Havs och Vatten myndigheten

Programområde: Sötvatten

Undersökningstyp: Övervakning av grundvattenkvalitet

Bakgrund och syfte med undersökningstypen 2
Samordning 3
Strategi 4
Statistiska aspekter 5
Intensiv övervakning 6
Extensiv övervakning 6
Screeningövervakning 6
Plats/stationsval. 7
Mätprogram 8
Variabler 8
Val av provtagningstillfälle 11
Observations/provtagningsmetodik. 11
Bakgrundsinformation 12
Kvalitetssteg att tänka på: 14
Databehandling, datavärd 14
Rapportering, utvärdering och tolkning 15
Kostnadsuppskattning 16
Övrigt 18
Författare och övriga kontaktpersoner 19
Referenser 19
Uppdateringar, versionshantering 19

BILAGA 1 – Intensiv och extensiv övervakning och screening 20
Intensiv övervakning 21
Extensiv övervakning och screening 22
BILAGA 2 – Provtagningsprogram vid SGUs grundvattenövervakning 24
BILAGA 3 - Provtagning och analys 25
Inledning 25
Syfte med provtagningen 25
Provtagning för dricksvattenkvalitet 25
Provtagning för undersökning av grundvattnets kvalitet 26
Provtagningsutrustning 26
Provtagningsförberedelser 28
Provtagningsförfarande 29
Provtagning i grundvattenrör 29
Provtagning av enskilda brunnar 32
Provtagning i källor 32
Provtagning vid större (allmänna) vattentäkter 33
Provtagning för olika analyser 33
Fältbestämningar 35
Grundvattenkemiska variationer 36
Generella råd – planering av provtagning 37
Att använda arkiverade analyser 37
BILAGA 4 - Kvalitetssäkring 38
BILAGA 5 – Exempel provtagningsfrekvens 41
BILAGA 6 - SGU FS 2014:1, Bilaga 2 43
A. Attribut för varje övervakningsprogram 43
B. Attribut för varje provtagningsplats 43
C. Sammanfattande text för respektive övervakningsprogram 44
BILAGA 7 - fältprotokoll från SGU rapport 2016:03 45

Bakgrund och syfte med undersökningstypen

Undersökningstypen är en handledning som beskriver hur grundvattenkvalitativ övervakning med provtagning och analys bör utföras för att utformning, genomförande och utvärdering ska ske på ett enhetligt sätt.

Den är avsedd att användas vid såväl nationell som regional grundvattenövervakning och innefattar även de krav som ställs för den övervakning som ska upprättas enligt

vattenförvaltningsförordningen. I länsstyrelsens arbete med regionala miljöövervakningsprogram ska dokumentet vara ett stöd vid inrättande av gemensamma delprogram. De gemensamma delprogrammen bygger på att övervakningsmetoderna ska stämma överens inbördes och att även planering, datalagring och utvärderingar ska samordnas mellan berörda länsstyrelser och centrala myndigheter. Huvudsyftet är att de gemensamma utvärderingarna ska möjliggöra mer tillförlitliga bedömningar av miljötillståndet och att man därigenom ska få ut mer av insatta resurser.

Information om grundvattnets kvalitet och förändringar i vattenkvaliteten behövs för flera olika syften bl.a. för att följa upp miljökvalitetsmålet *Grundvatten av god kvalitet* och för att uppfylla krav i *Vattendirektivet* och *Nitratdirektivet*. Beroende på syftet med övervakning kan övervakningen vara utformad på olika sätt vad gäller t.ex. vilka determinander[1] som undersöks, hur ofta prov tas och vilka metoder som används.

Syftet kan vara övervakning av:

- Referensförhållanden i olika regioner och olika grundvattenmiljöer
- Luftburna föroreningars effekter på grundvattnets kemiska sammansättning
- Klimatförändringar och dess effekter på grundvattnets kemiska sammansättning
- Effekter på grundvatten av föroreningar från punktkällor
- Påverkan på grundvatten av föroreningar från diffusa källor
- Effekter av mänsklig verksamhet på grundvattenförekomst som helhet
- Påverkan på grundvattenberoende ekosystem
- Påverkan på grundvatten som används för dricksvattenändamål
- Uppföljning av insatta åtgärder för att bevara eller förbättra grundvattenkvaliteten

Mer information finns i bilagor 1-7.

Samordning

Undersökningstypen är utformad för att kunna användas vid olika typer av grundvattenövervakning. Ambitionen är att data som produceras ska kunna användas i flera olika sammanhang. Samordningsvinster erhålls om undersökning av grundvatten för ett syfte även kan användas för andra syften.

I områden med intensiv övervakning, främst den övervakning av skogsmark som bedrivs i IM-områden[2] eller av jordbruksmark i typområden eller observationsfält, finns samordningsvinster vad avser utvärdering resultat av provtagning av t ex markvatten, dräneringsvatten och bäckvatten. Det finns även samordningsvinster med undersökningstyperna för *Vattenkemi i sjöar* respektive *Vattenkemi i vattendrag*.

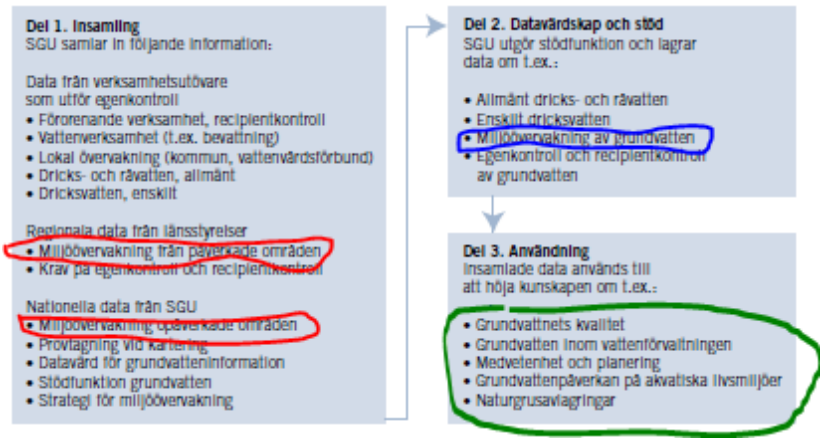
---

[1] Begreppet determinand följer Naturvårdsverkets Referensmodell (Naturvårdsverket Rapport 4618 & 4635, 1996). "Determinand" svarar på frågan *Vad som mäts* och är i de flesta fall liktydigt med ***Mätvariabel***. Någon gång kan dock en "determinand" utgöras av en beräknad variabel. Determinand motsvarar även begreppet ”parameter” som används i SGUs föreskrifter och Vägledning (SGU 2014:31) rörande vattenförvaltning samt i Bedömningsgrunder för grundvatten (SGU 2013:01) I detta dokument i huvudsak begreppet variabel.

[2] Integrerad monitoring i naturekosystem (IM) är inriktat på att skapa tidsserier som detaljerat visar processer i ett begränsat antal områden som täcker olika geografiska-, depositions- och klimatgradienter över landet.
IM-programmet finansieras av Naturvårdsverket. I undersökningarna deltar även Sveriges geologiska undersökning (SGU) och IVL Svenska miljöinstitutet AB.

Strategi

Information om grundvattnets kvalitet kan inte enbart inhämtas genom miljöövervakning. SGU har därför utarbetat en strategi för kunskapsinhämtning, se figur 1. Strategin bygger på att information från olika typer av uppföljning av grundvattnets kvalitet samlas in (Sundén m.fl. 2014). Denna undersökningstyp bör användas vid den nationella och regionala miljöövervakningen som bedrivs med medel från Havs- och Vattenmyndigheten. Undersökningstypen kan med fördel användas även vid annan uppföljning av grundvattnets kvalitet för att öka möjligheterna till ett effektivt utnyttjande av data.



Figur 1. Information om grundvattnets kvalitet kan inte bara inhämtas genom miljöövervakning. I figuren visas andra källor till information. De delar som ingår i undersökningstypen har markerats.

Tre typer av övervakning kan urskiljas: Intensiv, extensiv och screeningövervakning (se även **bilaga 1**)

1. Intensiv övervakning avser ofta ett mindre antal provpunkter med hög mät-/provtagningsfrekvens. Intensiv övervakning används för att kvantifiera tillstånd och processer som förändras snabbt över tiden.
2. Extensiv övervakning innebär i stället att ett relativt stort antal punkter med låg provtagningsfrekvens studeras. Extensiv övervakning ger möjligheter att kartlägga halter i grundvattnet i ett större område och att statistiskt studera förändringarna i t.ex. län, kommuner eller avrinningsområden. Provpunkterna bör delas upp med avseende på typ av provtagningsplats enligt *Bedömningsgrunder för grundvatten* (Sveriges geologiska undersökning 2013) alternativt och om så är möjligt även enligt hydrogeologiska typmiljöer enligt de tidigare *Bedömningsgrunder för grundvatten* (Naturvårdsverket, 1999).
3. Screeningövervakning kan användas för att undersöka förekomsten av ett visst ämne i ett stort antal provpunkter. Denna typ av övervakning är ofta av engångskaraktär men kan användas för att välja ut ämnen som fortsättningsvis bör undersökas vid en återkommande intensiv eller extensiv övervakning.

Vattenförvaltningens övervakning av kemisk grundvattenstatus är uppdelad i kontrollerande och operativ övervakning. Den kontrollerande övervakningen inleder övervakningscykeln och borde egentligen genomföras under år ett. Av praktiska skäl, men även för att minska risken

att enstaka särskilt torra, eller blöta, år slår igenom, är det bättre att sprida ut provtagningen under flera år. Den kontrollerande övervakningen omfattar alla grundvattenförekomster och genomförs vart sjätte år. Den operativa övervakningen bedrivs bara för de förekomster som bedöms vara utsatta för risk eller där status på vattenkvaliteten konstaterats vara sämre än god. Den genomförs under den period då kontrollerande övervakning inte bedrivs.

Alla grundvattenförekomster ska omfattas av den kontrollerande övervakningen. Det betyder dock inte att provtagningsplatser behöver etableras i var och en av förekomsterna, de kan ingå i en grupp av grundvattenförekomster med likartade förutsättningar.

För analyser som ska användas för statusklassificering inom vattenförvaltningen ställs krav på analysmetoder. Dessa krav finns för att säkerställa kvaliteten och jämförbarheten för analysresultat från de laboratorier som utför de kemiska analyserna från övervakningen, såväl nationellt som inom EU. Kraven som ställs på analyser och laboratorier framgår av 6 och 7 §§ i SGUs föreskrifter om övervakning (Sveriges geologiska undersökning 2014a).

Läs mer om vattenförvaltningens övervakning i SGUs vägledningsdokument *Vattenförvaltning av grundvatten* (Sveriges geologiska undersökning 2014b). Havs- och vattenmyndigheten, länsstyrelserna, Naturvårdsverket, Sveriges geologiska undersökning och vattenmyndigheterna har tagit fram en handlingsplan – Full koll på våra vatten! – för hur övervakning av vattnets tillstånd i vattendistrikten ska kunna genomföras (Havs- och vattenmyndigheten, 2016).

Olika grundvattentermer - FAKTARUTA

Grundvatten är allt vatten som finns under markytan i den mättade zonen (dvs under grundvattenytan där porerna är vattenfyllda) och som står i direkt kontakt med marken eller underliggande jordlager. Detta innebär att grundvatten ”finns överallt” men om man vill uppmärksamma olika delar av grundvattnet så används ofta begreppen akvifer, grundvattenmagasin eller grundvattenförekomst:

Akvifer - Geologisk formation med tillräcklig genomsläpplighet för att medge ett betydande flöde eller uttag av betydande mängder grundvatten.

Grundvattenmagasin - En avgränsad del av en eller flera akviferer med en sammanhängande mättad zon.

Grundvattenförekomst - En avgränsad volym grundvatten som omfattas av Vattenförvaltningsarbetet. Grundvattenförekomsterna är viktiga för vattenförsörjningen nu eller i framtiden eller för att upprätthålla grundvattenberoende ekosystem.

Även mindre förekomster av grundvatten än de som uppfyller definitionerna ovan kan behöva övervakas. I denna rapport används begreppen grundvattenmagasin och akvifer även för mindre grundvattensystem.

Statistiska aspekter

Vid upprepade observationer av grundvattnets kvalitet uppvisar resultaten alltid en viss variation. Denna variation kan bestå av många olika komponenter som säsongsvariation, cykliska förlopp, trender, stegvisa förändringar och oregelbunden (slumpmässig) variation. Provtagningsfrekvensen av grundvatten i en provtagningspunkt är beroende av den tidsmässiga variationen i den kemiska

sammansättningen i den del av grundvattnet som representeras av provtagningspunkten. Det ytliga grundvattnets kemiska sammansättning varierar i allmänhet mer än det djupare.

Intensiv övervakning

Ett viktigt syfte med intensiva övervakningsprogram är att särskilja trender och stegvisa förändringar från annan variation. En grundläggande förutsättning för att uppfylla detta syfte är att mätningarna bedrivs långsiktigt, eftersom mellanårsvariationerna kan vara naturligt stora. Vidare krävs upprepade provtagningar under året för att få ett mått på säsongsvariationen. Av statistiska skäl är det lämpligt att proverna insamlas med jämna tidsintervall. Om syftet med undersökningen är att upptäcka trender kan den rekommenderade provtagningsfrekvensen behöva justeras för att man ska uppnå önskad statistisk styrka (se exempelvis Grandin 2012, , Sveriges geologiska undersökning 2014a,b).

Provtagningsfrekvens

För att kunna beräkna provtagningsfrekvensen måste man definiera hur stora fel som kan tolereras i den information som övervakningsprogrammet skall generera. Man måste också ha en tillräckligt lång och frekvent grundvattenkemisk tidsserie från provtagningspunkten med jämna tidsintervall mellan provtagningstillfällena för att kunna göra de statistiska beräkningarna. Den nödvändiga provtagningsfrekvensen för att uppfylla det givna kravet på tillförlitlighet i informationen kan således inte bestämmas i förväg. I ett inledande skede rekommenderas en provtagningsfrekvens på 6 gånger per år, dvs. varannan månad för att det ska vara möjligt att utvärdera och bestämma lämplig frekvens framöver.

Inom andra övervakningsprogram t ex den nationella *integrerade övervakningen av skogliga referensområden* accepteras enligt överenskommelse att beräknade årsmedelvärden ska som mest avvika med 10% från det sanna medelvärdet med 95% konfidensnivå. Detta leder till att ett mycket stort antal prov egentligen skulle behövas för att uppnå nödvändig säkerhet inom grundvattenövervakningen, för närmare detaljer se **Bilaga 5**.

Extensiv övervakning

Av resursskäl är det inte alltid möjligt att upprätta intensiv övervakning. Eftersom såväl den naturliga grundvattenkvaliteten som grad av förorening av grundvatten kan variera från plats till plats även inom små områden och det dessutom finns en betydande variation med djupet så är det ofta nödvändigt att välja en mer extensiv övervakningsmodell med fler provtagningspunkter som inte undersöks så ofta för att få en rumslig representativitet.

