan ta emot data från mätstationer av typ Danelko/STS. Vidare finns möjlighet att länen kan tilldelas möjligheter att registrera manuellt uppmätta data via SGU:s webbgränssnitt.

I dagsläget redovisas månadsvis grundvattensituationen och grundvattenmagasinens fyllnadsgrad i form av landstäckande kartor på SGU:s webbplats. Samtliga uppmätta nivådata inom SGU:s nationella nivåövervakning finns tillgängliga som öppna data på SGU:s webbplats. Andra webbaserade utvärderingar i form av statistik och grafer kan utvecklas vid SGU, exempelvis genom att skapa grafer och statistik för valda stationer. Möjligheter finns att bygga vidare på de presentationer som används internt inom SGU, se figur 2 och 3 nedan där olika typer av presentationer redovisas. Även andra utvärderingar kan göras, exempelvis trendanalys, påverkansanalys och beräkningar av återkomsttid.

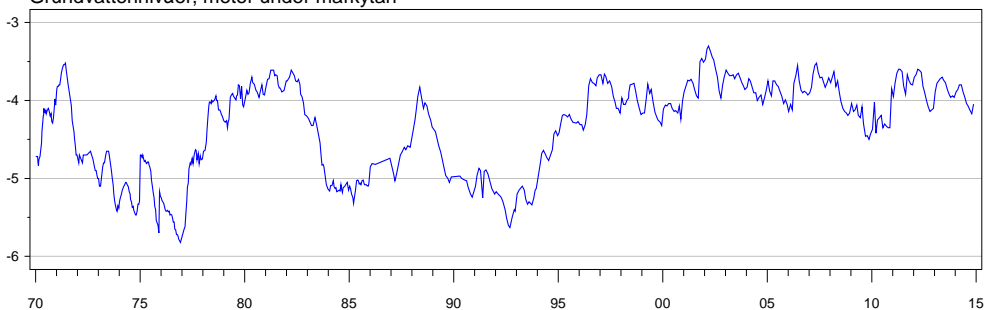


SGU, Grundvattennätet, Emmaboda, Område 5, Station 1
 Min, medel och max avser perioden 1970 - 2013

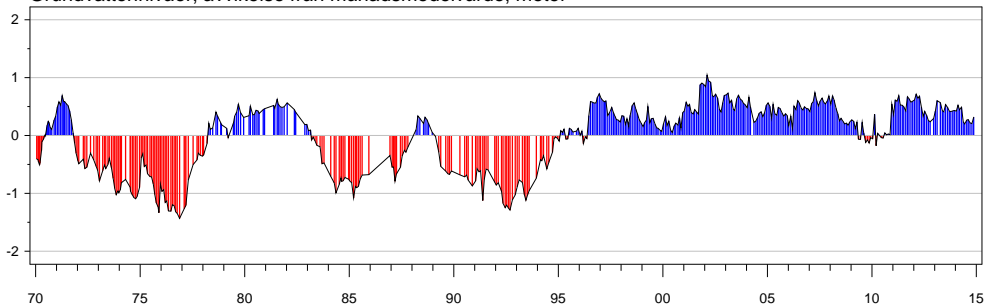


Figur 2. Grundvattennivåer vid SGU:s grundvattennät: Emmaboda. Uppmätt grundvattennivå under perioden 1970 – 2014 (högst upp), differens mellan uppmätt nivå – månadsmedelvärde under perioden 1970 – 2014 (mellersta figuren) samt nedersta figuren; uppmätt nivå 2012 – 2014 (svart kurva) tillsammans med medel (grön kurva), min (röd kurva), och max (blå kurva), för perioden 1970 – 2013. Nivåvariationerna är typiska för ett snabbreagerande magasin i morän.

