

Parametere for beskrivelse av råvannskvalitet - grunnvann

Mattilsynet ga den 05.07.2021 Folkehelseinstituttet (FHI) i oppdrag å vurdere hvilke parametere som er best egnet til å beskrive råvannskvalitet for grunnvannskilder, og hvilke nivåer som bør settes for disse.

Oppdraget bygger videre på et tilsvarende oppdrag som ble gitt fra Mattilsynet høsten 2020 om vurdering av egenhetskriterier for råvannskvalitet for overflatevannkilder. Årets oppdrag er utformet over samme lest som oppdraget i fjor, både med tanke på fremgangsmåte og oppsett av anbefalte parametere for egenhetsvurderinger.

Parametere er valgt ut for å kunne være et verktøy til å sammenlikne forskjellige vannforekomsters egenhet som drikkevannskilde, og for å varsle om råvannskvalitet som krever vannbehandling dersom den skal være egnet for drikkevannsformål. Det er nødvendig med god fagkunnskap for å vurdere behovet for, og argumentere for nytten av, ulike beskyttelsestiltak samt behovet for hygieniske barrierer i vannbehandlingen. Egnethetsvurderinger bør gjøres i samarbeid med fagfolk som kjenner vannforekomstene, samt fagfolk med kompetanse innen geologi, hydrogeologi og berggrunnskjemi. Videre legger risikobasert tilnærming og farekartlegging for hele vannforsyningssystemet grunnlag for å sikre en trygg drikkevannsforsyning.

Notatet er avgrenset til å omhandle grunnvannskilder. Vurderinger av overflatevann og saltvann sin egnethet som kilde for drikkevann inngår ikke i denne beskrivelsen. Vurderinger om kildens kapasitet til drikkevannsformål inngår ikke i notatet, og må vurderes separat.

Kunnskapsgrunnlaget for utvalget av parametere, og foreslåtte verdier, er hentet fra eksisterende veiledere i WHO og EU, annen faglitteratur og forskning. Referansene for vår argumentasjon er gitt i Tabell 2, under. For enkelte av parameterne er det svært vanskelig å fastslå en tallfestet grense som, hvis den overstiges, vil klassifisere grunnvannskilden som uegnet som råvannkilde for drikkevann. Vi presenterer gjerne dette notatet og våre vurderinger for Mattilsynet ved anledning.

Helserisiko legger grunnlaget for utvalget av parametere

Vårt utgangspunkt er at vannkvalitetsparametere som, direkte eller indirekte, i dag eller i fremtiden, kan utgjøre en helserisiko for drikkevannet, bør inngå i en vurdering av egenhet. Parameterne er foreslått fordi de er av helsemessig betydning i vannforsyningen, samtidig som de fleste inngår i vannverkenes prøvetakingsprogram beskrevet i drikkevannsforskriften. **Parameterne og grenseverdiene er spesielt relevante for utvelgelse av nye grunnvannskilder, men kan også brukes for å vurdere behov for vannbehandling og farekartlegging ved eksisterende kilder.**

De foreslåtte parameterne er i tråd med nasjonale mål om minst mulig behov for vannbehandling. Målsetningen er å redusere behovet for kompleks behandling som kan være kostbar og innebære kompliserte prosesser. I tillegg vil økt kompleksitet og antallet elementer i vannbehandlingen kunne øke vannproduksjonens sårbarhet ved teknisk svikt, som kan medføre en redusert vannkvalitet.