Inom vattenförvaltningen ska varje grundvattenförekomst eller grupp av grundvattenförekomster övervakas vid ett tillräckligt antal övervakningsstationer. Vad som kan anses vara ett tillräckligt antal stationer måste avgöras för varje enskild grundvattenförekomst. Minimikravet bör vara att fördela minst tre provtagningsplatser över förekomsten, på ett sätt som ger en representativ bild av halterna i grundvattenförekomsten som helhet. Provtagningsplatserna ska väljas utifrån kunskap om var det finns föroreningskällor, föroreningarnas egenskaper och grundvattnets strömningsriktningar, dvs. på ställen där man bedömer att föroreningarna kan detekteras. Om kunskapsunderlaget om föroreningskällor, föroreningarnas egenskaper och grundvattenförekomsten är bristfälligt, ska provtagningsplatserna fördelas så jämnt som möjligt över förekomsten eller gruppen. Se även SGUs vägledningsdokument *Vattenförvaltning av grundvatten* (SGU 2014:31).

Screeningövervakning

Screening genomförs oftast för att identifiera och öka kunskapen om naturligt förekommande ämnen och föroreningar i grundvattnet när man har dålig kunskap om hur och var de förekommer. Ämnen som förekommer i låga frekvenser kräver att ett mycket stort antal

provpunkter undersöks. Eftersom syftet inte är att upprätta en långsiktig övervakning kan lägre krav ställas på provpunkterna. Det är t.ex. inte nödvändigt att provtagningspunkten kommer vara tillgänglig i ett längre tidsperspektiv.

Plats/stationsval.

Val av plats beror på om man vill att provet ska representera bakgrundsförhållanden, diffus föroreningspåverkan eller påverkan från en viss punktförorening. Eftersom grundvatten inte är tillgängligt för provtagning var som helst styrs möjligheterna att genomföra en god grundvattenövervakning av tillgången av bra provtagningspunkter. Det kan vara svårt att hitta bra provtagningspunkter för grundvattenövervakning. Prov kan tas i källor, befintliga vattentäkter eller grundvattenrör som installerats för att möjliggöra provtagning. Vilken typ av provtagningsplats som väljs kommer att påverka resultatet. Olika typer av provtagningsplatser representerar olika djup och integrerar vatten från olika stora områden. Grundvattnets naturliga kemiska sammansättning varierar med djupet och uppvisar även i övrigt en stor rumslig variation. Eftersom grundvatten rör sig i flödesbanor i marken och endast i mindre utsträckning omblandas kan grundvattnet komma från ett område beläget på ett större avstånd uppströms uttagspunkten. Föroreningar kan röra sig långt i en relativt väl avgränsad plym som ibland kan vara svår att lokalisera. Man bör försöka förstå vilket område vattnet i en provpunkt kommer ifrån. Förutom fältbesök kan man utnyttja befintligt (hydro)geologiskt kartmaterial, utredningsmaterial, vattenanalyser etc. som stöd. Om osäkerhet råder om grundvattenströmningarna i ett område där man planerar att etablera en mätstation som kommer användas för intensiv övervakning eller där det är särskilt viktigt att veta vad vattnet representerar kan en hydrogeologisk undersökning utföras för att identifiera lämpliga provpunkter. **Se även bilagor 1 och 3.**

Rekommendationer för regional övervakning - FAKTARUTA

För att effektiva åtgärder ska kunna styras till de geografiska områden där problemen är som störst, är det mycket viktigt att förstärka och förbättra arbetet med påverkans- och riskbedömningar för grundvattnet. Detta gäller inte minst för de grundvattenförekomster inom vattenförvaltningen som används, eller kan komma att användas, för dricksvattenförsörjning, och där påverkanstrycket är stort.

SGU anser att de regionala programmens viktigaste syften är att undersöka eller verifiera grundvattenförekomster som bedömts riskera att inte uppnå god grundvattenstatus och att skapa en bild av grundvattenstatusen i det egna länet. Därför bör övervakning med flera punkter och med lägre provtagningsfrekvens prioriteras. Vid förhöjda halter av någon parameter som visar på sämre än god kemisk status bör man göra en uppföljande provtagning för att verifiera detta enligt rutinerna för operativ övervakning.

Provtagningsfrekvensen inom grundvattenförekomsterna bör vara anpassade till kraven på den kontrollerande övervakningen inom vattenförvaltningen (för detaljer se SGU- rapport 2014:31). Programmet för den kontrollerande övervakningen ska utföras minst en gång vart sjätte år. Den operativa övervakningen ska bedrivas mellan de perioder man utför kontrollerande övervakning.

Rekommenderad provtagningsfrekvens för basprogrammet:

A) Provtagningsfrekvensen inom grundvattenförekomsterna bör vara minst en gång vart sjätte år för den kontrollerande övervakningen. Inom den nationella övervakningen provtas de så kallade omdrevsstationerna en gång vart sjätte år i ett rullande schema, så att 1/6 av omdrevsstationerna provtas år ett, 1/6 år 2, osv.

B) Vid övriga provtagningspunkter bör prover tas 2-4 gånger per år för att det ska gå att säga något om inomårsvariationen. Vilken frekvens som är lämplig beror på vilken typ av magasin som övervakas. Finns det sedan tidigare en tidserie, så kan det vara bra att utvärdera den för att utifrån det bestämma lämplig provtagningsfrekvens. Inom den nationella övervakningen provtas de s.k. trendstationerna 2–4 gånger per år. Bra med tätare frekvens i början av mätperioden för att kunna bedöma lämplig frekvens framöver.

Mätprogram

Variabler

En rad basvariabler är nödvändiga för att karakterisera grundvattnet och bör alltid ingå i undersökningsprogrammet. De behövs för att få en bild av i vilken miljö övriga ämnen interagerar och för att kunna kvalitetskontrollera analysresultaten (se tabell 1 samt **Bilaga 3**). De är även av värde för att förklara variationer i de variabler som är av primärt intresse för övervakningen (främst miljöföroreningar). Vilka variabler utöver basvariablerna som ingår i mätprogrammet beror på syftet med övervakningen. Även om det är önskvärt att analys av basvariabler utförs vid varje provtagningstillfälle så kan det av resursskäl ibland vara nödvändigt att begränsa antalet variabler. Ett exempel kan vara att vid uppföljning av trendutvecklingen avseende identifierade miljögifter med tät provtagningsfrekvens behöver inte nödvändigtvis fullständiga analyser utföras vid varje provtagningstillfälle. Ett annat exempel kan vara att vid övervakning av många provtagningspunkter för att följa upp t.ex. utbredning av nitratpåverkan eller saltvatteninträngning kan det stora antalet provtagningspunkter medge att en bild av grundvattenkvaliteten ändå kan erhållas. Om inte alla basvariabler analyseras bör orsaken till detta redovisas. Det bör observeras att tolkningsmöjligheterna och möjligheten att använda insamlade data för andra och framtida behov minskas om basvariablerna inte analyseras.

I vattenförvaltningens kontrollerande övervakning ska alltid de fem obligatoriska variablerna (parametrarna) syre, pH, konduktivitet, nitrat och ammonium ingå. Utöver dessa är de ämnen som i riskbedömningen har identifierats kunna medföra att målen om god kemisk grundvattenstatus inte nås obligatoriska. Inom vattenförvaltningens kontrollerande övervakning anges även rekommenderade och frivilliga parametrar (Sveriges geologiska undersökning 2014a (bilaga 1))

Vattenförvaltningens operativa övervakningsprogram ska alltid omfatta de parametrar (förorenande ämnen) som bidragit till att grundvattenförekomsten bedömts vara utsatt för betydande påverkan. Det är därför viktigt att veta vilka föroreningar som har identifierats för respektive grundvattenförekomst (Sveriges geologiska undersökning 2014a).

Läs mer om vattenförvaltningens övervakning i SGUs vägledningsdokument Vattenförvaltning av grundvatten (Sveriges geologiska underökning 2014b).

Tillämpningen av den här undersökningstypen är bredare än övervakningen enligt vattenförvaltningsförordningen och beroende på övervakningens syfte och vilka resurser som finns tillgängliga kan övervakningsprogrammet utformas på olika sätt.

I tabell 1 ges en sammanställning över de mätvariabler som används för att bedöma tillstånd och påverkan för grundvatten enligt *Bedömningsgrunder för grundvatten* (Sveriges geologiska undersökning 2013). Listan i bedömningsgrunderna ger en allsidig grund för att

utvärdera grundvattnets kvalitet, framförallt ur ett dricksvattenperspektiv, men är inte fullständig. Modern analysteknik ger möjlighet till att analysera ett betydligt större antal ämnen vilket kan användas både för att karakterisera grundvattnets naturliga sammansättning och för att identifiera föroreningar vilket tillsammans med bättre kunskap om påverkan från föroreningskällor kan innebära att det kan finnas anledning att uppdatera listan efterhand. Sedan listan upprättades har t.ex. framkommit att förorening av högfluorerade ämnen förekommer på många platser. Ett annat exempel är att fler radioaktiva ämnen förs in i Livsmedelsverkets dricksvattenföreskrifter. Listan har därför kompletterats med dessa ämnesgrupper.

Med tabell 1 som grund kan olika mätprogram utformas. I **Bilaga 2** redovisas det mätprogram som SGU för närvarande använder vid grundvattenövervakning.

Samtliga mätvariabler i tabell 1 syftar på mätningar i företeelsen vatten; dvs i grundvattnet. För flera av determinanderna[3] är det bäst att mäta direkt i fält, andra bör filtreras direkt vid provtagningstillfället **(se även bilagor 2 och 3).**

[3] Se fotnot 1

Tabell 1. Sammanställning av önskvärda kvantifieringsgränser och förslag på variabler för olika behov. Som bakgrund redovisas vilka variabler som är obligatoriska eller rekommenderas i vattenförvaltningens övervakningsprogram.

Kategori	Determinand	Enhet	Kvantifieringsgräns	BDG*	Direktiv**	Program***	Kommentar
Försurning	Alkalinitet,	mg/l	2	t	R	B– F, M	
	pH		-	t	O	B – F, E, M; O	
Redox	Redox	klass	-	t		B – E, M, V, O	Redox beräknas från Fe, Mn, SO_4 och kan delvis ersätta syremätning
	Syre	mg/l	1	t	O		
Organiska ämnen och partiklar	COD_{Mn}	mg O_2/l	0,5	t			I viss mån utbytbara, välj TOC I första hand, COD_{Mn} i andra hand, Färg i tredje hand
	TOC	mg C/l				B – E, M, V, O	
	Färg	mg Pt/l	2	t			
	Turbiditet	FNU	0,5	t			
Salt	Klorid	mg/l	2	p t	R–m	B – F, E, S	
	Konduktivitet	mS/m	2	p t	O–m	B – S, E, M, O	
	Sulfat	mg/l	2	p t	R–m	B –F, E, S, V	
Kväve	Ammonium	mg/l	0,01	p t	O–m	E	Anges alternativt som NH4-N
	Nitrat	mg/l	1	p t	O–g	B – F, E, S	Nitrit – och nitrat kan analyseras som summaparameter. Anges alternativt som NO3-N
	Nitrit	mg/l	0,005	t	m		
Metaller	Aluminium	mg/l	0,005	t	R	F, M	
	Järn	mg/l	0,01	t	R	B - E, M, V	
	Mangan	mg/l	0,005	t	R	B - E, M, V	
Metaller	Arsenik	µg/l	0,1	p t	F–m	M	
	Uran	µg/l	0,1			M	
Metaller	Bly	µg/l	0,002	p t	F–m	M	
	Kadmium	µg/l	0,01	p t	F–m	M	
	Kvicksilver	µg/l	0,005	p t	F–m	M	
Metaller	Koppar	mg/l	0,005	t		M	
	Krom	µg/l	0,1	t		M	
	Nickel	µg/l	0,1	t		M	
	Zink	mg/l	0,005	t		M	
Baskatjoner	Kalcium	mg/l	2	t	R	B - S	
	Kalium	mg/l	0,5	t	R	B - K	
	Magnesium	mg/l	1	t	R	B - S	
	Natrium	mg/l	2	t	R	B - S	
Oorganiska ämnen	Bor	mg/l	0,01	t			
	Fluorid	mg/l	0,1	t			
	Fosfat	mg/l	0,01	t	m	B – E, V	Anges alternativt som PO_4-P
Radioaktiva ämnen	Radon	Bq/l	10	t			
	Tritium	Bq/l	10 ev lägre verkar inte				100 Bq/l -
	Total alfaaktivitet		0,04				0,1 Bq/l
	Total betaaktivitet		0,4				1,0 Bq/l
Bekämpningsmedel	Växtskyddsmedel	µg/l	0,01	p t	g	V	
Organiska ämnen	1,2-dikloretan	µg/l	0,02	p t		O	
	Bensen	µg/l	0,02	p t		O	
	Benso(a)pyren	µg/l	0,0005	p t		O	
	Kloroform	µg/l	1	p t			
	Sum PAH4****	µg/l	0,001	p t		O	
	Trikloreten + tetrakloreten	µg/l	0,1	p t	F–m	O	Kan anges som summaparameter
	PFAS11*****	ng/l	2			O	
Mikrobiol.	bedömning		-	t		E	
Temperatur			-	p	R		

* Bedömningsgrunder för grundvatten: p = påverkansbedömning, t=tillståndsklassning

** Övervakning enligt grundvattendirektivet (SGU FS 2014:1; 2016:1). O= Obligatorisk, R= Rekommenderad, F=Frivillig. I övrigt är parametrar som är indikativa för påverkan som identifierats i påverkansanalysen eller som föranlett operativ övervakning, obligatoriska. m = ingår i minimiförteckningen över förorenande ämnen och indikatorer för vilka medlemsstaterna enligt grundvattendirektivet ska överväga att fastställa tröskelvärden (riktvärden för grundvatten), g = riktvärdet för grundvatten är i överensstämmelse med EU-gemensam miljökvalitetsnorm angiven i grundvattendirektivet,

*** B=Basprogram, F=försurning, E=Eutrofiering (påverkan av jordbruk eller avlopp), S=saltpåverkan, M=metallpåverkan, V=bekämpningsmedelspåverkan, O=organiska miljögifter

**** Sum PAH4 avser summan av benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(ghi)perylen och inden(1,2,3-cd)pyren

*****Sum PFAS11 avser summan av de elva vanligast funna toxiska perfluorerade ämnena.

Val av provtagningstillfälle

Prov för de variabler som ingår i övervakningsprogrammet bör tas vid samma tillfälle.

Grundvattnets kemiska innehåll i en punkt kan förutsättas variera över tiden – långsiktiga trender, säsongsvisa variationer och mer slumpvisa variationer kan förskjuta grundvattenkemin åt olika håll. Variationen kan representera förändringar som beror på faktiska förändringar i det infiltrerande vattnets kvalitet och därefter följande förändringar till den punkt där vattenkvaliteten observeras. Oftare så beror nog variationer i det observerade grundvattnets kvalitet på att grundvatten med olika ursprung, flödesbanor och uppehållstid provtas. Under perioder med höga grundvattennivåer innehåller grundvattnet en större andel vatten med kortare uppehållstid. Olika typer av provtagningsplatser kan ge olika resultat beroende på grundvattennivåer och vattenuttag vilket påverkar provtagningsfrekvensen. Lämplig provtagningsfrekvens varierar även med övervakningsprogrammets syfte enligt vad som beskrivits under ”Strategi”. Se även **bilagor 1, 3 och 5.**

Observations/provtagningsmetodik.