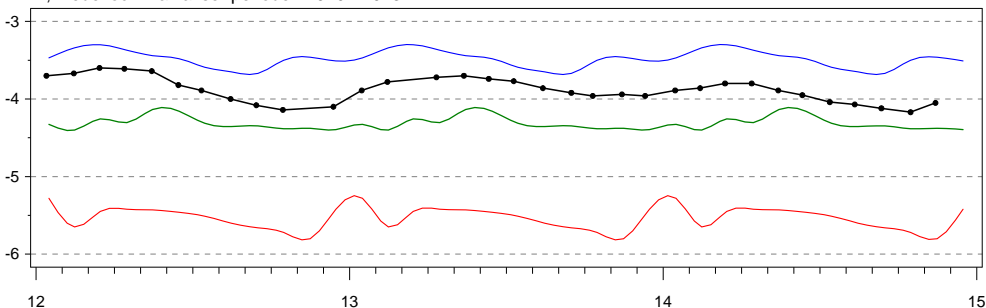
SGU, Grundvattennätet, station Kalmar, 6:23
 Grundvattennivåer, meter under markytan



SGU, Grundvattennätet, station Kalmar, 6:23
 Grundvattennivåer, avvikelse från månadsmedelvärde, meter



SGU, Grundvattennätet, Kalmar, Område 6, Station 23
 Min, medel och max avser perioden 1970 - 2013



Figur 3. Grundvattennivåer vid SGU:s grundvattennät: Nybroåsen ("Kalmar"). Uppmätt grundvattennivå under perioden 1970 – 2014 (högst upp), differens mellan uppmätt nivå och månadsmedelvärde under perioden 1970 – 2014 (mellersta figuren) samt nedersta figuren; uppmätt nivå 2012 – 2014 (svart kurva) tillsammans med medel (grön kurva), min (röd kurva), och max (blå kurva) för perioden 1970 – 2013. Nivåvariationerna är typiska för ett långsamreagerande magasin i isälvsavlagringar (sand och grus).

Kringparametrar

”Hur ska olika kringparametrar hanteras som t.ex. nederbörd, grundvattenbildning, vattenuttag, avrinning m.m.?”

Vattenbalans kan beräknas för förekomster där uppgifter om grundvattenbildning och uttag finns tillgängliga under förutsättning att de hydrogeologiska förhållandena, inkl vattendelarnas lägen, är kända. Vattenbalansens förändring över tiden kan användas som ett komplement till nivåövervakning. Här bör finnas möjlighet att använda modellering av grundvattennivåer (se nedan). Noggranna uppgifter om uttag kan dock ofta vara svåra att få fram och nivåmätningar bör betraktas som huvudalternativ för den kvantitativa övervakningen. Uppgifter om kringparametrar kan utgöra underlag för grundvattenmodeller.

Fortsatt nivåövervakning

Samverkan med SGU

”Hur bör fortsättningen se ut för det gemensamma delprogrammet och hur bör den fortsatta regionala nivåövervakningen se ut?”

Vad gäller formerna så bör planeringen av fortsättningen ske i samverkan mellan länen och SGU. De praktiska problemen med exempelvis etablering av stationer kan minskas om SGU kan ha en stödjande funktion. Den regionala nivåövervakningen bör i första hand utgöra ett fokusera på påverkade områden samt i viss utsträckning på opåverkade områden där SGU:s grundvattennät saknar stationer. Övervakning av grundvatten i berggrunden behöver utökas eftersom denna i dagsläget har mycket begränsad omfattning. För en långsiktig planering av nivåövervakning är även den långsiktiga finansieringen viktig. Ett bidrag till en långsiktig planering kan vara att ta fram länsöverskridande ramavtal för etablering av grundvattenrör där SGU kan medverka. Se vidare förslag om en sammantagen utvärdering av den kvantitativa övervakningen nedan.