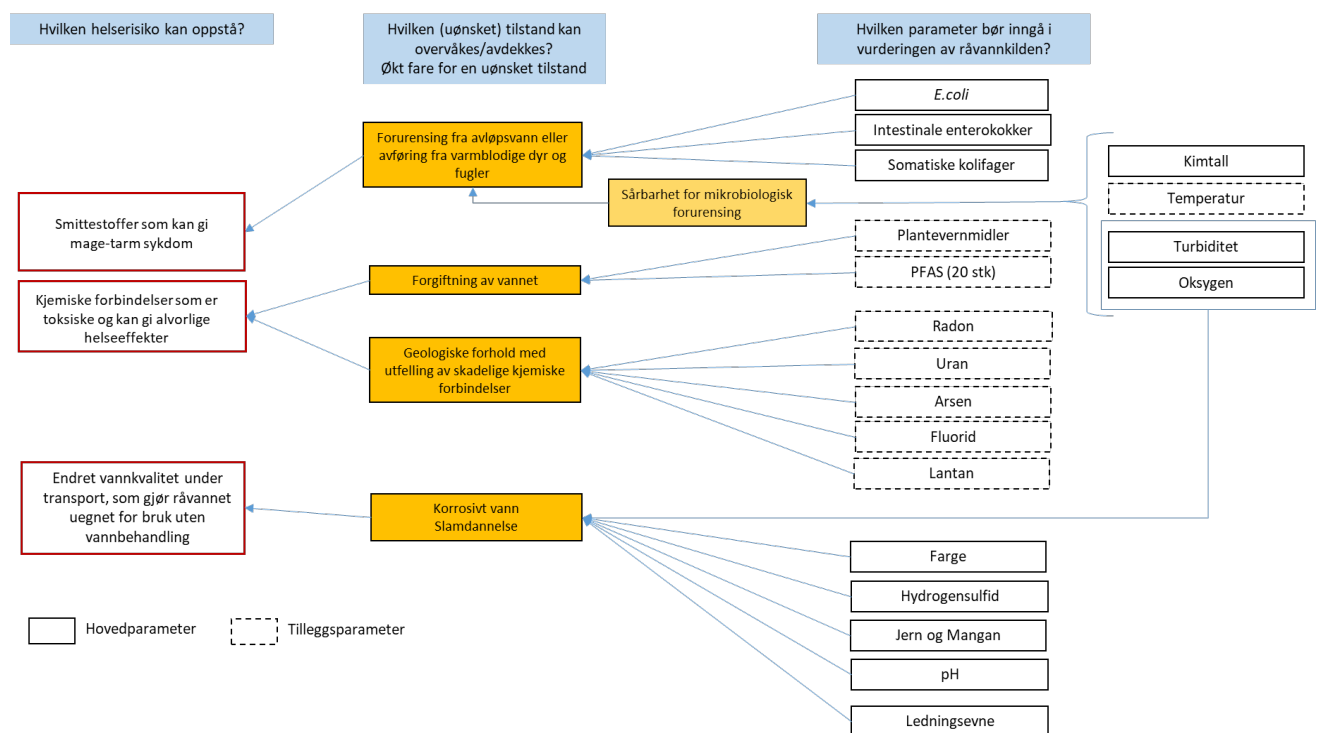
Dersom grunnvannskilden er godt beskyttet, åpner drikkevannsforskriften for muligheten å levere drikkevannet fra grunnvannskilder uten desinfeksjon. Omtrent halvparten av grunnvannsverk i Norge benytter seg av denne muligheten (VREG 2020) og det stilles derfor strengere krav til mikrobiologisk vannkvalitet for grunnvann enn ved overflatevann. Vår anbefaling er at større vannforsyningssystemer med grunnvannsbrønn(er) bør vurdere desinfeksjon i vannbehandlingen, som et risikoreduserende tiltak. Anbefalingen legges ikke til grunn for arbeidet i denne vurderingen

av parametere og grenseverdier for råvannets egnethet, men dersom dette blir et fremtidig krav vil det endre grenseverdiene for de mikrobiologiske parametere.

Parametere som tas med deles inn i tre hovedkategorier, hvor grenser for egenhet er foreslått i avsnitt under:

1. Mikrobiologiske parametere som kan gi helserisiko
2. Kjemiske stoffer/forurensing som kan gi helserisiko
3. Forhold som kan forringe vannkvaliteten under transport til abonnentene

Parameterne som er inkludert er alle av betydning for disse forholdene. Figur 1 illustrerer parameterens innvirkning og sammenheng med hensyn på økt helserisiko, og er lagt til grunn for utvalget av parametere. Tabell 2 oppsummerer vår argumentasjon for hvorfor de ulike parametere er inkludert og hvilke nivåer som bør settes for å klassifisere egenhet av en råvannskilde, og bør sees i sammenheng med figuren.