Utrustningslista och förberedelser inför provtagning

Se **Bilaga 3** samt www.sgu.se (Tunemar 2016)**.**

Provtagningsmetodik

Provtagningsmetodiken bör anpassas så att de resultat som analysen ger i så stor utsträckning som möjligt återspeglar grundvattnets kemi i nere i grundvattenzonen. Där är oftast syrehalten lägre och innehållet av koldioxid högre än i ett vatten i jämvikt med atmosfären. När provet kommer i kontakt med luften ökar syrehalten snabbt medan koldioxidhalten sjunker. Detta innebär att pH förändras och lösligheten för flera mineral minskar, bl.a. kan kalcit och järn- och manganoxider/hydroxider falla ut. pH och syre hör till de determinander som bör mätas direkt i fält.

Särskilt vid provtagning i grundvattenrör är det vanligt att små partiklar följer med det uppumpade vattnet. Eftersom man ofta sätter till stark syra för att konservera provet är det angeläget att dessa partiklar avlägsnas så att de inte går i lösning. Vattnet för analys av en rad determinander bör således filtreras vid provtagningen. Man bör inte vänta med att filtrera vattnet eftersom som nämnts utfällning av t ex metalloxider eller hydroxider kan minska halten av berörda metaller i vattnet. Andra metaller kan också avlägsnas från vattenfasen genom medfällningsprocesser.

I **Bilaga 3** beskrivs den provtagningsmetodik som tillämpas inom SGUs grundvattenövervakning i grundvattenrör, källor och brunnar.

Tillvaratagande av prov, analysmetodik

Proverna transporteras så fort som möjligt till laboratoriet i kylboxar. Provflaskorna skall förvaras i mörkt kylrum (+4°C) tills analyserna påbörjas. Tiden mellan provtagning och analys skall vara så kort som möjligt, speciellt för de mest känsliga konstituenterna som t ex ammonium och nitrat + nitrit (max. < 3 dag). **Se även bilaga 3.**

Fältprotokoll

Det fältprotokoll som används vid SGUs inventering och provtagning finns i **Bilaga 7.**

Bakgrundsinformation

För att ge stöd till tolkningen bör provtagningspunkten beskrivas vad gäller geologi, markanvändning och potentiella föroreningskällor. Provtagningstillfället bör beskrivas vad gäller väderlek och grundvattennivåer/flöden; se även **Bilagor 6** och **7**.

Beskrivning av lokal och provtagning

För att gemensam utvärdering av miljöövervakningsdata ska vara möjligt ställs krav på att information om provtagningslokal och förhållanden vid provtagning finns tydligt dokumenterad. Det är viktigt att dokumentationen följer med analysresultaten till datavärden för att inte materialet ska feltolkas vid utvärdering. Det måste t.ex. vara möjligt att se om ett prov är taget i ett område där man misstänker en viss förorening eller om det är taget i ett förväntat opåverkat naturområde.

Beskrivning av provtagningspunkten omfattar koordinater, provtagningsnivå (under markytan och m.ö.h.) och dess beskrivning av dess tillrinningsområde m a p geologi, markanvändning och eventuella påverkanskällor. Ange vilken geografisk region och typ av provtagningsplats provet representerar (se Bedömningsgrunder för grundvatten, SGU-rapport 2013:01). Exempel på fältprotokoll finns i **Bilaga 7.** Särskilda krav på dokumentation ställs inom vattenförvaltningens övervakningsprogram; se **Bilaga 6.**

Kvalitetssäkring

En kvalitetssäkring av grundvattenprogrammet innebär att hela kedjan av insatser från den hydrogeologiska undersökningen via rörsättning, provtagning och provhantering utförs korrekt och dokumenteras för full spårbarhet i hela kedjan. Speciell hänsyn ska tas till de analyser som bör utföras i fält. Vidare ingår analys på laboratorium provrapportering och inläggning i databas med korrekt information om provtagningspunkt och provtagningsförhållanden.

I möjligaste mån måste provtagaren se till att kvaliteten på kringinformation runt provtagningen är säkrad. Dokumentation om provtagning och metodik ska dokumenteras tydligt och alltid följa med analysresultaten. Varje utförare har ett ansvar att se till att all nödvändig information finns med till datavärden. Analysresultaten bör också granskas av den som känner provtagningspunkten bäst. Analyslaboratorierna har ett ansvar att använda de metoder som beställaren kräver.

Det är viktigt att så mycket data som möjligt som tas fram inom den regionala och den nationella miljöövervakningen uppfyller kraven på miljödatainformation. Data som inte uppfyller alla krav kan ändå vara användbara, så länge det finns tillräckligt med information om kvaliteten. Har man till exempel analyserat en parameter med en osäker metod som ger ”för hög” rapporterings- och kvantifieringsgräns, kan man i vissa fall ändå använda det resultatet, bara man vet om att det finns en osäkerhet. I andra fall kan det vara bättre att ta bort en del av resultaten som inte är tillförlitliga. När analysresultat och medföljande provtagningsinformation har levererats till datavärd (SGU) sker vissa rimlighetskontroller av resultaten innan de läggs in i miljöövervakningsdatabasen.

Val av av provtagningspunkter

Vid undersökning av grundvattenkvalitet är man ofta hänvisad till att utnyttja de brunnar, källor eller befintliga grundvattenrör som medger provtagning. Ibland kan det vara möjligt att etablera nya grundvattenrör för provtagning. I kvalitetssäkringen ingår att redovisa om provtagningspunkten kan anses representera de förhållanden, t ex grundvattenmiljö och föroreningspåverkan som man vill undersöka. Viktiga faktorer att bedöma är tillrinningsområdets

utsträckning och vattnet omsättningstid utifrån djup till grundvattenytan, provtagningsdjup, terrrängläge och eventuellt vattenuttag eller grundvattenflöde.

Val mätutrustning och provtagningsutrustning

Fältutrustningen bör vara i gott skick och den som utför provtagning och fältmätningar bör ha god kunskap om hur utrustningen ska användas, inklusive kalibreringsförfaranden. Det är en fördel om samma mätutrustning kan användas vid alla mättillfällen.

Utarbetning av manualer, fältprotokoll och provtagningsschema samt utbildning av provtagare

Det är viktigt att de som utför provtagning och mätningar gör på samma sätt. Detta kan uppnås genom att utarbeta manualer och fältprotokoll. Utbildning av provtagare kan med fördel anordnas genom träffar i fält där provtagare kan jämföra hur de utför olika moment. Detta kan leda till att bättre manualer kan utarbetas.

Provtagning

Den känsligaste länken i kedjan till analysresultat är provtagningen. Det är väsentligt att metodiken för provtagning och provbehandling följs, så att analysresultat både i tid och rum är jämförbara.

Fältanalys

Vissa mätningar måste utföras direkt i fält. Detta gäller främst vattnets temperatur, pH, syrehalt och redoxpotential. Mätning bör helst ske genom att elektroden (eller motsvarande) sänks ned direkt i grundvattnet. Om detta inte är möjligt bör helst vattnet pumpas upp direkt till ett slutet kärl (flödescell) som tillåter att mätning kan ske utan gasutbyte med atmosfären.

Märkning av prover

Det är viktigt att prov märks på ett adekvat sätt så att ingen ihopblandning av provflaskor sker. Ibland använder laboratorierna streckkodsetiketter vilket minskar risken för felmärkning. Men även i detta fall bör provflaskorna märkas med provtagningsplats och datum. Vanligtvis så tas flera flaskor vid en provtagning. Risken för sammanblandning minskar om flaskorna har olika storlek och utseende. Ett exempel är att flaskan för metallanalys där provet filtreras i fält kan vara fyrkantig medan vattnet som inte filtreras kan tas i en rund flaska.

Analyser

Alla analyser ska utföras av ackrediterat laboratorium. Det primära ansvaret för kvalitetskontrollen med avseende på analyser ligger på utförande laboratorium. Analyser bör med jämna mellanrum bli föremål för interkalibreringar. Om flera laboratorier används för samma analys inom ett nationellt eller regionalt nät måste kontinuerliga interkalibreringar, utöver de som görs inom ackrediteringen, utföras för att säkerställa jämförbarheten mellan laboratorierna. Om syftet med provtagningen är att studera tidsserier bör man i möjligaste mån undvika byte av metoder och laboratorier. Om byte måste ske ska detta ske på ett kontrollerat sätt med parallella analyser för att säkerställa jämförbarheten mellan olika delar av tidsserierna. För att analyser ska få användas vid klassificering av grundvattenstatus inom vattenförvaltningen ställs krav på analysmetoder. De krav som är aktuella framgår av SGU FS 2014:1.

Rapporteringsskede

Kvalitetskontroller ska ingå i datahanteringen. Via uppställda kriterier som kan visa på orimligheter i data kan mätfel eller inmatningsfel upptäckas. Det krävs även en manuell genomgång av mätdata, innebärande jämförelser med andra mätstationer och andra variabler.

Huvudkonstituenternas tillförlitlighet kontrolleras genom jonbalansberäkning och kontroll mot konduktiviteten. (**se även bilaga 4)**. Övriga konstituenter kontrolleras genom rimlighetsbedömning

Om ett mätvärde är uppenbart felaktigt ska det strykas. Mätdata bör läggas in eller föras över i en databas direkt i samband med eller direkt efter analys. Helst ska digitala data förbli digitala hela vägen till databasen/datavärden för att minimera risken för inmatningsfel. Kemiska analysdata bör användas och därmed granskas fortlöpande för att avvikande värden ska kunna upptäckas

Kvalitetssteg att tänka på:

1. Försäkra dig om att analyslaboratoriet förstår vad det handlar om för typ av provtagning. Informationen på provtagningsflaskan ska anges i leveransen av analysresultaten (minst Provplats-ID, provplatsens namn och provtagningsdatum).
2. Kontrollera att analyslaboratoriet har skickat rätt utrustning och att ni vet vilken flaska som ska användas till vad. Gör detta i god tid innan provtagning.
3. Kalibrera de fältinstrument som ska kalibreras och se till att ni vet hur de ska användas.

Under provtagning:

4. Dokumentera noga omständigheterna kring provtagningen och fältmätningar (Se **Bilaga 6 & 7**). Senaste *Inventerings- och provtagningsprotokoll* finns också på www.sgu.se).
5. Var noga med att följa eventuella instruktioner från analyslaboratoriet.
6. Var noga med att följa aktuell provtagningsmetodik.
7. Var noga med att anteckna provplats-ID, namn på provtagningsplats och provtagningsdatum på provtagningsflaskan. Detta är viktigt som kontroll även om streckkod används.
8. Fyll noga i följesedeln (om följesedel används).
9. Försök hålla proverna kalla och skicka dem så snart som möjligt till analyslaboratoriet.
10. Säkerställ att paketen kommit fram till laboratoriet genom att spåra paketets kollinummer.

Efter att proverna har analyserats:

11. Kontrollera analysresultaten. Det är bra att till exempel jämföra med tidigare resultat från samma provtagningsstation, kontrollera att enheten verkar stämma, hämta tips från SGU på vilka ytterligare kontroller som kan göras.
12. Leverera resultaten via valideringstjänsten genom att följa instruktionerna på HaVs webbplats (www.havochvatten.se).
4. SGU gör vissa rimlighets- och kvalitetskontroller innan databasen laddas och informationen publiceras via SGUs karttjänst.
5. Efter en tid, kontrollera via kartjänsten att informationen är uppdaterad och stämmer. Om den inte stämmer, kontakta SGU

Databehandling, datavärd

Analysresultat ska åtföljas av uppgifter om laboratorium, använda analysmetoder samt informationen från provtagningsflaskan. Dessutom ska det tydligt framgå om eventuella mindre-än-värden (<) avser detektionsgräns eller kvantifieringsgräns.

Resultaten från grundvattenprovtagning ska datalagras och lämnas till datavärd. SGU är datavärd för den information som samlas in inom miljöövervakningen av grundvatten. Så snart som möjligt efter att proverna har analyserats ska analysresultaten lämnas in till SGU. Från och med 2015 ska varje länsstyrelse skicka in provtagningsinformation och analysresultat via en dataleveransmall som kontrolleras genom en valideringstjänst. Valideringstjänsten kan via uppställda kriterier visa på orimligheter i data och på så sätt kan mätfel och inmatningsfel upptäckas. Det krävs dock även en manuell genomgång av mätdata för att exempelvis upptäcka stor avvikelse från tidigare värden från samma station.

Den grundvattenkemiska data som SGU samlar in inom den nationella och regionala miljöövervakningen presenteras och är nedladdningsbar via SGUs kartvisare: Miljöövervakning av grundvattenkemi. Uppgifterna finns även tillgängliga som öppna data i formaten JSON eller CSV, www.sgu.se.

Rapportering, utvärdering och tolkning

Resultat från ett övervakningsprogram bör sammanställas och göras digitalt tillgängliga för olika användare varje år. En mer genomgripande utvärdering kan lämpligen göras i samband med en fördjupad uppföljning av miljömålen eller vart 6:e år inom ramen för vattenförvaltningens planeringscykel enligt vattenförvaltningsförordningen.

Exempel på databearbetningar är:

- Tabell och kartredovisning av halter.
- Tidsutveckling och trender.
- Samvariation mellan olika variabler.
- Samvariation mellan resultaten från olika mätstationer.
- Rumslig variation mellan olika mätstationer.

Det sätt på vilket resultaten utvärderas är givetvis beroende av syftet med programmet. Vid all utvärdering utgör ett jämförande moment en viktig del, och jämförelser med någon typ av referensundersökning bör alltid göras. En referens kan utgöras av en opåverkad referenspunkt med i övrigt likartade förhållanden. En annan typ av referens finns inbyggd i tidsserier, där det jämförande momentet består av en tidsserieanalys. Ytterligare en möjlighet är att använda modeller för beräkning av bakgrundskoncentrationer.

Vid utvärderingar bör resultaten från mätningarna kombineras med bakgrundsinformation som punktutsläpp, markanvändning, vegetationstyp, åtgärder inom avrinningsområdet, deposition och meteorologiska data.

Bearbetning av de tidsmässiga variationerna kan utföras enligt en rad olika metoder som finns att tillgå i statistisk litteratur. Vid studier av de tidsmässiga variationerna hos en given mätstation är det viktigt att tänka på att dela upp variationsmönstret i olika komponenter. Den totala variationen kan delas upp i variation inom året och mellan olika år. Mellanårsvariationen kan i sin tur delas upp i en variation av slumpmässig karaktär och en trend. En sådan trend kan skattas genom att beräkna årsvisa medelvärden och därefter genomföra en traditionell regressionsanalys. Regressionsanalysen visar styrkan hos trenden, dvs. riktningskoefficienten vid enkel, linjär regression. Säkerheten (eller signifikansnivån) hos trenden utrycks i form av det så kallade p-värdet där värden under 0,05 brukar vara att mått på signifikant samband. I tolkningen av trender bör hänsyn tas till klimatologiska faktorer, som bl. a. återspeglas i grundvattnets nivåfluktuationer.