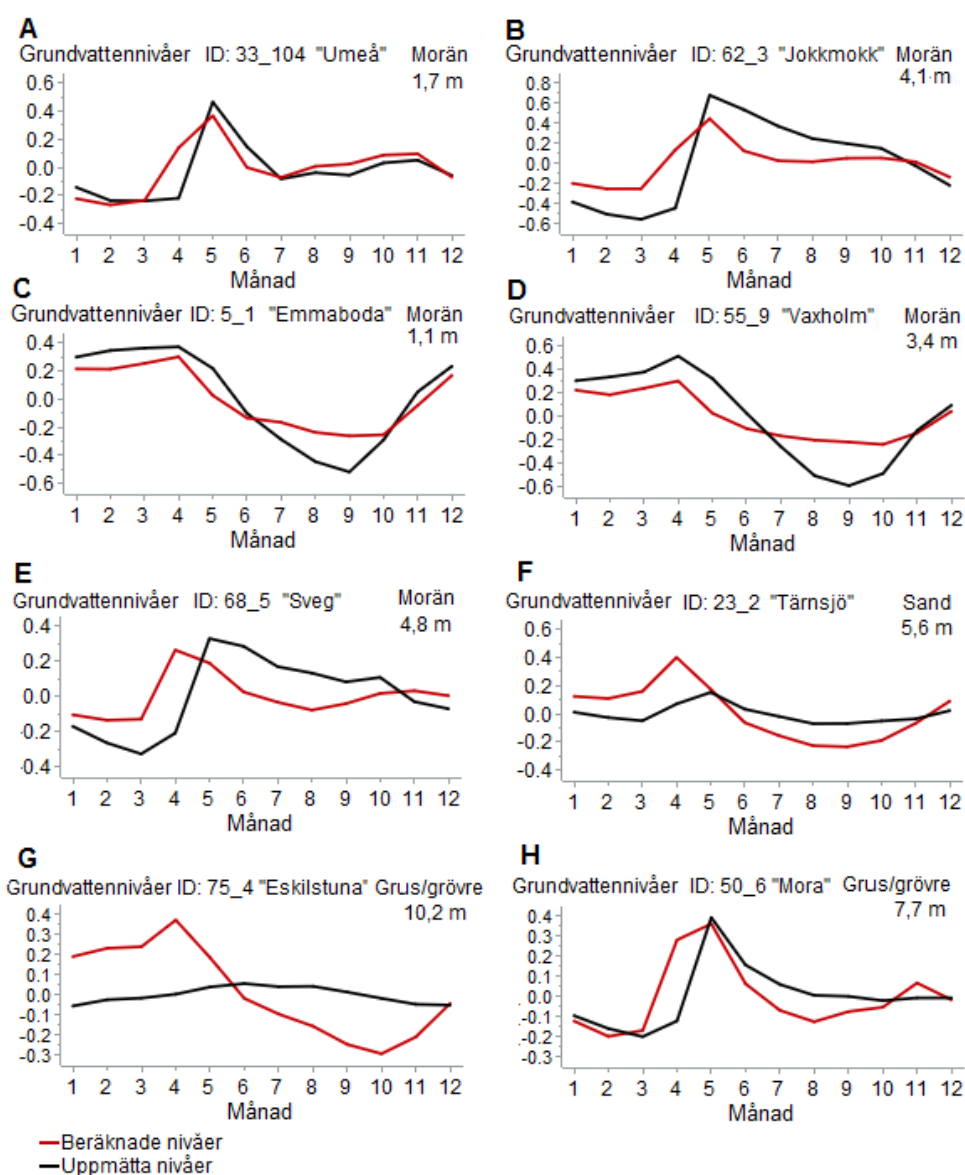
Behov av utvecklad nivåövervakning

”Är det något som saknas i dagens regionala nivåövervakning och finns det frågor som behöver lösas i nästa programperiod?”

Övervakning av grundvatten i kustnära områden och i berggrunden, särskilt i områden med överuttag, behöver förstärkas. I dagsläget finns oklarhet om framtida resurser både vad gäller finansiering och personal, och resurserna för kvantitativ grundvattenövervakning är tämligen begränsade. Möjligheter kan finnas att bättre använda och samordna kompetens mellan länsstyrelser, samt möjligheter för SGU att ha en stödjande och samordnande funktion. Samverkan mellan SGU och länen behöver utökas och förtydligas,

inkl. former för samverkan. Möjlighet att använda data från verksamhetsutövare bör utvärderas (vattenverksamhet, recipientkontroll, annan lokal övervakning). En möjlighet som bör studeras är att använda modellerade grundvattennivåer. Vid SMHI sker modellering med S-Hype i realtid för 37 000 delavrinningsområden för olika jordarter och markanvändning. Möjlighet finns att använda jordartsspecifikt beräknade grundvattennivåer vilket har visat sig fungera väl för grundvatten i morän och isälsavlagringar (sand och grus) enligt en studie vid SGU, se figur 4.

En annan möjlighet kan vara att kalibrera en modell för uppmätta grundvattennivåer för ett individuellt grundvattentrör under en period, förslagsvis 2-3 år, och därefter låta modellen beräkna nivåer som endast kalibreras med manuella mätningar 1-2 ggr per år.



Figur 4. Jämförelse mellan uppmätta och beräknade nivåer för ett antal stationer inom SGU:s grundvattennät (Lagergren, 2014). Skillnader mellan uppmätt och beräknad grundvattennivå beror till stor del på att mäktigheten hos den omättade zonen inte fullt ut beaktats av modellen.