Figur 1. Illustrasjon av sammenheng mellom forhold i vannforekomsten som kan gi økt helserisiko og hvilke parametere som virker inn.

Grunnvann som råvannskilde

Omtrent 10% av alt produsert drikkevann i Norge kommer fra grunnvannskilder (VREG 2019). I 2019 var det innrapportert 1 110 inntakspunkt for hovedkilder som er grunnvannsforekomster. Dette inkluderer brønner i løsmasser eller fjell, samt kildeutspring. Til sammenlikning ble det innrapportert 832 inntakspunkt for hovedkilder som har overflatevann som vannkildetype.

Geologiske og hydrogeologiske undersøkelser er nødvendig når nye grunnvannskilder skal etableres, og særlig for å vurdere tilstrekkelige hygieniske barrierer. Drikkevannskilder bør velges hvor naturgitte forhold beskytter godt mot forurensing. Grunnvannsbrønner skal være godt beskyttet og være fri for mikrobiologisk forurensing. For vurderinger av oppholdstid, inaktivering/tilbakeholdelse

av mikroorganismer i grunnen og andre relevante vurderinger av brønnens plassering for å sikre god naturlig beskyttelse henviser vi til andre relevante kilder. Eksempler kan være:

- Gaut, S. (2008) *Verktøy for vurdering av vannkilden som hygienisk barrierer. Grunnvann i fjell*. Rapport 2008.060. Sted: Trondheim, NGU. Tilgjengelig fra: https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2008/2008_060.pdf (Hentet november 2021)
- WHO (2006). *Protecting Groundwater for Health*. Geneva, World Health Organization. Tilgjengelig fra: <https://www.who.int/publications/i/item/9241546689> (Hentet november 2021)
- NGUs GiN-veiledere, nr. 1 – nr. 12, særlig: NGU (1991). Grunnvannskvalitet: Problemer og tiltak. GiN-veileder nr.:12. Sted: Trondheim, NGU. Tilgjengelig fra: https://openarchive.ngu.no/ngu-xmlui/bitstream/handle/11250/2674371/GiN-veileder_nr12.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Hentet november 2021)

Ingen grunnvannskilde er lik

Grunnvannets sammensetning påvirkes av grunnens mikrobiologiske renseprosesser og dens geokjemiske egenskaper. Forhold som kan forringe vannkvaliteten kan ha ulikt opphav, og det er flere forhold som spiller inn på mikrobiologiske parametere og grunnvannskjemi. Gode geologiske og hydrogeologiske vurderinger legger grunnlaget for farekartleggingen og videre overvåking av grunnvannskildens vannkvalitet.

Utfelling av kjemiske forbindelser er en kompleks prosess, og kan ikke vurderes ut ifra berggrunnens geokjemiske sammensetning alene. Studier viser at det ofte ikke er en klar sammenheng mellom grunnvannets kjemiske sammensetning og mineralsammensetning i berggrunnen (Dagestad, A. (NGU), personlig meddelelse). Selv om «moderbergarten» ikke alltid reflekterer mineralogisk sammensetning på sprekkeflater der grunnvannet strømmer, er kunnskap om de geologiske forholdene nødvendig i forståelse av hva som påvirker grunnvannskildens vannkvalitet.

I Tabell 2 refereres resultater fra studier om vannkvalitet fra grunnvannsbrønner brukt til drikkevann i Norge. Vi har i tillegg lagt enkelte geokjemiske kart fra Norges Geologiske Undersøkelser bok «Geokjemisk atlas for Norge. Del 1: Kjemisk sammensetning av flomsedimenter» som vedlegg. Kartene gir informasjon og datagrunnlag til vannverkens risikokartlegginger. I tillegg viser studiene og vedleggene at det eksisterer mye informasjon om norsk berggrunnsgeologi. De nasjonale kartene og studiene fanger ikke opp lokale variasjoner som kan forekomme, og må brukes med varsomhet av det enkelte vannforsyningsystem. Dersom én brønn har høye verdier, er det ikke nødvendigvis slik i nabobrønnen.