Tids- och kostnadsuppskattning

Kostnadsuppskattningen är av förklarliga skäl grov. Områdets geografiska läge spelar ju naturligtvis en stor roll, både för etablerings- och provtagningskostnader. Vinster kan göras genom samordning av provtagningar, mätningar eller observationer med andra program etc. Fördelaktiga avtal med laboratorier kan minska analyskostnader.

Exempel olika kostnader:

Grov uppskattning av kostnader för utrustning:

Instrument för pH, O_2 och konduktivitetsmätning	25 000
Peristaltisk pump för provtagning + slang	7 500
Amazonpump inkl. batteri	2 000
PEEK-sil till peristaltisk pump (specialbeställning), 5 st	5 000
Lod för nivåmätning	3000
Kylbox	1 000
Filter (500 st 0,45 µm)	7 500
Filter (500 st 5 µm)	9 000
Engångssprutor luer lock, 25 st	2500
Salpetersyra 65 % PA x 2,5 L	1 000
Engångsflaskor, 100 provtagningar (100 st á 150 ml + 200 st á 100 ml)	2 000
Flaskor för metallanalys 100 st á 50 ml	1 000
Påsar, engångshandskar	1 500

Grov uppskattning analyskostnader

Basprogram (20 parametrar)	1 200
Utökat basprogram (ytterligare 9 metaller)	1 000
Organiska lösningsmedel	1 700
Tilläggsprogram jordbruk (bekämpningsmedel)	3 000

Kostnadsexempel – Intensiv övervakning

Kalkylen grundar sig på sex provtagningsrör som provtas sex gånger per år. Rören ligger i en transekt i en sluttning och kostnaden har beräknats med utgångspunkt för att området ligger 50 km från provtagarens ordinarie arbetsplats.

Engångskostnader		Tidsåtgång	Kostnad
	Borrningar och rörsättning av 6 rör		50 000:-
	Provtagningsutrustning		15 000:-
	Instrument för pH, O_2 och konduktivitet		25 000:-
	***Summa engångskostnader*:**		**90 000:-**
Årliga driftskostnader			
Provtagningar	Förberedelser (flasktvätt, kalibreringar och instrumentunderhåll etc)	8 tim x 6 provtagningar	38 400:-
	Provtagning inkl. restid	8 tim x 6 provtagningar	38 400:-
	Behandling av proverna	2 tim x 6 provtagningar	9 600:-
	Resekostnader (beräknat på ca 10 mil		1 500:-
	Filter, kemikalier etc		3 600:-
Analyser	Basprogram (36 prov)		**43 200:-**
	Summa* : *Provtagnings- och analys kostnader		**134 700:-**
Datahantering	Inmatning i databas	4 tim x 6 analysomgångar	19 200:-
	Kvalitetssäkring av analyser	12 tim/år	9 600:-
	Rapportering till datavärd	8 tim/år	6 400:-
	Bearbetning vart 6:e år (120 tim; 114 000:--)	120tim/6 år	19 000:-
	***Summa datahantering och bearbetning*:**		**54 200:-**
Årlig kostnad			**188 900:-**
Kostnad för 6 år inklusive etablering			**1 223400:-**
Kostnad per prov			**5 700:-**

Exempel – extensiv övervakning i privata brunnar och källor eller screening

Urval av 60 brunnar eller källor för extensiv övervakning ca 40 timmar. Dokumentation av brunnarna 120 timmar. Tidsåtgången för provtagning 1,5 tim/brunn. Reskostnad 1500 kronor per dag.

		Kostnad
Urval och dokumentation av provpunkter	120 timmar	96 000:-
Provtagning	120 timmar	96 000:-
Reskostnad	1500:- dag	7 500:-
Ex 1: Analyskostnad, 1 ämne	150 kr/prov	9 000:-
Ex 2: Analyskostnad, basparametrar	1200 kr/prov	72 000:-
Ex 3: Analyskostnad, större analysprogram för vattenförvaltning	3 900 kr/prov	234 000:-
Ex 4: Analyskostnad, större analysprogram inkl bekämpningsmedel	6 900 kr/prov	414 000:-
Kvalitetskontroll och leverans till datavärd	40 timmar	32 000:-
Summa		Ex 1: 240 500:- Ex 2: 303 500:- Ex 3: 465 500:- Ex 4: 645 500:-
Kostnad per prov		Ex 1 : 4 000:- Ex 2 : 5 000:- Ex 3: 8 000:- Ex 4: 11 000:-

Övrigt

Grundvattenövervakningen har under de senaste åren förändrats och utvecklas fortlöpande för att så långt som möjligt motsvara de krav som ställs från främst vattenförvaltning och miljömålsarbete. Detta innebär att det finns flera dokument som tagits fram av SGU de senaste åren (SGU-rapporter 2013:01, 2014:23, 2014:31 och 2016:03) med delvis olika inriktning och förslag till strategier för övervakning. När de olika pågående övervakningsprogrammen utvärderas kommer det säkert att finnas anledning att revidera undersökningstypen och övrigt vägledande material. Mer information kommer att finnas på www.sgu.se och på www.havochvatten.se.

Författare och övriga kontaktpersoner

Kontakt Havs- och vattenmyndigheten:

Enheten för miljöövervakning

miljoovervakning@havochvatten.se

Författare:

Lena Maxe (kontaktperson), Jennie Abelsson, Johan Carlström, Liselotte Tunemar, Fredrik Theolin och Bo Thunholm, Sveriges geologiska undersökning.

Referenser

Grandin, U. (2012) Dataanalys och hypotesprövning för statistikanvändare. Inst. för miljöanalys, SLU på uppdrag av Naturvårdsverket. http://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/miljoovervakning/handledning/dataanalys-och-hypotesprovning-for-statistikanvandare-uppd-2012-01-30.pdf

Havs- och vattenmyndigheten (2016). Full koll på våra vatten! Handlingsplan för arbetet med övervakning enligt vattenförvaltningens behov. https://www.havochvatten.se/download/18.2a9deb63158cebbd2b450211/1481202332528/handlingsplan-full-koll-pa-vara-vatten.pdf

Naturvårdsverket (1999b). Bedömningsgrunder för miljökvalitet. Grundvatten. Naturvårdsverket rapport 4915. Endast som lån i Naturvårdsverkets bibliotek

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

Sveriges geologiska undersökning (2014a) Sveriges geologiska undersöknings föreskrifter om övervakning av grundvatten. SGU-FS 2014:1.

Sveriges geologiska undersökning (2014b) Vägledning vattenförvaltning av grundvatten. SGU-rapport 2014:31.

Sundén, G. Maxe, L. och Lång, L-O (2014) Regional utvärdering av grundvattenkemi – Utvärdering av delprogram. SGU- rapport 2014:23.

Tunemar, L. (2016) Nationell och regional samverkan – Övervakning av grundvattnets kvalitet. SGU-rapport 2016:03

Uppdateringar, versionshantering

Version 1:0, 2018-03-14.

Denna undersökningstyp är ny men i undersökningstypen ingår delar av följande äldre undersökningstyper som den ersätter:

- Grundvattenkemi, strategier för övervakning 2002-06-25
- Hydrogeologi Version 1:1 2016-12-02

BILAGA 1 – Intensiv och extensiv övervakning och screening

I denna bilaga ges exempel på olika strategier för övervakning: Intensiv och extensiv, där intensiv övervakning avser ett mindre antal provpunkter med hög mät/provtagningsfrekvens. Intensiv undersökning används för att kvantifiera tillstånd och processer som förändras snabbt över tiden. Extensiv övervakning innebär i stället att ett relativt stort antal punkter med låg provtagningsfrekvens studeras. Extensiv övervakning ger möjligheter att statistiskt studera förändringarna av stora populationer i län, kommuner och avrinningsområden. Populationerna kan också delas upp i delpopulationer med avseende på hydrogeologiska typmiljöer enligt de äldre *Bedömningsgrunder för grundvatten* (Naturvårdsverket, 1999b) eller med avseende på region och typ av provtagningsplats enligt de nyare *Bedömningsgrunder för grundvatten* (SGU 2013). Skillnaden mellan extensiv övervakning och screeningövervakning är att i den extensiva övervakningen så upprepas provtagningen, om än med långa mellanrum. Screeningövervakning är mer tillfällig till sin karaktär, man planerar inte att fortsätta undersöka samma variabler i samma punkter. Provpunkter i extensiva och även intensiva övervakningsprogram kan dock utgöra bra provpunkter även vid en screeeningundersökning av andra ämnen än de som normalt undersöks. Det är en fördel att provpunkten är känd och att det finns bakgrundsinformation. Helst bör screeningprovtagningen samordnas med den ordinarie provtagningen så att information om övriga variabler finns tillgängliga som stöd vid tolkning av screeningresultaten.

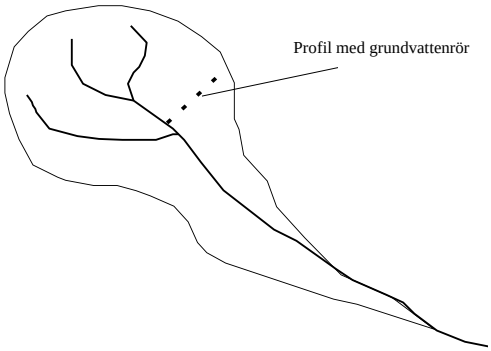
Olika typer av provtagningsplatser representerar olika stor markyta där vattnet infiltrerar och vars egenskaper och markanvändning påverkar vattenkvaliteten. Tillrinningsområdet för en viss typ av provtagningsplats varierar beroende på både topografi och geologi, men de uppskattningar som redovisas i tabellen kan vara till vägledning när en provtagning planeras.

Exempel på uppskattning av tillrinningsområdets storlek vid olika typer av provtagningsplatser. Grundvattenbildningen till jord har antagits vara 200 mm/år.

Typ av provtagningsplats	Exempel på infiltrations- områdets storlek	Kommentar
Större vattentäkt i jordlager	0,02–2 km^2	vattenuttag 10–1 000 m^3/dygn
Enskild brunn i jordlager	400–4 000 m^2	400 m^2/ansluten person.
Mindre källa <1 l/s	<0,2 km^2	liten/medelstor källa i morän eller svallavlagring.
Större källa >1 l/s	>0,2 km^2	Större källa i isälvsavlagring.
Grundvattenrör	1 m^2	Som endast pumpas (omsätts) inför provtagning.
Större vattentäkt i berg	0,04–0,4 km^2	vattenuttag 10–100 m^3/dygn; grundvattenbildning till berg har antagits vara 50 % av grundvattenbildningen till jord vid stora vattenuttag.
Enskild brunn i berg	4 000–40 000 m^2	4 000 m^2/ansluten person; grundvattenbildningen till berg har antagits vara 10 % av grundvattenbildningen till jord vid måttliga uttag.

Intensiv övervakning

Grundvattnet kan övervakas längs tänkta flödeslinjer från inströmningsområde till utströmningsområde i anslutning till ytvattendrag, se figuren. Grupper av rör nedförda till olika djup etableras från inströmningsområde, gärna från vattendelarläge till utströmningsområde längs flödesriktningen. Då syftet är att övervaka grundvattnet inom t ex. små avrinningsområden, kan det räcka att provta grundvattnet på två nivåer i inströmningsläge, ett ytligt och ett något djupare. För att få en mer fullständig bild kan det dock vara lämpligt att etablera flera stationer i olika delar av inströmningsområdet respektive i utströmningsområdet. Vid detaljutformningen tas hänsyn till de geologiska och hydrogeologiska förutsättningarna i avrinningsområdet.



Förslag till etablering av grundvattenrör i ett avrinningsområde med integrerad övervakning.

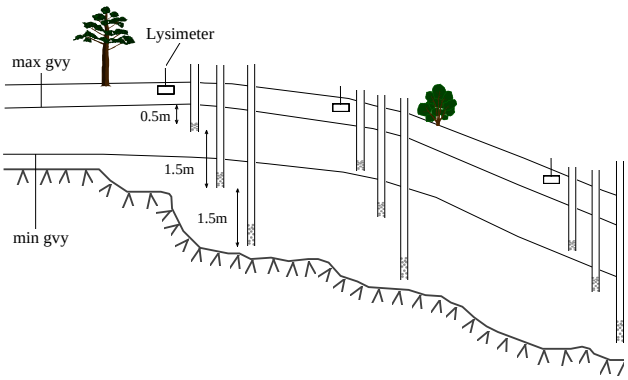


Illustration av en sluttning och lägen för grundvattenrör. Det kan vara bra att även installera lysimetrar för att kunna provta markvattnet eftersom det reagerar snabbare på förändringar än grundvattnet.

Jordbrukspåverkan på grundvattnets kvalitet övervakas i grundvatten som underlagrar jordbruksmark. Det föreslagna sättet att etablera grundvattenrör medger att vatten av olika ålder och infiltrationsplatser provtas vilket bör ge en god bild av grundvattenkemin av grundvatten som är påverkad jordbruksdriften. Transporten med grundvatten till ytvattendraget kan också följas. Det bör emellertid observeras att det kan vara svårt att bedöma vilket grundvatten som provtagningen representerar om inte mycket god kunskap finns om grundvattnets strömning och omsättning.

Det är viktigt att observationsrören består av material som inte kontaminerar proverna, med felaktiga analysresultat som följd. Detta är speciellt viktigt för analyser av metaller och organiska ämnen. Grundvattnet måste alltid omsättas före provtagning (se Svenska Geotekniska Föreningens *Fälthandbok - Undersökningar av förorenade områden,* SGF Rapport 2:2013).

Extensiv övervakning och screening

Övervakning med provtagningsrör[4]

Även vid extensiv övervakning kan grundvattenrör utnyttjas. De kan ge detaljerad information om grundvattenkvaliteten på en viss nivå och plats i akviferen. De representerar därmed i allmänhet en mycket liten del av grundvattnet och det infiltrerande vattnet.

Det kan vara svårt att använda gamla befintliga rör. Förutom att det inte alltid finns dokumentation om intagsdjup så kan de vara av olämpligt material som påverkar vattenkvaliteten. Om man planerar att använda befintliga rör bör de först kontrolleras så att de fungerar hydrauliskt.