Samordning

”Kan nivåövervakningen samordnas med andra aktörer, t.ex. kommunerna? Vad har gjorts och/eller vad kan göras framöver?”

Nivåövervakningen kan samordnas med andra aktörer, förutom med kommuner även andra verksamhetsutövare som exempelvis Trafikverket m fl. Detta kan dock kräva betydande arbetsinsatser angående avtal om dataöverföring, praktiska och tekniska svårigheter med format, krav på mätmetoder och mätfrekvens, bedömning av påverkan m.m. Havs och Vattenmyndigheten arbetar med regeringsuppdraget ”Vattenanknuten recipientkontroll” som ska redovisas 31 mars 2015. En del av detta uppdrag berör hur den vattenanknutna recipientkontrollen ska kunna samordnas med regional och nationell miljöövervakning. Möjlighet bör finnas för den kvantitativa övervakningen att använda resultaten av detta regeringsuppdrag.

Sammanlagning av delprogram

”Förutom det här gemensamma delprogrammet finns det ett till gemensamt delprogram i Norrland för övervakning av grundvattennivåer. Bör de två delprogrammen slås ihop och vad är fördelarna respektive nackdelarna av en eventuell hopslagning? Hur kan vi samverka i nästa programperiod?”

Syftet med en eventuell sammanslagning måste tydliggöras. En genomarbetad beskrivning av behovet av en sammanslagning kan göras i en sammantagen utvärdering av den kvantitativa övervakningen. En sammanslagning kan vara positiv med samordningsvinster, ramavtal, gemensam datahantering etc. Denna fråga bör hanteras av länen i samverkan med SGU, Havs och Vattenmyndigheten och Naturvårdsverket. En sammantagen utvärdering av de gemensamma delprogrammen, regional nivåövervakning och den nationella nivåövervakningen (SGU:s Grundvattennät) föreslås för att tydliggöra för- och nackdelar med olika former samordningsvinster. I en sådan utvärdering bör även möjligheter beaktas att använda data från verksamhetsutövare.

SGU:s rekommendationer

”Vilka rekommendationer ger SGU angående hur ett framtida regionalt övervakningsprogram bör utformas och vad ska prioriteras inom övervakningen?”

Vattenförvaltning

För vattenförvaltningens syften bör fokus vara på att upprätta kvantitativ övervakning i områden som bedömts som riskområden. Ett problem är hur risken ska bedömas om det saknas underlag för att göra en vattenbalansberäkning. Riskbedömning med indikatorer enligt ovan kan då vara en väg fram.

För att kunna bedöma om en förändring i grundvattennivå är naturlig eller antropogent betingad behövs referensmätningar. Referens för en naturlig variation i grundvattennivåerna kan erhållas ur SGU:s grundvattennät. Buffertområden kring nivåstationer kan användas för att få en större geografisk täckning, exempel i figur 6.

Miljömål

Det är mycket viktigt att grundvattennivåer får en större roll i olika planeringsprocesser. Det finns idag ingen samlad kunskap om hur grundvattennivåer, och risk för förändringar av dessa, beaktas i olika planeringsprocesser inom län och kommuner. Kunskapsläget behöver kartläggas och i en förlängning behöver riktlinjer, vägledningar, utbildning, mm. skapas som ett led i att verka för måluppfyllelse för preciseringen om grundvattennivåer. Ett uppföljningsmått som syftar till att beskriva kunskapsläget utgående olika frågeställningar har föreslagits i SGU (2014b). Två exempel är:

- Hur hanteras frågorna på länen respektive kommunerna? Finns samordnare som ansvarar för frågor kring grundvattennivåer, sköts frågor om nivåer inom olika avdelningar, etc.
- Hantering av riskområden och problemställningar i olika planunderlag.

För att kunna göra detta krävs nivåövervakning som är inriktad både mot att komplettera den bakgrundbild som kan erhållas från SGU:s nationella övervakning och riktade övervakningsinsatser mot riskområden som styrs av markanvändning, m.m. Detta arbete med framtagande av ett uppföljningsmått för grundvattennivåer och planeringsfrågor inom miljömålssystemet bör ske parallellt med uppbyggnad av övervakningsprogrammen.