Mikrobiologisk forurensing og tilsig av giftige stoffer (som plantevernmidler) vil kunne forhindres gjennom forebygging i området for infiltrasjon i grunnen og i forvaltningen av vannkilden. I tabell 2 viser vi også til VREG-datasett for VREG i 2019 for hvor dette er relevant.

Prøvetaking over tid og gjennom alle årstider

Overvåking av brønnen over tid og gjennom alle årstidsvariasjoner er viktig for å kunne avgjøre grunnvannets kvalitet, og dermed egnethet som råvannskilde for drikkevann.

Forslag til parametere for vurdering av råvannskvalitet med grenseverdier

Råvann med lufting som eneste vannbehandlingstrinn er lagt til grunn for klasseinndelingen. Forhold i råvannkilden som vil kreve vannbehandling (inkludert desinfeksjon), eller utvidete forebyggende tiltak i nedbørsfeltet for å sikre god vannkvalitet, vil medføre at vannkilden vil havne i kvalitetsklasse «ikke egnet».

Bakgrunnen for kategoriseringen er at Drikkevannsforskriften åpner for muligheten å levere drikkevannet fra grunnvannskilder uten desinfeksjon. Omtrent halvparten av grunnvannsverk i Norge benytter seg av denne muligheten og det stilles derfor strengere krav til mikrobiologisk vannkvalitet for grunnvann enn ved overflatevann.

Evaluering av råvannkildens egenhet som drikkevann er en helhetlig vurdering av alle relevante parametere i tabellen. Vårt forslag benytter tre kategorier, men for de fleste parameterne er det vanskelig å dokumentere klare tallfestede grenseverdier og to av kategoriene blir benyttet. Utfallet av vurderingen vil sjelden avgjøres av en parameter alene, her må det utvises faglig skjønn.

Kategoriene er definert slik:

- **Egnet** = vannet kan brukes til drikkevannsformål uten vannbehandling (lufting inngår)
- **Mindre egnet** = vannet ligger innenfor verdiene til drikkevannsforskriften, men verdiene krever tettere oppfølging og tiltak
- **Ikke egnet** = vannet overskrider helsebaserte grenseverdier, brønnen har en utsatt plassering og/eller har manglende naturlig beskyttelse, vannkvaliteten gir drifts-/bruksmessige utfordringer som gjør vannet uegnet uten vannbehandling

For fluorid og jern kan også kategorien svært godt egnet brukes, dette er nærmere omtalt for parameterne det gjelder i tabell 2 under.

Tabell 1 er et verktøy for å sammenlikne forskjellige vannforekomsters egenhet som drikkevannskilde, og et grunnlag for å vurdere beskyttelsestiltak.

Tabell 2 inneholder mer utfyllende beskrivelse av parametere, argumentasjon for hvorfor parameteren er tatt med, samt grunnlag for de foreslåtte nivåene.

Vedlegg 1 inneholder skannede nasjonale geokjemiske kart for arsen, jern, mangan, lantan og pH, ment som informasjon og videre datagrunnlag for farekartlegging.

Tabell 1 Forslag til parametere for vurdering av råvannskvalitet med grenseverdier for egenhet, med lufting som eneste vannbehandlingstrinn