Brunnar

Användningen av brunnar för ett yttäckande övervakningsnät för grundvattenkvalitet, medför vissa begränsningar i förhållande till särskilt etablerade observationsrör. Läget för provpunkten styrs av var man kan få tillgång till lämpliga brunnar att provta. Brunnsvatten är ofta en blandning av grundvatten som sipprar in i brunnen från olika nivåer. Provtagning och analys av brunnsvatten ger därför en samlad bild av grundvattenförekomstens kemi men eftersom vattenuttaget är ganska litet representerar vattenprovet ändå vanligtvis en ganska begränsad del av grundvattenförekomsten som helhet. Lokala påverkanskällor kan, beroende på brunnens utförande och skick, vara av stor betydelse för vattenkvaliteten. Brunnar i drift utgör ett manipulerat system där flödesriktningar förändras och vattnets omsättningstid förkortas i olika hög grad beroende på uttagens storlek. Det finns också fördelar genom att brunnarna får vatten från ett större område än t ex ett grundvattenrör och därmed ger möjlighet till säkrare information om grundvattnet i ett visst område är föroreningspåverkat. Genom att en brunn används för vattenuttag säkerställs att vattenprov inte representerar grundvatten med mycket begränsad omsättning. Kommunala vattentäkter med stort vattenuttag och där ofta brunnskonstruktion och geologiska förhållanden finns dokumenterade är vanligtvis utmärkta provtagningspunkter.

Provtagning av brunnar är avsett som ett komplement för att ge en mer yttäckande bild av grundvattenkvaliteten (brunnsvattenkvaliteten). Det är därför viktigt att ett tillräckligt antal brunnar ingår i nätet för att ge en representativ bild.

Urval av brunnar för provtagning i ett extensivt nät kan göras med stöd av SGUs Brunnsarkiv/Kemiarkiv och Vattentäktsarkiv. Kemiska data tjänar som referensmaterial för regionala jämförvärden och test av representativitet av stationsurvalet av övervakningsstationer. Detta material användes för framtagandet av *Bedömningsgrunder för Grundvatten* (SGU-rapport 2013:01)

Källor

En källa ligger alltid i ett utströmningsområde. Dess vatten ger en integrerad bild av grundvattnets kemiska sammansättning i den akvifer den avvattnar. Källans vatten är ett blandvatten, en blandning av vatten med olika lång uppehållstid i akviferen. Grundvattnets flödeslinjer möts i källan.

Grundvatten med olika lång uppehållstid i akviferen har i allmänhet också olika kemisk sammansättning. Vatten som har uppehållit sig längre har i allmänhet högre pH, högre

[4] Även omnämnt som observationsrör och grundvattenrör i dokumentet

jonstyrka, lägre halt organiskt material samt lägre syrehalt än det vatten som har en kort uppehållstid i akviferen.

Förhållandet mellan vatten med kort och lång uppehållstid är tyvärr inte konstant utan varierar med variationen i akviferens fyllnadsgrad. Vid höga grundvattennivåer dominerar vatten med kort uppehållstid och vice versa. Det betyder att vattnen i en källa kan ha uttalade årstidssvängningar i kemin, men även skillnader mellan våta och torra år. Dessa variationer, som är klimatbetingade, kan försvåra tolkningen av antropogent betingade effekter på grundvattenkemin. Klimatbetingade fluktuationer är mycket olika i olika källor beroende på storleken av akviferen, akviferens geologiska sammansättning och dess geometri.

Vid provtagningen är det viktigt att beakta eventuella variationer i kemisk sammansättning under året. Variationerna är starkt kopplade till variationer i flöde och grundvattennivå. Om provtagning exempelvis utförs 2 gånger per år är det bäst att provta i samband med högsta grundvattennivå under året och i samband med den lägsta nivån under året. I samband med den högre nivån är andelen korttransporterat, ytligt grundvatten större medan en lägre nivå brukar innebära att andelen långtransporterat vatten med högre halt av ämnen som härrör från det geologiska materialet är större. De genomsnittliga nivåvariationerna har olika mönster i olika delar av landet. Längst i söder brukar de högsta nivåerna förekomma under mars - april medan grundvattentillgången brukar vara minst under oktober - december. I norra delen av landet brukar nivåerna vara lägst under april - maj, omedelbart före snösmältningen. De grundvattenkemiska variationerna i källor som avvattnar stora grus- eller sandakviferer är dock i allmänhet små.

Provtagning av källor har flera fördelar. De är lätta att provta, vattnet kontamineras inte av naturfrämmande material och vattnet behöver inte omsättas före provtagning. Analysresultaten av vattenprover tagna i källor skall kunna refereras antingen till storleken på källans flöde eller till grundvattennivån i akviferen uppströms källan.

BILAGA 2 – Provtagningsprogram vid SGUs grundvattenövervakning

Determinand	Metodmoment	Enhet	Analysmetod
pH		pH-enheter	SS-EN ISO 10523:2012, mod
Konduktivitet		mS/m	SS-EN 27 888
Alkalinitet/aciditet		mekv/l	SS-EN ISO 9963-2:1994 mod/Standard Methods 16th ed. 402 uppl. s. 265-269.
Kloridhalt, Cl	5 µm cellulosanitratfilter	mg/l	SS-EN ISO 10304-1:2009 mod.
Sulfathalt, SO_4		mg/l	
Fluoridhalt, F		mg/l	
TOC-halt		mg/l	SS-EN 1484 utg.1
Fosfatfosforhalt, PO_4-P		µg/l	ISO 15923-1:2013
Ammoniumkvävehalt, NH_4-N		µg/l	
Nitratkväve +nitritkvävehalt NO_3-N+ NO_2-N		µg/l	
Totalkvävehalt, Tot-N		µg/l	SS-EN 12260:2004 (förbränning)
Totalfosforhalt Tot-P		µg/l	SS-EN ISO 6878:2005 mod Bran Luebbe Method G-175-96 för AAIII
Kisel, Si		mg/l	
Natriumhalt, Na	Filtrering, membran 0.45 µm	mg/l	ICP-MS, SS-EN ISO 17294-2:2005
Kaliumhalt, K		mg/l	
Kalciumhalt, Ca		mg/l	
Magnesiumhalt, Mg		mg/l	
Järnhalt Fe		µg/l	
Manganhalt, Mn			
Aluminiumhalt, Al		µg/l	
Kadmium, Cd		µg/l	
Kromhalt, Cr		µg/l	
Arsenikhalt, As		µg/l	
Blyhalt, Pb		µg/l	
Kobolthalt, Co		µg/l	
Kopparhalt, Cu		µg/l	
Nickel, Ni		µg/l	
Vanadin, V		µg/l	
Zinkhalt, Zn		µg/l	
Kvicksilverhalt, Hg		ng/l	*Flamlös atomfluorescens t.ex.IVL Metod 092*

Utöver ovanstående analyseras proverna från omdrevsstationerna även bland annat med avseende på de organiska föreningarna trikloretylen och tetrakloretylen.

BILAGA 3 - Provtagning och analys

Här beskrivs hur prover bör tas, när på året de bör tas och hur många de bör vara. De laboratorier som anlitas bör vara ackrediterade samt delta i interkalibreringar för de analyser som ska utföras. Analyser inom vattenförvaltningens miljöövervakningsprogram liksom kraven på utförande laboratorier måste följa bestämmelserna i SGUs föreskrifter SGU-FS 2014:1 och redovisning enligt förordningen (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön, se även SGUs vägledningsdokument *Vattenförvaltning av grundvatten* (SGU 2014:31). Vid provtagning av grundvatten för att undersöka förorenade områden hänvisas till Naturvårdsverkets vägledningar (NV rapport 4310, 4311 och 4667) samt SGFs *Fälthandbok undersökningar av förorenade områden (SGF 2013:2)*. För ytterligare information om provtagning och analys se även *Bedömningsgrunder för grundvatten* (SGU 2013:01) samt *Nationell och regional samverkan – Övervakning av grundvattnets kvalitet* (SGU 2016:03).

Inledning

Modern analysmetodik har möjliggjort allt säkrare analysvärden även vid låga halter. För att kunna tolka ett analysresultat bör man dock känna hela provkedjan: provtagningsplatsen och dess egenskaper, provtagningsmetodik, typ av provtagningskärl, provbehandling, provtransport, lagring och analysmetodik. När man jämför analysresultat är det viktigt att provtagningsförfarande och provbehandling varit detsamma eller åtminstone att det är samma fraktion av vattnet som har analyserats. Det är vanligt att ett laboratorium skickar vissa analyser till ett annat laboratorium. Information om vilka laboratorier som utfört analyserna måste finnas tillgänglig för att möjliggöra kontroll av om t.ex. avvikelser i tidsserier beror på byte av analyserande laboratorium.

Syfte med provtagningen

Det är syftet med provtagningen som bestämmer var, hur och ibland också när den ska utföras. Syften med provtagningen kan vara:

- Referensförhållanden i olika regioner och olika grundvattenmiljöer
- Luftburna föroreningars effekter på grundvattnets kemiska sammansättning
- Klimatförändringar och dess effekter på grundvattnets kemiska sammansättning
- Effekter på grundvatten av föroreningar från punktkällor
- Påverkan på grundvatten av föroreningar från diffusa källor
- Effekter av mänsklig verksamhet på grundvattenförekomst som helhet
- Påverkan på grundvattenberoende ekosystem
- Påverkan på grundvatten som används för dricksvattenändamål
- Uppföljning av insatta åtgärder för att bevara eller förbättra grundvattenkvaliteten

Provtagning för dricksvattenkvalitet

Vid provtagning som syftar till att undersöka kvaliteten av det vatten som konsumeras som dricksvatten ska provtagningen göras direkt ur de tappkranar som används för ändamålet (se även Livsmedelsverkets respektive Socialstyrelsens vägledning[5] [6]).

---

[5] Livsmedelsverket, 2006: Vägledning till Livsmedelsverkets föreskrifter (SLVFS 2001:30) om dricksvatten. Finns digitalt.

[6] Socialstyrelsen, 2006: Dricksvatten från enskilda brunnar och mindre vattenanläggningar. Finns digitalt.

Analysen ger ofta även en indikation på grundvattnets kemiska sammansättning. Råvattnets kemiska sammansättning förändras alltid på vägen från grundvattenmagasinet till tappkranen genom ledningar och hydrofor eller hydropress. Dessutom kan eventuella filter, luftare eller kemiska tillsatser förändra vattnets kemiska sammansättning.

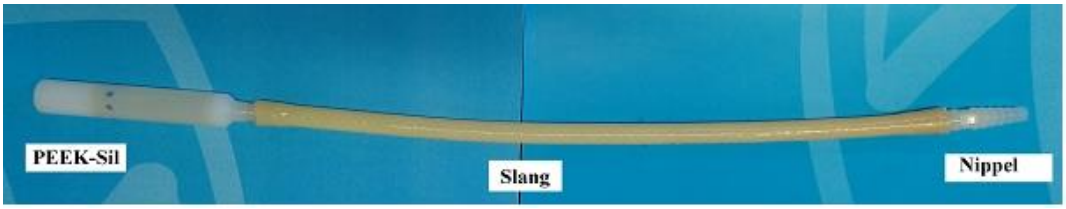
Om analyser av vatten som är tagna ur hushållens tappkranar ska användas för andra ändamål än kontroll av dricksvattenkvalitet är det väsentligt att det klart framgår vilka faktorer som kan ha påverkat det ursprungliga grundvattnets kvalitet.

Provtagning för undersökning av grundvattnets kvalitet

Grundvatten är sällan direkt åtkomligt vid markytan. Därför måste grundvattnet vanligen föras upp till ytan på något sätt. Grävda och borrade brunnar används ofta för provtagning av jord- respektive berggrundvatten men grundvattnets kvalitet kan förändras vid luftning i brunn, vid pumpning, i hydrofor och ledningsnät, av reningsutrustning etc. Mest välbestämda prover får man genom provtagning i nedförda grundvattenrör med slitsar på utvalda nivåer.

Provtagningsutrustning

- Provtagningsutrustningen ska alltid vara tillverkad i inerta material, vilket är speciellt viktigt om proverna ska analyseras på tungmetaller och organiska miljögifter.
- Provtagningsutrustningen ska förvaras så att den inte smutsas ner ut- eller invändigt mellan provtagningarna.
- Slangar ska sugas igenom med metallfritt avjoniserat vatten mellan provtagningstillfällena. Den fyllda slangen har i ena änden en nippel som filter kan fästas på. Vid transport kan nippeln fästas vid andra änden på slangen så det avjoniserade vattnet kan vara kvar i slangen fram till nästa provpunkt.
- Efter varje provtagningsomgång ska slangar syralakas i svag syra och sedan sköljas med metallfritt avjoniserat vatten, för att laka ut eventuella metaller som adsorberats till plasten. Vid provtagning av särskilt känsliga variabler finns det slangar med t.ex. teflon- eller platinabeläggning för att förhindra kontamination av provet. Vid provtagning av PFAS-ämnen ska dock inte teflon användas. Det kan vara nödvändigt att använda nya slangar vid varje mätpunkt för att undvika korskontamination.
- Vid provtagning med silikonslang kan en speciell slags provtagningssil fästas i den ände på slangen som sänks ner i vattnet. Silen består av en ihålig cylindrisk kropp i PVC- eller PEEK-plast som kopplas ihop med en styv inert slangbit. Den cylindriska kroppen är försedd med en inbakad tyngd i botten, så att den lättare sjunker. Vatten strömmar in genom hål i cylinderns vägg. Silen hindrar bös och partiklar att sugas upp i slangen vid provtagning nära rörbotten. Silen förvaras i ett skyddsrör som fylls på med nytt avjoniserat vatten mellan provtagningarna. På så vis kan silen enklare hållas ren och kontaminationsrisken blir mindre jämfört med om den cylindriska kroppen skulle fästas direkt på silikonslangen (förutsatt att endast silen, och inte resten av slangen, förs ner i vattnet vid provtagning, vilket kan vara svårt att ha koll på!)



Provtagningssil.

I högra delen fästs silikonslangen. Vänstra delen är silen som kommer i kontakt med grundvattnet. Silen förvaras mellan provtagningar i en cylinder med ultrarent avjoniserat vatten som byts mellan provtagningar. Foto: Fredrik Theolin

- För provtagning av ytligt grundvatten, ner till 6–7 m djup, kan enklare provtagningsutrustningar användas. På marknaden finns bl.a. peristaltiska pumpar och system som tillåter s.k. in line-filtrering (se nedan) och fältanalyser i flödesceller i ett slutet system. Det har den fördelen att provvattnet inte kommer i kontakt med luft, som oxiderar vissa kemiska element och förändrar vattnets kemiska sammansättning.

Här har silikonslangen tömts på ultrarent avjoniserat vatten. Nästa steg är att fästa fast delen med nippel i peristaltiska pumpen och att sätta fast PEEK-silen i andra änden. Foto: Fredrik Theolin

- Då grundvattnet ligger så djupt att det inte går att suga upp måste olika typer av hämtare (bailers) eller dränkbara pumpar användas. Det väsentliga är att pumpens delar inte kontaminerar proven. Hämtare kan i sin enklaste form utgöras av flaska

som sänks ner i vattnet och fylls och tas upp. Lite mer sofistikerad är den variant som utgörs av en slang eller cylinder med backventil i botten som förs ner till önskat djup och sedan kan tas upp med provet i. Man kan också genom att föra slangen upp och ner med en lagom amplitud på ca 30–50 cm fylla på nytt vatten underifrån och på så sätt få vattnet upp till markytan. För att få prover med så lite gasutbyte som möjligt kan man använda sig av en ett rör med ventil i båda ändar, så att provet kan transporteras till ytan väl inneslutet.