Övervakning av grundvattennivåer i urbana miljöer

I många städer pågår samtidigt och kontinuerligt många olika anläggningsarbeten varvid det är extra viktigt att ha kontroll på grundvattensituationen. Kontinuerlig övervakning av grundvattennivåer i kommunal eller annan regi sker i några städer, men det vanligaste är att det sker i samband med själva genomförandet av ett större anläggningsprojekt. Det finns idag ingen samlad bild av övervakningen ens i de större städerna och därmed finns inga samlade data lagrade. Det vore önskvärt att de större, både offentliga och privata, aktörerna samordnar en samlad insamling av data, eventuellt i SGU:s regi, och hittar samverkansformer för urban nivåövervakning.

Nationell nivåövervakning vid SGU utgör den huvudsakliga referensen för bedömning av nivåvariationer i stora och små grundvattenmagasin i landet. Den pågående metodutvecklingen vid SGU för att extrapolera mätdata från dessa stationer kan vara ett stöd till den urbana övervakningen.

Observationsrör utsatta i samband med SGU:s grundvattenkartering bör, där så är lämpligt och möjligt, användas för nivåövervakning. I den urbana miljön har dock jämförelse med SGU:s referensrör begränsat värde och vid projekt som kan påverka grundvattennivåer behöver därför särskilda referensrör etableras.

Risk för saltvatteninträngning i brunnar och grundvattenberoende ekosystem

En av de största riskfaktorerna för försämrat brunnsvatten är inträngning av salt grundvatten. Det salta grundvattnet kan antingen vara av gammalt (relikt) ursprung om det lagrats i jord- eller berglager sedan den senaste isavsmältningen, eller utgöras av havsvatten som tränger in utmed kusterna. Saltpåverkat vatten (inklusive vatten med höga sulfathalter) finns också i delar av den sedimentära berggrunden. I områden där det i dag sker överuttag eller det finns betydande risk för överuttag av grundvatten bör möjligheten utnyttjas att styra grundvattenuttagen. Detta kan göras genom att i dessa områden kräva tillstånd och/eller anmälan för brunnborrning.

Uppföljningen syftar till att kombinera risk med praktisk hantering av frågorna. I ett nu pågående arbete på SGU identifieras riskområden utgående från geologiska faktorer. Detta underlag avses användas för att följa utvecklingen i framförallt enskilda brunnar i områden med olika riskklasser. Verifiering av övervakningsdata i områden med risk för saltvatteninträngning är en av de viktigaste övervakningsuppgifterna.

Påtagliga effekter på djur- och växtliv genom förändringar av grundvattennivåer orsakade av människan ska undvikas.

Kunskapen är ofullständig om hur förändringar i grundvattennivån påverkar växt- och djurliv i angränsande ekosystem. Antingen kan påverkan ske som direkta effekter vid känsliga arters rotzon eller genom förändrat grundvattenflöde. Det senare fallet leder till förändrade vattenbalanser och kan leda till förändrad vattenkvalitet och kan då kopplas till preciseringen om det utströmmande grundvattnets kvalitet och dess bidrag till en god livsmiljö för växter och djur i källor, våtmarker, sjöar, vattendrag och hav.

För närvarande pågår projekt för att identifiera grundvattenberoende ekosystem utifrån naturtypsklassningar i samverkan mellan miljömålsarbetet och behovet av sådan information inom vattenförvaltningen. Hittills har fokus legat på Natura 2000-områden och terrestra ekosystem, men arbetet har utvidgats till att omfatta beskrivning av naturtyper för akvatiska system.

Målsättningar för kvantitativa övervakningen med denna inriktning kan vara att ta fram områden där det finns grundvattenberoende ekosystem och utföra mätningar av utflöden (källor/källhorisonter) eller av grundvattennivåer uppströms. Först inom eller i anslutning till Natura 2000 - områden och därefter i andra (känsliga) områden. Det har vid SGU tagits fram en förstudie ang. övervakning av grundvattenberoende ekosystem (Avenius, 2014).

Kommunal och övrig nivåövervakningsdata

”Inom Norrlandslänens nivåövervakningsprogram har nivådata från kommunerna samlats in. Vilka rekommendationer ska Länsstyrelserna ge kommunerna om var, när och hur de ska utföra nivåmätningar för att de ska vara användbara för utvärdering inom miljöövervakningen? Kan SGU som datavärd ta emot kommunernas data och hur ska det ske?”