Parameter	Hoved- eller tilleggsparemeter	Enhet	Egnet	Mindre Egnet	Ikke egnet
<i>E.coli</i>	Hovedparameter	cfu/100ml	0 ^{100*} (Ikke påvist)	-	Påvist
Intestinale enterokokker	Hovedparameter	cfu/100ml	0 ^{100*} (Ikke påvist)	-	Påvist
Somatiske kolifager	Hovedparameter	pfu/100ml	0 ^{100*} (Ikke påvist)	> 0 / ≤ 50	>50
Kimtall	Hovedparameter	cfu/100 ml	≤ 100	>100	-
Plantevernmidler, enkeltvis	Tilleggsparameter	µg/l	≤ 0,1	-	> 0,1
Plantevernmidler, totalt	Tilleggsparameter	µg/l	≤ 0,5	-	> 0,5
PFAS **	Tilleggsparameter	µg/l	≤ 0,1	-	> 0,1
Radon	Tilleggsparameter	Bequerel/l	≤ 100	-	>100
Uran	Tilleggsparameter	µg/l	≤ 30	-	>30
Arsen	Tilleggsparameter	µg/l	≤ 10	-	>10
Fluorid	Tilleggsparameter	mg/l	<1,5	1,5-3	>3
Lantan	Tilleggsparameter	µg/l	≤ 2	-	>2
Oksygen	Hovedparameter	%	>70	≤70	-
Hydrogensulfid	Hovedparameter	mg/l	≤ 0,05	> 0,05/ ≤ 2	>2
Farge	Hovedparameter	mg/l Pt	≤ 20	-	> 20
Turbiditet	Hovedparameter	NTU	< 0,2	≥ 0,2 - ≤1	>1
pH	Hovedparameter		6,5-9,5	-	<6,5 / >9,5
Jern	Hovedparameter	µg/l	< 200	-	≥ 200
Mangan	Hovedparameter	µg/l	< 50	-	≥ 50
Temperatur	Tilleggsparameter	°C	<10	-	-
Ledningsevne	Tilleggsparameter	mS/m ved 20°C	≤ 250	-	-

* Ingen av prøvene (100%) skal påvise *E.coli* eller intestinale enterokokker

** Summen av 20 PFAS angitt i ny Drikkevannsforskrift ikke skal overskride 0,1 µg/l

Begrunnelse for valg av parametere

Tabell 2 inneholder beskrivelse av hoved- og eller tilleggsparemetere som inngår i vårt forslag til vurdering råvannskvalitet, vår argumentasjon for hvorfor parameteren er tatt med, og grunnlag for klassifiseringsgrensene.

Tabell 2 *Bekrivelse av hoved- og tilleggsparemetere og begrunnelse for grenseverdier*

Parameter	Beskrivelse av parameter og grenseverdier
<i>E. coli</i> [Hovedparameter]	<p>Argumentasjon</p> <p>Funn av <i>E. coli</i> er et tegn på fersk fekal forurensing fra mennesker eller varmblodige dyr. Funnet er dermed et tegn på at sykdomsfremkallende bakterier kan forekomme i vannet. <i>E. coli</i> finnes i naturen (men kan ikke vokse der), i avføring fra dyr samt i diffus avrenning fra avløp, og overflatevann vil derfor nesten alltid inneholde lave konsentrasjoner av bakterien. Større mengder av denne bakterien har årsak i utslipp og avrenning fra bebyggelse, jordbruk og industri eller større ansamlinger av dyr, inkludert fugl.</p> <p><i>E. coli</i> inngår som råvannsparemeter i Drikkevannsforskriften, for alle vannverk som minst produserer 10 m³/døgn.</p> <p>Referanser:</p> <ol style="list-style-type: none">1. WHO 2001, Water quality: Guidelines Standards and Health. Chapter 13, Indicators of microbial water quality, Nicholas J. Ashbolt, Willie O. K. Grabow and Mario Snozzi. Published by IWA Publishing, London, UK. ISBN 1 900222 28 02. Escherichia coli in Drinking Water, Guideline Technical for Public Consultation, Published 14.6.2019, Health Canada3. Store medisinske Leksikon, <i>E. coli</i>4. <i>Escherichia coli</i>: the best biological drinking water indicator for public health protection, Edberg, S.C., Rice, E.W., Karlin, R.J., and Allen, M.J. Journal of Applied Microbiology 2000, 88, 116S.
	<p>Grunnlag vurdering av grenseverdier:</p> <p><i>E.coli</i> skal ikke påvises i grunnvannskilder. Drikkevannskilder bør velges hvor naturgitte forhold beskytter godt mot forurensing. Grunnvannsbrønner skal være godt beskyttet og være fri for mikrobiologisk forurensing.</p> <ul style="list-style-type: none">• WHO, EU, EPA og Australia National Health and Medical Research Council har alle satt en MAC på 0/100 ml på ferdig rensed drikkevann• WHO Guidelines for Drinking-water Quality, oppgir ved ulike hendelser, hvor viktig det er å ta prøver av ubehandlet vann, men oppgir ikke noe om akseptable verdier.• Svensk Vatten. Råvattenkontroll –Krav på råvattenkvalitet (2008): <i>E. coli</i> skal ikke påvises i grunnvann