- En annan typ av provtagningssystem är s.k. BAT-provtagare eller motsvarande som bygger på att en evakuerad behållare förs ner i ett grundvattenrör som försetts med en speciell filterspets. Provtagare av denna typ är särskilt lämpliga för provtagning av flyktiga föroreningar t.ex. vissa DNAPLs (dense non-aqueous liquids) och LNAPLs (light non-aqueous liquids).
- På marknaden finns idag ett antal dränkbara s.k. pumpar för miljöprovtagning. De pumpar som tillfredsställer de flesta behov vid provtagning för kemisk analys är s.k. bladder-pumpar. De finns i många storlekar och kan användas i observationsrör ner till en diameter på 18 mm. De består av en provkammare med ventiler vid intaget i kammarens botten och vid övre utflödet samt en blåsa inuti som kan fyllas och tömmas på gas. Vid provtagning sänks pumpen ner till önskat djup och genom upprepade fyllningar och tömningar pressas vattnet upp mot ytan. Proceduren fortgår till dess tillräcklig vattenvolym erhållits. Även till detta system kan man koppla en flödescell för vissa mätningar in-line.
- I bergborrade brunnar finns redan pumpar installerade, vilket även gäller de flesta grävda brunnar. I det sistnämnda fallet är det dock en fördel om vattnet kan provtas med en provtagningsanordning av inert material direkt i brunnen. Det är vanligtvis inte möjligt att komma åt att ta prov direkt i borrade brunnar.

Provtagningsförberedelser

Delar av provtagningsutrustningen måste tvättas innan provtagning.

Syra som används är salpetersyra (65% p.a.) som späds med ultrarent avjoniserat vatten (kom ihåg minnesregeln ”SIV” alltså syra tillsätts i vatten och inte tvärtom).

Slangar tvättas invändigt med salpetersyra 0,05M genom att det pressas igenom med peristaltisk pump. Slangarna får ligga i minst en månad med syran innan ultrarent avjoniserat vatten pumpas genom. Det ultrarena avjoniserade vattnet får därefter ligga kvar i slangen fram till provtagningen.

Nya flaskor av LDPE tvättas i 10% salpetersyra i en vecka. Flaskan töms, sköljs och toppfylls med ultrarent avjoniserat vatten, sedan placeras den i en plastpåse.

Begagnade flaskor av LDPE tvättas på utsidan med etanol eller aceton för att avlägsna tusch och klisterrester. På insidan tvättas de först med avjoniserat ultrarent vatten och toppfylls sedan med salpetersyra 0,05M. Syran får verka i flaskorna under minst en månad. Flaskan töms, sköljs och toppfylls med ultrarent avjoniserat vatten, sedan placeras den i en plastpåse.

”Provtagningssilen” sköljs i avjoniserat vatten och därefter placeras den i sitt skyddsrör som fylls på med salpetersyra 0,05M under en månad. Skyddsröret och silen sköljs därefter med ultrarent avjoniserat vatten. Silen placeras i skyddsröret och ultrarent avjoniserat vatten fylls på inför nästa provtagning.

Cellulosaacetatfilter 0,45 µm tvättas genom att salpetersyra 0,05M pressas igenom. Därefter pressas ultrarent avjoniserat vatten igenom.

Cellulosanitratfilter 5 µm tvättas endast med ultrarent avjoniserat vatten eftersom salpetersyra skulle kontaminera analysen på nitrat.

Provtagningsförfarande

Det är viktigt att man tar kontakt med laboratoriet när man planerar en provtagning. Olika analyser kräver olika provtagningskärl och olika mängd vatten. Man kan ofta få lämpliga provtagningsflaskor från laboratoriet. Diskussioner om förbehandling av proverna bör föras med laboratoriet innan provtagning i ett nytt provtagningsprogram utförs. Beroende på syftet med undersökningen kan olika förfaringssätt vad avser bl.a. filtrering av vattnet vara aktuella. Vatten som pumpas upp ur ett rör innehåller en större eller mindre mängd minerogena och andra partiklar. Det är därför nödvändigt att filtrera proverna innan de konserveras med syra. Vid varje provtagning med utrustning som innebär uppsamling i något kärl innan provvattnet fördelas på olika provtagningsflaskor, ska kärlet först sköljas ordentligt med det vatten som ska provtas. Använd puderfria engångshandskar av vinyl för att minska risk för kontamination av provet.

Provtagningen inleds alltid med omsättning av det vatten som ska provtas. Dokumentera även om det är något som hänt i området t.ex. skogsavverkning. I nedanstående avsnitt ges anvisningar som framför allt avser mer avancerad provtagning av grundvatten, t.ex. för miljöövervakning. Vid rutinundersökningar av dricksvattenkvalitet räcker det vanligtvis att följa laboratoriets anvisningar.

Provflaskorna för laboratorieanalyser förvaras i ett mörkt kylrum (+4 °C) tills analyserna påbörjas.

Provtagning i grundvattenrör

Mer detaljerade undersökningar av grundvattnets kemiska sammansättning kräver att man använder provtagningsrör, s.k. grundvattenobservationsrör, utformade för ändamålet. Genom att installera rörets slitsar på den nivå som är av intresse kan man ta prover som är väl avgränsade i rummet. Materialet i grundvattenrören måste vara inert så att det inte kontaminerar grundvattnet. De skall inte heller adsorbera kemiska substanser. Syralakade miljörör av HDPE (high density polyeten) rekommenderas.[7] Vid rörsättning rekommenderas antingen neddrivning av rör eller hollow stem auger vilket båda är torra metoder som medför en begränsad påverkan och omflyttning av jordmaterialet. Det är viktigt att det sluter tätt mellan jordmaterial och rör, så att inte vatten rinner vertikalt längs rörets yttersida. Det kan åtgärdas genom att på markytan göra en avskärmning runt rören av inert plastmaterial. Materialen i grundvattenrören ska anpassas till de kemiska variabler som ska analyseras. Det är framför allt de kemiska substanser som naturligt finns i mycket låga halter i grundvattnet, som t.ex. tungmetaller och organiska miljögifter, som begränsar urvalet av material. När man undersöker förekomsten av tungmetaller är inerta ofärgade plastmaterial att föredra, som t.ex. akrylplast eller polyeten, medan rostfria rör är att föredra vid provtagning av organiska miljögifter.

1. Vid provtagning mäts först grundvattennivån i röret och rörets totaldjup
2. Beräkna vattenvolymen i röret genom formeln

   $V=\pi r^2 h$.

[7] Laktester har visat att metaller förekommer på rörens yta, men att de lätt avlägsnas genom lakning med utspädd syra

V= volymen vatten i röret i liter [dm³].

r=radien på röret [dm]

h= avstånd från botten till grundvattenytan [dm]

Tumregel är att för varje meter vattenpelare i ett 2” rör (d.v.s. med diametern 51 mm) finns det 2 liter vatten och i ett 1” [25 mm] rör finns det 0,5 liter vatten.

Klucklod för mätning av grundvattennivå.

Foto: Fredrik Theolin

3. Sätt engångsplasthandskar på händerna. Töm silikonslang på avjoniserat vatten. Sätt fast silikonslangen på ”provtagningssilen”. Sätt fast änden där nippeln sitter i den peristaltiska pumpen. Låt slangen sticka ut med ca 20 cm från peristaltiska pumpen så det finns utrymme mellan filterhållaren och pumpen. För ned provtagningsanordningen så att den tangerar grundvattenytan. När peristaltiska pumpen arbetar går det att höra om den bara pumpar luft eller om den är nere under vattenytan. För ned slangen så den provtagningssilens nedre del är ca 1 dm under grundvattenytan. När du hör att den börjar pumpa luft, för ned 1 dm till. Pumpa upp vatten i en behållare med känd volym. Om man vill undersöka den kemiska sammansättningen i hela det grund- vattenförande lagret, som t.ex. isälvsavlagringar, bör vattnet omsättas flera gånger den inneslutna volymen. Är man däremot intresserad av att följa förändringen i grundvattnets kemi över tid i en given punkt ska den inneslutna volymen bara omsättas högst 1,5 gånger, så att endast det vatten som befinner sig inom slitsens närmaste omgivning tränger in i röret. Ange under hur lång tid du pumpat ur röret och hur stor vattenvolym som avlägsnats.

4. När färskt vatten runnit till kan provtagning påbörjas. Den del av slangen som sitter ihop med nippeln bör hänga rakt ned från pumpen för att undvika att filter eller nippel lossnar när det uppstår ett tryck vid pumpning. För ned provtagningsanordningen så att den tangerar grundvattenytan. När peristaltiska pumpen arbetar går det att höra om den bara pumpar luft eller om den är nere under vattenytan. För ned slangen så den cylindriska kroppens nedre del är ca 2-3 cm under grundvattenytan. Pumpa upp denna ytfilm och kassera. För ned slangen minst 10 cm gärna ytterligare beroende på vilken vattenvolym som finns i röret. Undvik att grumla upp bottensediment. Pumpa till dess att ett jämnt flöde vatten kommer ur slangen. Sätt fast filter 0,45 µm för metallanalys på nippeln och skruva fast filtret i klämman. Ta ut provtagningsflaskan för metaller ur plastpåsen. Töm flaskan på avjoniserat vatten och placera den i klämman avsedd för flaskor. Kassera det första vattnet som rinner genom filtret. Fyll i ungefär 10 ml i flaskan, sätt på korken, skaka flaskan, skruva upp korken och kassera vattnet. Fyll sedan flaskan till brädden. Skjut försiktigt klämman åt sidan och sätt på locket. Pumpning

måste ske långsamt. Om det finns mycket ler- eller andra partiklar i grundvattnet måste filtret bytas flera gånger eftersom det sätts igen och vattnet passerar genom det väldigt långsamt. Vid byte av filter ska det första vattnet som rinner genom filtret kasseras. När samtliga flaskor är fyllda tas slangen upp. Provtagningssilen rengörs genom att det först sprutas ultrarent avjoniserat vatten på den och sedan får den ligga i en cylinder med nytt ultrarent avjoniserat vatten. Silikonslangen pumpas torr från det befintliga grundvattnet och fylls därefter med ultrarent avjoniserat vatten som pumpas genom slangen till den fylls.

5. Genom att använda en flödescell (genomströmningscell) har provvattnet minimal kontakt med omgivande luft när fältparametrar som pH, löst syre, konduktivitet och redoxpotential ska mätas. Cellen har öppningar för in- och utgående vatten samt hål på ovansidan för att sticka ner mätelektroder, se figuren. Vid provtagning med en flödescell går det att mäta fältparametrarna i samband med omsättningspumpningen, det vill säga innan man fyller sina provflaskor. Detta förutsätter såklart att vattentillgången i det rör som ska undersökas tillåter det.

FLÖDESCELL

Genom att använda en flödescell kan man utföra fältmätningarna utan att provvattnet utbyter gaser med omgivningen. Särskilt viktigt är det för mätning av syre, redox och pH. Man kan också mäta temperatur och konduktivitet.

Foto Fredrik Theolin.

I ett väl omsatt vatten bör man kunna avläsa stabila fältparametrar. Stabilitet kan anses råda när tre på varandra följande mätningar skiljer sig med mindre än.[8]

[8] Sammanvägda riktlinjer från SGUs erfarenhet samt

1. SGFs fälthandbok från 2013 (+/- 5% för samtliga parametrar)

- 0,2 °C för temperaturen
- 0,2 mg/l för det lösta syret
- 5 % för konduktiviteten
- 0,05 enheter för pH

Provtagning av enskilda brunnar

Provtagning av brunnar görs om möjligt direkt i brunnen eller i tappkran vid brunnen, innan vattnet kommit i kontakt med ledningsnätet. Vattnet ska vara väl omsatt före provtagning. Om det inte är möjligt att provta direkt i brunnen utförs provtagning på väl omsatt kranvatten. Detta är viktigt för att omsätta vattnet i ledningssystemet. Vattnet omsätts genom att låta vattnet spola tills vattnet håller en jämn låg temperatur. Det bör noteras om hydrofor, hydropress eller annan utrustning som kan påverka vattenkvaliteten används. Vidare måste kontrolleras om någon vattenbehandling i form av t.ex. avhärdning, förekommer. I sådana fall bör prov tas före reningsutrustningen. Det bör dock noteras att en viss påverkan från brunn och ledningsnät sker även på ett väl omsatt kranvatten. Vid provtagning i brunnar som inte används, t ex fritidshus, bör vattnet i brunnen omsättas före provtagning. Eftersom detta oftast inte är möjligt utgör brunnar som inte används oftast dåliga provtagningsplatser.

Bergborrade brunnar

Provtagning av bergborrade brunnar ska göras så tidigt som möjligt i systemet, helst före hydroforen eller hydropressen vilket dock sällan är praktiskt möjligt. Om fastighetsägaren är villig att koppla loss vattenslangen in till hydroforen eller hydropressen kommer pumpen att pumpa vatten kontinuerligt så länge det finns vatten att pumpa och ström är kopplat till pumpen. Det är bra om det finns ett avlopp med kapacitet att ta hand om det uppumpade vattnet. Flödet beror på vilken slangdiameter och vilken sorts pump som används vilket kan vara en opraktisk mängd för provtagning.

Grävda brunnar

Liksom vid provtagning i bergborrade brunnar ska provtagning av grävda brunnar göras så tidigt som möjligt i systemet, dvs. direkt i brunnen eller före hydroforen eller hydropressen om möjligt. Den inneslutna volymen bör helst omsättas före provtagning. Detta är emellertid sällan möjligt utan mycket stora insatser. Därför får man ofta nöja sig med att omsätta vattnet i hydroforen eller hydropressen och rörsystem om inte provet kan tas direkt i brunnen, vilket absolut är att föredra. Provtagning direkt i brunnen kan göras med någon hämtare eller pump av inerta material.

Provtagning i källor

Vid provtagning i källor behöver inte vattnet komma i kontakt med några främmande material som kan kontaminera provet, vilket är positivt. Därför kan källor vara särskilt lämpliga för provtagning av vatten för analys av organiska ämnen. Vattnet är kontinuerligt flödande och

---

2. Groundwater sampling guidelines. (Environment Protection Authority, State Government of Victoria 2000) http://www.epa.vic.gov.au
3. The essential handbook of ground-water sampling (Nielsen & Nielsen, 2007)

behöver inte omsättas före provtagningen. Vattnet i källor är ett blandvatten och ger en integrerad bild av grundvattenförekomstens kvalitet inom källans tillrinningsområde. I regel representerar källvattnet de ytligare delarna av en grundvattenförekomst. Den kemiska sammansättningen kan därför variera relativt mycket under året. Källor med vatten från större grundvattenförekomster, t.ex. isälvsavlagringar, kan däremot representera ett djupare grundvatten med mer stabil vattenkvalitet och temperatur.