Denna fråga har bl.a. diskuterats i samband med ett möte vid SGU år 2013 med deltagare från de två gemensamma delprogrammen för grundvattennivåer. För att data ska vara användbara måste det framgå hur mätningar utförts, var de är utförda i förhållande till påverkan och vilken påverkan som kan förekomma dvs. vilka grundvattenuttag som varit aktuella vid mättillfället. En möjlighet kan vara att använda nivådata som tas i samband med råvattenkontrollen. Dataleveranser måste regleras i tydliga avtal där sekretessfrågor ang. vattentäkternas lägen hanteras. Rekommendationer ang. nivåmätningar ska omfatta lämplig mätfrekvens, bedömning av påverkan av uttag samt ev. påverkan av ytvatten (konstgjord grundvattenbildning och inducerad grundvattenbildning). Lämplig provtagningsfrekvens i långsamreagerande grundvattenmagasin (sand- och grusavlagringar) kan vara 1 mätning per månad. Vad gäller dataflödet finns möjlighet att använda SGU:s rutiner för webbaserad inmatning av nivådata där utföraren kan tilldelas användar-id av SGU.

”Det finns även annan befintlig övervakning av nivåer, t.ex. hos olika tillståndspliktiga verksamheter, som kan vara av värde att använda inom miljöövervakningen. Hur kan länen använda dessa befintliga data och kan SGU som datavärd även ta emot dem?”

Frågeställningen och kommentarer är ungefär desamma som i punkten ovan. Eftersom flera olika typer av aktörer kan vara berörda så är det extra viktigt att i tydliga avtal klargöra vem som äger data, hur data ska användas, sekretess, eventuella andra restriktioner m.m. I många fall är dock frivillighet inte tillräckligt för att få tillgång till data. Huruvida en lagreglering av dataåtkomst är en möjlig väg är dock inget som går att ställning till inom ramen för det här arbetet. Se även kommentar om regeringsuppdraget ”Vattenanknuten recipientkontroll” som berörts tidigare i denna rapport. Om SGU ska vara datavärd för exempelvis tillståndspliktig verksamhet så behövs väl genomarbetade avtal. I sådana avtal ska tydligt anges hur leverans ska gå till, vilken som äger data, eventuella restriktioner för tillgängliggörande samt sekretess.

Referensövervakning

”Går det att använda SGU:s långtidsmätningar som referens eller finns det andra referensstationer? Om referensmaterial finns, hur ska det användas?”

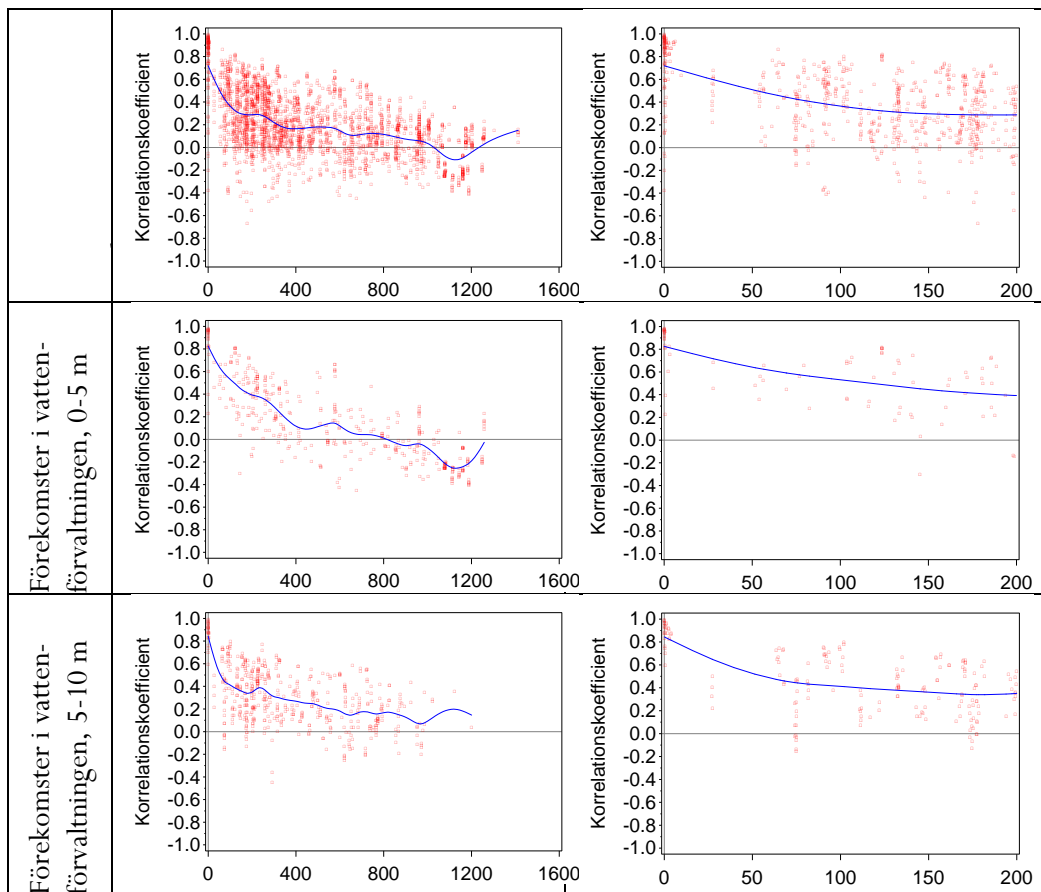
Övervakning av grundvattennivåer i grundvattenförekomster berörs i SGU:s föreskrifter om övervakning (SGU-FS 2014:1). Särskilt intressant är möjligheten att använda SGU:s övervakning som referensmaterial i opåverkade områden enligt 19 §, ”De grundvattenförekomster som inte har bedömts vara utsatta för risk att inte nå eller bibehålla god kvantitativ status får övervakas gruppvis. Övervakningen ska ske vid minst en övervakningsstation som bedöms vara representativ för gruppen i fråga, minst en gång per år.”