Tänk på vilket håll vattnet i källan rinner ifrån. Ställ dig nedanför strömningsriktningen och för ned sprutan mot strömningsriktningen. Sug upp vatten lugnt och metodiskt. Vid källor med väldigt litet flöde krävs tålamod. Undvik att suga upp ytfilmen. Fyll sprutan två gånger och kassera. Därefter skruvas filtren på sprutan och flaskorna fylls (fungerar om sprutan är av typen Luer lock, med gängor i spetsen).. Precis som vid provtagning i grundvattenrör så ska första 10 ml med nytt filter kasseras. Fyll därefter 10 ml i flaskan, sätt på korken, skaka flaskan, skruva upp korken och kassera vattnet. Fyll flaskor till brädden. Se till att pressa vattnet genom filtret med ett jämt flöde. Flaskor som inte kräver filtrering kan fyllas direkt i källan. Vid källor där vattnet rinner i t.ex. en ränna kan flaskan fyllas där. Tänk på att dokumentera vilket material rännan är gjort av. När prov tas i källa som är formad som en bassäng så förs flaskan ned som en dykarklocka för att undvika att få med ytfilmen. Tippa flaskan så den fylls med det vatten som är under ytan i den riktning som vattnet kommer ifrån.

Provtagning vid större (allmänna) vattentäkter

Vid större vattentäkter är vattnet vanligen redan omsatt, men om det är en reservvattentäkt måste man se till att vattnet omsätts före provtagning. Prov ska tas på obehandlat och oblandat råvatten. Ofta finns en tappkran för råvattnet, ibland är det möjligt att ta prover vid pumphus.

Grundvattnet representerar ett blandvatten från ett stort upptagningsområde. Förutom information om huruvida brunnen ifråga använder ett jord- eller berggrundvatten, bör information om brunnsdjup (intagsdjup), jordlagerföljd, bergart, brunnskonstruktion, kapacitet och uttagsmängd finnas tillgänglig för tolkningen av analysresultaten.

Vid många vattentäkter finns det flera brunnar. Eftersom vattenkvaliteten kan variera mellan de olika uttagspunkterna är det viktigt att hålla ordning på vilken eller vilka brunnar som provtas särskilt om provtagningen ska upprepas för att erhålla en tidsserie. Det kan också vara av vikt att veta hur vattentäkten drivs vid provtagningstillfället. Vid många vattentäkter väljer man beroende på omständigheterna att tidvis ta ut mer vatten ur vissa brunnar än ur andra, vilket leder till skiftande grundvattenströmningsriktningar. Detta kan påverka vattenkvaliteten i en brunn. Det är också viktigt att man känner till om någon typ av infiltration pågår för att öka vattenmängderna (t.ex. bassänginfiltration) eller för att förbättra vattenkvaliteten (t.ex. luftning av vattnet och återinfiltration).

Provtagning för olika analyser

För att få rättvisande analysresultat behöver en del prov filtreras redan i fält, olika analyser kräver olika mängd vatten och olika flaskor behöver användas. Detta bör klargöras genom kontakt med laboratoriet i god tid innan provtagningen. Nedan följer en beskrivning av provbehandling och vilka flaskor som används vid SGUs övervakning.

Provtagning av vatten för analys av metaller

Prover som ska analyseras med avseende på metaller ska vara filtrerade innan de konserveras. Provtagningen ska utföras med plasthandskar på händerna.

Lösta metaller brukar definieras som den fraktion som passerar genom ett membranfilter med 0.40–0.45 µm pordiameter. Om vattnet vid syratillsättningen innehåller lerpartiklar kan metaller som är associerade till leran frigöras till vattenfasen, varvid analysen visar högre metallhalter än vad som finns löst i vattnet. Därför måste vattnet filtreras före syratillsatsen. För att förhindra adsorption av tungmetaller till de negativt ytladdade lerpartiklarna under transport och lagring bör filtreringen ske redan i fält. Kolloider, hydroxider och även små lerpartiklar kan dock tränga igenom. Det är därför bättre att benämna den analyserade fraktionen som mindre än 0,45 µm i stället för ”löst”.

Filtreringsutrustningen bör vara tillverkad av teflon[9], polyeten, polypropen, plexiglas eller polykarbonat för att tåla rengöring genom lakning i syra. Filtrering bör företrädesvis utföras i ett in-line-system, där vattnet filtreras direkt och utan atmosfärskontakt. Detta gäller i synnerhet anaeroba vatten. Risk finns annars att filtren sätts igen när järn oxideras. Det medför även att andra tungmetaller kvarhålls som medfällningar till järnhydroxiden.

För att minska risken för kontaminering av proverna rekommenderas att engångsmembranfilter av cellulosaacetat används. Filtret apteras direkt på sprutan eller på slangen i in-line-systemet. De första 10 ml vatten som passerar filtret kasseras. Vattnet filtreras sedan direkt ned i flaskan. Vid eventuellt filterbyte måste de första 10 ml som passerar det nya filtret också kasseras. När det inte är praktiskt att tillämpa in-line-system kan filtreringen göras med hjälp av plastsprutor som fylls direkt vid källor och tappkranar varefter filteranordningen ansluts till sprutan. Filtratet samlas direkt i provflaskan.

De syratvättade polyetenflaskorna som är avsedda för metallanalysprov förvaras i enskilda plastpåsar. Proverna för metallanalyser konserveras med 1 ml 65 % HNO_3 av suprapurkvalitet per 100 ml prov. Konserveringen bör göras under renast möjliga förhållanden. Det är därför lämpligt att provet konserveras direkt vid ankomst till laboratoriet istället för i fält. Om konserveringen utförs på laboratorium bör det göras i renrum. Den yttre plastpåsen avlägsnas utanför laboratoriets renrum. Syran tillsätts med tryckpipett med syratvättade polypropenspetsar.

[9] Teflon ska inte användas vid provtagning av PFAS-ämnen

Provtagning av vatten för analys av anjoner (inklusive alkalinitet), pH, närsalter och konduktivitet

Vatten som ska analyseras med avseende på anjoner, närsalter, alkalinitet, pH och konduktivitet kan i princip samlas upp i samma flaska. En polyetenflaska med tättslutande lock bör användas. Oftast tillhandahåller dock laboratoriet provtagningskärl. Det är viktigt att flaskan fylls till brädden och att inga luftbubblor blir inneslutna under locket. Provet ska förvaras kallt och mörkt under transport till laboratorium. Alkalinitet, de olika närsalterna och konduktivitet analyseras respektive mäts så snart som möjligt, dock senast inom 3 dygn.

Utveckling av provtagningsmetodiken och anpassning av förbehandlingar i fält och på laboratoriet till analysmetoder har lett till att en uppdelning av provet på tre flaskor används vid den nationella miljöövervakningen för dessa parametrar:

- 100 ml för analys av pH, konduktivitet och alkalinitet eller aciditet utan någon behandling vare sig i fält eller på laboratorium, men som fylls enligt ovan,
- 150 ml som fylls genom filtrering med 5 µm cellulosanitratfilter för analys av anjoner, TOC, ammonium och fosfat,
- 100 ml utan någon behandling i fält, men med tillsats av svavelsyra på laboratoriet för analys av totalfosfor, totalkväve, kiselsyra och nitrat + nitrit. Om provet innehåller minerogena partiklar kan detta förfarande ge för höga kiselvärden. I så fall bör vatten för kiselanalys filtreras innan tillsats av syra.

Provtagning av vatten för analys av bekämpningsmedel och andra organiska föroreningar

För provtagning med avseende på bekämpningsmedel och organiska ämnen lämnas information om krav på kärl, volymer m.m. av anlitat laboratorium. Ofta krävs relativt stora vattenmängder för dessa analyser. För ett flertal ämnen ska proven transporteras kylda (i kylväska) med kortast möjliga transporttid samt förvaras i mörker och kyla (+4 °C).

Provtagning av vatten för analys av mikrobiologiska parametrar

Generellt för dricksvatten gäller att vattnet ska provtas i sterila plastflaskor. Låt vattnet rinna tills det uppnått konstant temperatur (dock minst fem minuter). Temperaturen mäts i vattenstrålen. Fyll inte flaskan helt utan lämna skakmån. Vidrör aldrig flaskans mynning! Natriumtiosulfat brukar vara tillsatt i provflaskorna. Skölj inte ur det vita pulvret. För analys av Giardia, Cryptosporidium och virus krävs stora vattenmängder (ca 10 liter). Proven ska transporteras kylda (i kylväska). Transporttiden får inte överstiga 24 timmar.

Det är svårt att ta korrekta prov för mikrobiologisk analys ur ett observationsrör. Om slangar behöver användas, ska slangarna steriliseras före varje provtagning genom att man först spolar igenom dessa med natriumhypoklorit (som sedan neutraliseras med natriumtiosulfat) varefter de sköljs med sterilt vatten. Slangarnas yttre rengörs genom att de sprayas med etanol och torkas av. Provtagningsutrustningens sterilitet kontrolleras genom analys av steril buffert, som sugs genom utrustningen.

Fältbestämningar

Fältbestämningar av temperatur, pH, konduktivitet, syrehalt och redoxpotential görs i samband med vattenprovtagningen för att minimera förändringar mellan provtagning och analys. Dessa utförs bäst med flödescell som förhindrar kontakt mellan provet och atmosfären. Det finns idag

ett stort utbud av mätutrustning avsedd för fältbruk av varierande kvalitet och prisnivå. Vissa är mycket enkla att bära med sig och särskilda kalibreringsvätskor finns att köpa till.

Grundvattenkemiska variationer

Grundvattnets kemiska sammansättning varierar, såväl i rummet som i tiden. Olika analyser visar att rumsliga faktorer som olika vittringsbenägenhet i berggrund och jordartsmaterial, typ av grund- vattenförekomst samt djup under markytan har störst betydelse. I en och samma punkt varierar dock grundvattnets sammansättning med tiden beroende på växlingar i temperatur och nederbörd, föränd- ringar i nederbördens sammansättning, markanvändning m.m.

Inom- och mellanårsvariation

De tidsmässiga variationerna kan delas upp i mellanårs- och inomårsvariationer. Trender kan vara ett exempel på en typ av mellanårsvariation. Analyser av grundvattenkemiska tidsvariationer från 1980-talets början till och med 2005 visar att det förekommer statistiskt säkerställda trender. Ett sådant exempel är de sjunkande sulfathalterna under perioden, som beror på den minskade luftburna svaveldepositionen. Denna trend är relativt generell över hela landet, men minst accentuerad i norr där depositionen varit blygsam i förhållande till södra Sverige.

Totalt varierar de grundvattenkemiska konstituenterna i en och samma mätpunkt typiskt med variationskoefficienter (medelvärde/standardavvikelse) i storleksordningen 5–30 %. Högre variationskoefficienter förekommer dock också, särskilt för ytliga, jonsvaga vatten. I jämförelse med variationen i en enskild mätpunkt är variationen inom och mellan de olika regionerna betydligt högre.

För t.ex. alkalinitet, hårdhet och pH sjunker variationskoefficienten vanligen med stigande halter. Detta inträffar ofta med stigande ålder på grundvattnet, med ökande djup under markytan, med stigande vittringsbenägenhet i berg- och jordmaterial och med förekomst av slutna akviferer under leror och andra täta jordarter. För andra konstituenter är haltvariationernas djupberoende mindre eller saknas helt.

Exempel på klimatologiska faktorer som påverkar grundvattnets kemiska sammansättning är:

- snösmältning eller kraftig, långvarig nederbörd vilket leder till jonsvaga ytliga grundvatten, särskilt i grova, svårvittrade jordar,
- sjunkande grundvattennivåer i samband med långvarig torka vilket kan leda till oxidering av sulfider med stigande sulfathalter som följd samt sjunkande pH,
- stigande grundvattennivåer efter torkperioder vilket kan medföra att järn- och manganföreningar som är utfällda i markhorisonten går i lösning i grundvattnet.

Grundvattenkemiska rumsvariationer

Det är alltid syftet med en undersökning eller ett övervakningsprogram som avgör hur många prover som behövs per ytenhet av undersökningsobjektet län, avrinningsområde, akvifer, grundvattenförekomst, etc. Generellt är det så att ju homogenare ett undersökningsobjekt är desto färre prover behövs för att på ett tillfredsställande sätt beskriva grundvattenkvaliteten och bedöma ämnenas koncentrationer, t.ex. med ett medelvärde och spridningsmått kring detta.

Generella råd – planering av provtagning

Vid provtagning av grundvatten kan följande råd lämnas med hänsyn till årstidsmässiga variationer:

- För att översiktligt fånga upp inomårsvariationen i en och samma punkt kan prover tas dels efter snösmältningen när grundvattenmagasinen fyllts på (mars–juni), dels efter sommarens avsänkning under augusti–september.
- Tillfälliga svängningar i grundvattnets kvalitet i en mätpunkt beror ofta på att tillskottet av grundvatten från olika djup och av olika ålder varierar beroende på grundvattenströmning och nivå. Detta gäller t.ex. mindre källor.
- Undvik provtagning i omedelbar anslutning till snösmältning eller kraftig och långvarig nederbörd vid provpunkter där ”kortslutningar” kan uppkomma och ytligt vatten kan rinna direkt från markytan ner längs rör- eller brunnskanter till grundvattnet.
- Eftersom det oftast tar lång tid från att vattnet infiltrerar tills att det når grundvattenytan är det sällan meningsfullt att försöka anpassa grundvattenprovtagningen till t.ex. spridningstillfällen av bekämpningsmedel med uppmätta halter i grundvattnet.
- Man bör ta hänsyn till den rumsliga variationen vid provtagning. Det är ofta bättre att ta dubbelt så många enstaka analyser vid olika lokaler i det studerade typområdet än att ta två prover vid hälften så många lokaler. Man bör ta enstaka prover i slutet av sommaren eller i början på hösten.
- Det är svårt att ange någon exakt rekommendation för antal prover men man bör sträva efter att ha tillgång till minst 30 prover från olika punkter för varje geografisk region som ingår i undersökningsområdet för varje ingående typ av provtagningsplats.

Att använda arkiverade analyser

Ofta kan det vara aktuellt att använda äldre analysresultat. Av praktiska och ekonomiska skäl är det sällan möjligt att ta så många prov och låta analysera så många parametrar som egentligen skulle behövas för att få en komplett bild av de grundvattenkemiska förhållandena i det område man undersöker. Grundvattenkvaliteten förändras dock i regel långsamt vilket innebär att även äldre analyser ofta kan användas för att ge en bättre bild av dagens situation. När man undersöker om ett visst ämne har ökat eller minskat i grundvattnet är det naturligtvis nödvändigt att ha tillgång till äldre analyser.

För ämnen som förekommer i relativt höga halter (över 0,01 mg/l) kan vanligtvis analysernas tillförlitlighet generellt bedömas vara lika stor som dagens analyser. För ämnen som förekommer i lägre halter kan det finnas anledning att vara mer misstänksam mot äldre resultat. Värdet av en äldre analys är dock större om provtagning och analys har dokumenterats väl. Det är lämpligt att gå igenom punkterna i denna bilaga och försöka komma fram till om villkoren är uppfyllda för de äldre analyser man vill använda.

Vid planering och genomförande av provtagning och analys bör man se till att arbetet dokumenteras på ett fullgott sätt så att den kan användas även i andra sammanhang i framtiden.

BILAGA 4 - Kvalitetssäkring

En kvalitetssäkring av grundvattenprogrammet innebär att hela kedjan av insatser från den hydrogeologiska undersökningen via rörsättning, provtagning och provhantering utförs i enlighet med anvisningarna för de anvisade undersökningstyperna.

Den känsligaste länken i kedjan till analysresultat är provtagningen. Det är väsentligt att metodiken för provtagning och provbehandling följs, så att analysresultat både i tid och rum är jämförbara. Rena förbättringar kan göras för att undanröja variabiliteten i påverkan av t ex atmosfären, men förändringar som innebär analys av annan fraktion (förändring av porstorleken vid filtrering), utebliven konservering eller andra avsteg från given metodik får inte göras. Analyserna skall utföras av ackrediterade laboratorier. Huvudkonstituenternas tillförlitlighet kontrolleras genom jonbalansberäkning och kontroll mot konduktiviteten.

- Differensen mellan anjoner och katjoner bör vara <10 %. Om en större skillnad inte kan förklaras med t ex låg jonstyrka på vattnet bör analysen kontrolleras.
- Beräknad konduktivitet kontrolleras mot uppmätt konduktivitet. Skillnaden bör vara <15%. Differensen ökar oftast när pH är lågt (under 5) och konduktiviteten låg.

Övriga konstituenter kontrolleras genom rimlighetsbedömning.

Exempel på beräkning av jonbalans och jämförelse med olika joners specifika konduktivitet:

Jonbalansen beräknas på anjonerna sulfat, klorid, nitrat, och vätekarbonat. För katjoner används jonerna kalcium, magnesium, natrium och, kalium. Vid jonbalansberäkning används halterna omräknade till mekv/l.

Följande analysresultat erhålls (exempel):

Determinand		**Ekvivalentvikt** (mg/mekv)	**Omräknat till mekv/l**
pH	7,32		$1000 * 10^{-7,32}$
Konduktivitet	48,4 mS/m 25 °C		
Alkalinitet, HCO_3^-	284,9 mg/l	61	4,669 mekv/l
SO_4^{2-}	8,89 mg/l	48	0,185 mekv/l
Cl^-	6,38 mg/l	35,5	0,180 mekv/l
F^-	0,38 mg/l	19,0	0,02 mekv/l
Ca^{2+}	100,3 mg/l	20	5,005 mekv/l
Mg^{2+}	3,04 mg/l	12,15	0,250 mekv/l
Na^+	3,68 mg/l	23	0,160 mekv/l
K^+	0,70 mg/l	39,1	0,018 mekv/l
Ammoniumkväve	1 µg/l	14	0,000071 mekv/l
Nitratkväve	1 µg/l	14	0,000071 mekv/l

Jonbalansberäkning: $[SO_4] + [Cl] + [NO_3\text{-}N] + [HCO_3] - ([Ca] + [Mg] + [Na] + [K]) /$

$(([SO_4] + [Cl] + [NO_3\text{-}N] + [HCO_3] + [Ca] + [Mg] + [Na] + [K])/2)$

Numeriskt: $0{,}185+0{,}180+0{,}000071 +4{,}669 - (5{,}005+0{,}250+0{,}160+0{,}018) /$

$((0{,}185+0{,}180+0{,}000071 +4{,}669 + 5{,}005+0{,}250+0{,}160+0{,}018)/2) =$

$=$ **-7,6 %** **OK**

Beräkning av konduktivitet från den specifika konduktiviteten för de analyserade jonerna.

Summering av de olika jonernas bidrag till konduktiviteten ger ett ungefärligt värde på konduktiviteten som vanligtvis är högre än det uppmätta. Detta beror på att ingen hänsyn tas t till jonpar och andra komplex. Den beräknade konduktiviteten korrigeras därför.

Specifik konduktivitet; S: mS/m vid 25 °C

Jon	per mekv/l	per mg/l
Kalcium	5,95	0,297
Magnesium	5,30	0,436
Natrium	5,01	0,218
Kalium	7,35	0,188
Väte	34,97	
Ammoniumkväve (mg/l)	7,35	0,525
Alkalinitet	4,45	0,073
Sulfat	8,00	0,167
Klorid	7,63	0,215
Nitratkväve	7,14	0,510
Fluorid	5,54	0,292

Konduktivitet: $S[HCO_3] + S[SO_4] + S[Cl] + S[NO_3\text{-}N] +$

$+ S[Ca] + S[Mg] + S[Na] + S[K] + S[NH_4] + S[H] = K_{beräknad}$

Korrigerad konduktivitet: $K_{korr} = f*K_{beräknad}$;

Där $f = 0{,}98$ för $K_{beräknad} \leq 15$

$f = 0{,}95$ för $15 < K_{beräknad} \leq 30$

$f = 0{,}92$ för $K_{beräknad} > 30$

Differens: $K_{uppmätt} - K_{korr} /((K_{uppmätt} + K_{korr})/2)$

Numeriskt: $4,45*4,669 + 8,0*0,185 + 7,63*0,180 + 7,14*0,000071+$

$+ 5,95*5,005 + 5,3*0,250 + 5,01*0,160 + 7,35*0,018 + 7,35*0,000071 +$

$34,965*1000*10^{-7,32} = 55,81$

$K_{korr} = 0,92 * 55,81 = 51,34$

$48,4 – 51,34 / ((48,4 + 51,34)/2) =$ **-5,9 %** **OK**

BILAGA 5 – Exempel provtagningsfrekvens

Inom andra övervakningsprogram t ex den nationella *integrerade övervakningen av skogliga referensområden* accepteras enligt överenskommelse att beräknade årsmedelvärden ska som mest avvika med ±10% från det sanna medelvärdet på 95% konfidensnivå. Utifrån befintliga miljöövervakningsdata kan antalet prov för olika variabler och olika typer av grundvattenmagasin som behövs per år beräknas. I tabellen ges exempel för data från den nationella miljöövervakningen. Tabellen visar att kravet på högst 10% avvikelse från det sanna medelvärdet på 95 % konfidensnivå leder till att orimligt många prov behöver tas för ämnen som förekommer i låga koncentrationer. Detta gäller för vissa variabler även om ambitionsnivån sänks till krav på att högst 20% avvikelse från det sanna medelvärdet ska uppnås med konfidensnivån 90%.

Antal prov per år som i medeltal (median) krävs för att uppnå ett årsmedelvärde med en avvikelse från det sanna medelvärdet på högst 10% med 95%-ig konfidensnivå för olika parametrar vid en mätstation. Även 20% avvikelse med 90%-ig konfidensnivå anges som jämförelse.

	Isälvsavlagring – grus och sand			Morän		
Variabel	Antal mätserier	95_10	90_20	Antal mätserier	95_10	90_20
Al - Aluminium	80	63	11	176	150	26
Alkalinitet	92	7	1	209	31	5
As - arsenik	39	62	11	109	25	4
Ca - kalcium	92	5	1	213	20	4
Cd - kadmium	48	152	27	168	124	22
Cl - klorid	92	6	1	211	14	2
Co - kobolt	33	105	18	102	78	14
Cr - krom	42	212	37	150	84	15
Cu - koppar	42	153	27	160	162	28
F - fluorid	92	23	4	193	32	6
Fe - järn	92	332	58	209	330	58
K - kalium	92	8	1	212	19	3
Konduktivitet	94	4	1	211	10	2
Mg - magnesium	92	3	1	212	10	2
Mn - mangan	91	185	32	203	137	24
N-TOT	59	21	4	104	68	12
Na - natrium	92	3	1	212	7	1
NH_4 - ammonium	92	226	40	209	377	66
Ni - nickel	33	64	11	102	42	7
NO_2 - nitrit	64	364	64	130	199	35
NO_3 - nitrat	92	80	14	211	351	61
P-TOT	67	246	43	117	361	63
Pb - bly	48	116	20	168	145	25
pH_fält	79	0,5	0,1	186	0,6	0,1
PO_4 - fosfat	75	108	19	139	203	36
SiO_2 - kisel	79	6	1	190	14	2
SO_4 - sulfat	92	5	1	211	8	1
Temperatur	92	14	2	184	63	11
TOC	75	122	21	148	77	13
V- vanadin	22	28	5	86	39	7

Konfidensnivån av ett aritmetiskt medelvärde av normalfördelade värden är ett uttryck för hur ofta i procent ett sant medelvärde kan förväntas ligga inom ett givet intervall. Detta intervall kallas konfidensintervall. Som ett exempel betyder en 95%-ig konfidensnivå vid ett konfidensintervall på ± 10 %, att det observerade medelvärdet inte skiljer sig med mer än 10 procentenheter från det sanna medelvärdet i 95 fall av 100.

BILAGA 6 - SGU FS 2014:1, Bilaga 2

Redovisning

A. Attribut för varje övervakningsprogram

- Unik identitet
- Syfte med övervakningsprogrammet: kvantitativ, kontrollerande, operativ, skyddade områden
- Startdatum för provtagning och/eller nivåmätning, aktuellt eller planerat
- Antal grundvattenförekomster eller grupper av förekomster som omfattas av övervakningsprogram inom varje vattendistrikt
- Totalt antal övervakningsstationer som övervakas eller förväntas bli övervakade
- Totalt antal vattenskyddsområden för dricksvattenuttag där övervakningsstationer är belägna
- Frekvens för provtagning och/eller nivåmätning
- Förteckning över parametrar som övervakas eller förväntas bli övervakade
- Antal övervakningsstationer belägna i grundvattenförekomster eller grupper av förekomster som används för dricksvattenuttag
- Redovisning av övervakning av de grundvattenförekomster inom vilka grundvattnet sträcker sig utanför Sveriges gränser
- En översiktlig beskrivning av metoder och kriterier för både urval av övervakningsstationer och provtagningsfrekvens
- Uppskattning av övervakningsprogrammets tillförlitlighet

B. Attribut för varje provtagningsplats

- Unik identitet
- Typ av provtagningsplats: källa, övervakningsrör eller brunn, samt om stationen finns i jord eller berg
- Unik identitet på grundvattenförekomst eller grupp av förekomster som provtagningsplatsen är associerad med
- Övervakningssyfte: kvantitativ, kontrollerande, operativ, skyddade områden
- Provtagningsplatsens geografiska läge
- Totaldjup i förhållande till markytan (ej källor)
- Förteckning över parametrar som övervakas eller förväntas bli övervakade
- Mätmetod, analysmetod och mätosäkerhet
- Frekvens för provtagning och/eller nivåmätning
- Om grundvattenförekomsten eller gruppen av förekomster är sådan att grundvattnet sträcker sig utanför Sveriges gränser
- Ange om provtagningsplatsen ingår i ett internationellt nätverk

C. Sammanfattande text för respektive övervakningsprogram

- Kort sammanfattning av kriterier som har använts vid valet av övervakningsstationer
- Kort sammanfattning av de insamlings- och analysmetoder som ska användas vid övervakning samt hänvisning till relevanta nationella och internationella standarder
- Kort sammanfattning av speciallösningar som skiljer sig från ovan angivet vid övervakning av gränsöverskridande övervakning
- Kort sammanfattning av kriterier för bestämmande av provtagningsfrekvens
- Om övervakningsprogrammen omfattar övervakningsstationer som utgörs av flera provtagningsplatser ska en kort sammanfattning av omfattningen och hur provtagningsplatserna relaterar till varandra vid övervakningsstationen
- I de sammanfattande texterna ska referenser ges till källor med mer detaljerad information.

BILAGA 7 - fältprotokoll från SGU rapport 2016:03

Inventerings- och provtagningsprotokoll

För senaste version: www.sgu.se under Grundvatten – Miljöövervakning av grundvatten.

Bilaga 1 - Inventeringsprotokoll SGU - version - 2016-03-29

Provtagare _____

Datum/tid _____ kl _____

ProvplatsID _____

Provplatsnamn _____

Beteckning (rör) _____ _____

Koordinat (Sweref) N _____ E _____

Kommun - Fastighetsbeteckning _____

Adress _____

Foto nr _____

Provplats besökt i samband med _____

Vattenförekomst ID SE- _____

Jordart
- Isälvsmaterial ☐
- Sand ☐
- Morän ☐
- Lera ☐
- Myr ☐

Om täckande jordart
- Lera ☐
- Andra finsediment ☐
- Våtmark ☐

Berggrund
- Urberg ☐
- Sedimentärt berg ☐

Bedömning av jordart
- Säker ☐
- Ganska säker ☐
- Osäker ☐

Akvifertyp
- Jord ☐
- Berg ☐

Kommentar _____

Typ av punkt
- Källa ☐
- Grundvattenrör ☐
- Enskild brunn ☐
- Allmän vattentäkt ☐
- Annan ☐ Ange:

Väderlek - vid provtagning _____

Markanvändning/ påverkan

	Avstånd (m)	
Opåverkad	☐	☐
Betesmark	☐	☐
Åker	☐	☐
Skog	☐	☐
Trafikerad väg	☐	☐
Hygge	☐	☐
Avfallsupplag	☐	☐
Bebyggelse	☐	☐
Avlopp	☐	☐
Ytvatten	☐	☐
Annan:	☐	☐ Ange:

Brunn/grundvattenrör

Typ
- Brunn ☐
- Grundvattenrör ☐

Material
- Järn ☐
- Plast ☐
- Cement ☐
- Stensatt ☐
- Annat ☐ Ange:

Dimension _____ mm

Totaldjup från rök _____ m

Rök från mark _____ m

Grundvattennivå från rök _____ m

Om rök ojämn - mätt från: _____

Prov taget
- Vattenkran ☐
- Hämtare ☐
- Pump ☐

Brunnen används
- Ja ☐
- Nej ☐

Vattnet omsatt vid provtagning:
- God omsättning ☐
- Mindre bra omsättning ☐

Källa

Typ
- Punktkälla ☐
- Källhorisont ☐
- Källmyrsbildning ☐
- Utbyggd till vattentäkt ☐
- Dränerad via rör etc ☐
- Annan _____

Geometri
- Längd _____ m
- Bredd _____ m
- Djup _____ m
- Flödesriktning _____ °

Flöde uppskattat
- <0.5 l/s ☐
- 0.5-3 l/s ☐
- 3-10 l/s ☐
- 10-50 l/s ☐
- >50 l/s ☐

Flöde uppmätt _____ l/s

Mätmetod
- Uppskattning ☐
- Hink ☐
- Flottör ☐
- Flygel ☐
- Annan _____

Utfällning
- Järn ☐
- Mangan ☐
- Svavel ☐
- Annat ☐ Ange:

Fältanalys

		Enhet
Temperatur		
pH		
Konduktivitet		
Syre		
Alkalinitet		
Totalhårdhet		
Klorid		

Annan fältanalys

1.		
2.		
3.		

Vattenprov inlämnat

Filter:

1. ID/märkn: Lab:
Analys av: Flasktyp: ☐

2. ID/märkn: Lab:
Analys av: Flasktyp: ☐

3. ID/märkn: Lab:
Analys av: Flasktyp: ☐

4. ID/märkn: Lab:
Analys av: Flasktyp: ☐

5. ID/märkn: Lab:
Analys av: Flasktyp: ☐

6. ID/märkn: Lab:
Analys av: Flasktyp: ☐

Kommentar/anmärkning vattenprov _____