En fråga är vilken ”räckvidd” en observationsplats har, dvs. på hur långt bort kan en mätplats vara belägen för att vara representativa och kunna användas som referens. Detta undersöktes genom att beräkna en korrelationsmatris för samtliga stationers nivådata i SGU:s grundvattennät. Alla parvisa kombinationer av stationer tilldelades därigenom korrelationskoefficienter. Avståndsberoendet hos korrelationskoefficienten redovisades därefter genom att grafiskt avsätta korrelationskoefficienterna i förhållande till avståndet mellan stationerna, se figur 5 där data för stationer i vattenförvaltningen redovisas.

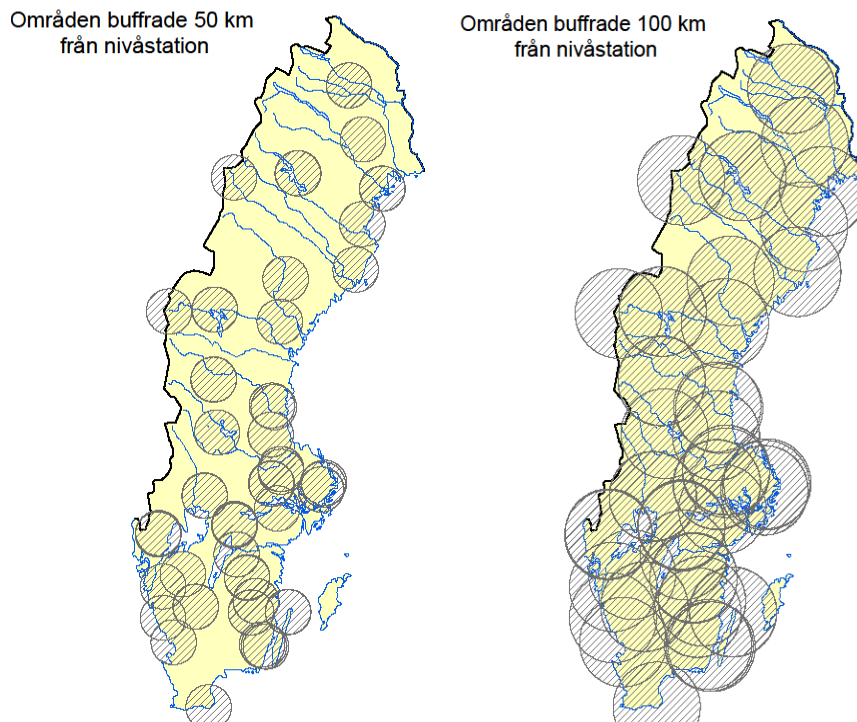
En positiv korrelation kan noteras upp till 1000 km avstånd. Vilket avstånd som är godtagbart för att en station ska vara representativ går dock inte att ge något exakt svar på. Förutsatt att en korrelationskoefficient ska vara minst 0,5 så innebär det att 50 – 100 km avstånd är godtagbart (höger i figur 5). Om grundvattenmagasinen hydrogeologiskt sett liknar varandra så ökar räckvidden för representativiteten. Detta framgår av figur 5 där en uppdelning har gjorts i mäktigheten på den omättade zonen. Korrelationen blir bättre om grundvattenmagasinen delas upp i olika mäktigheter hos den omättade zonen, dvs. efter olika djup till grundvattnet. Korrelationen vid korta avstånd överstiger då 0,8 om man jämför grundvatten med liknande djup.

I figur 6 redovisas områden med 50 och 100 km radie från nivåstationer i SGU:s grundvattennät i långsamreagerande grundvattenmagasin. En betydande del av landets grundvattenförekomster kan representeras av stationerna i SGU:s grundvattennät. I stort sett så bedöms SGU:s grundvattennät kunna användas för referensövervakning enligt 16 § SGU-FS 2014:1, för en stor del av förekomsterna enligt vattenförvaltningen. I varje enskilt fall så bör en hydrogeologisk jämförelse göras mellan den aktuella förekomsten och förekomsten som SGU:s mätstation är belägen i. Om jordart och djup till grundvattnet är likartade så kan SGU:s station användas som referens upp till ungefär 100 km avstånd. Om flera rör finns inom tänkbart avstånd så bör det rör användas som har bäst korrelation.

SGU:s grundvattennät har endast några få stationer som är etablerade i berggrunden, både vad gäller sedimentära bergarter och den kristallina berggrunden. Ett uppenbart behov finns för att utveckla nivåövervakningen i berg. I enstaka fall kan variationsmönstret hos grundvattennivåerna i jordlagren likna variationerna i berggrunden.



Figur 5. Korrelationskoefficienter för grundvattennivåer mellan stationer i SGU:s Grundvattennät i förhållande till avstånd mellan stationer, upp till 1600 km avstånd till vänster, 200 km avstånd till höger. Figuren till höger redovisar ett utsnitt av figuren till vänster.



Figur 6. Områden med 50 km och 100 km radie från nivåstationer i SGU:s Grundvattennät i långsamreagerande grundvattenmagasin. Långsamreagerande grundvattenmagasin i sand- och grusavlagringar är typiska för större grundvattenförekomster i vattenförvaltningen.

Referenser

Avenius, J. 2014. Förstudie till en initial övervakning av grundvattenberoende ekosystem. Geovetenskaplig studiepraktik på Sveriges geologiska undersökning, SGU. Umeå Universitet.

Blad, L., Maxe, L. och Källgården, J. 2009. Vattenförsörjningsplan – Identifiering av vattenresurser viktiga för dricksvattenförsörjning. SGU-rapport 2009:24.

Lagergren, H. 2014. Kan den hydrologiska modellen S-HYPE användas för att beräkna grundvattennivåer med tillräcklig noggrannhet? Examensarbete vid Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet.

Länsstyrelsen Kalmar län. 2013. Regional vattenförsörjningsplan för Kalmar län 2013.

Länsstyrelserna och Vattenmyndigheterna. 2011. Miljöövervakning grundvattennivåer.Handledning framtagen inom det gemensamma delprogrammet Regional miljöövervakning av grundvattennivåer – programområde sötvatten.

Nordberg, L. och Persson, G. 1974. The National Groundwater Network of Sweden. SGU ser. Ca 48.

Rodhe, A., Lindström, G. och Dahné, J. 2009. Grundvattennivåer i ett förändrat klimat. Slutrapport från SGU-projektet ”Grundvatten i ett förändrat klimat”, SGU projekt nr 60-1642/2007.

Sundén, G., Maxe, L. och Dahné, J. 2010. Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett förändrat klimat. SGU-rapport 2010:12.

Sveriges geologiska undersökning, 2013. Bedömningsgrunder för grundvatten. SGU-rapport 2013:01.

Sveriges geologiska undersökning, 2014a. Vägledning vattenförvaltning av grundvatten. SGU-rapport 2014:31.

Sveriges geologiska undersökning, 2014b. Målmanual för uppföljning och bedömning av miljökvalitetsmålet Grundvatten av god kvalitet. 2014-05-26. SGU Dnr:39-54/2014.