<p>Intestinale Enterokokker</p> <p>[Hovedparameter]</p>	<p>Argumentasjon</p> <p>Funn av intestinale enterokokker er tegn på fersk fekal forurensing fra mennesker eller dyr. Funn av intestinale enterokokker innebærer økt risiko for smittestoffer i vannet. Det foreligger dokumentasjon på at noen arter forekommer hyppigere i avføring fra mennesker mens andre forekommer hyppigere i avføring fra dyr (4-6). De er verdifulle som indikatorbakterier fordi de overlever lengre enn <i>E. coli</i> i vann, og kan dermed gi et større vindu for å fange opp mulige utslipp i råvannskilden.</p> <p>Intestinale enterokokker inngår som råvannsparemeter i Drikkevannsforskriften, for alle vannverk som minst produserer 10 m³/døgn.</p> <p>Referanser:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. WHO 2001, Water quality: Guidelines Standards and Health. Chapter 13, Indicators of microbial water quality, Nicholas J. Ashbolt, Willie O. K. Grabow and Mario Snozzi. Published by IWA Publishing, London, UK. ISBN 1 900222 28 2. Alexandria B. Boehm and Lauren M. Sassoubre. Boehm AB, Sassoubre LM. Enterococci as Indicators of Environmental Fecal Contamination. 2014 Feb 5. In: Gilmore MS, Clewell DB, Ike Y, et al., editors. Enterococci: From Commensals to Leading Causes of Drug Resistant Infection [Internet]. Boston: Massachusetts Eye and Ear Infirmary; 2014-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK190421/ 3. United States Environmental Protection Agency (EPA) Indicators: Enterococci https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-enterococci 4. Leclerc, H., Devriese, L.A. and Mossel, D.A.A. (1996). Taxonomical changes in intestinal (faecal) enterococci and streptococci: Consequences on their use as indicators of faecal contamination in drinking water. J. Appl. Bacteriol., 81(5): 459–466. 5. Leclerc, H., Mossel, D.A.A., Edberg, S.C., Struijk, C.B. (2001). Advances in the bacteriology of the coliform group: Their suitability as markers of microbial water safety. Ann. Rev. Microbiol., (55):201-234. 6. Ervin, J.S., Russell, T.L., Layton, B.A., Yamahara, K.M., Wang, D., Sassoubre, L.M., Cao, Y., Kelty, C.A., Sivaganesan, M., Boehm, A.B., Holden, P.A., Weisberg, S.B. and Shanks, O.C. (2013). Characterization of fecal concentrations in human and other animal sources by physical, culture-based, and quantitative real-time PCR methods. Water Res., 47 (18): 6873–6882. <p>Grunnlag vurdering av grenseverdier:</p> <p>Intestinale enterokokker skal ikke påvises i grunnvannskilder. Drikkevannskilder bør velges hvor naturgitte forhold beskytter godt mot forurensing. Grunnvannsbrønner skal være godt beskyttet og være fri for mikrobiologisk forurensing.</p> <ul style="list-style-type: none"> • WHO: Intestinale enterokokker skal ikke forekomme i (behandlet) drikkevann • Svensk Vatten, Råvattenkontroll – Krav på råvattenkvalitet: Skal ikke påvises i grunnvann
<p>Somatiske kolifager</p> <p>[Hovedparameter]</p>	<p>Argumentasjon</p> <p>Somatiske kolifager er tatt med fordi de ansees som en bedre indikator for fekal virusforurensing enn <i>E.coli</i>. Kolifager deler mange egenskaper med humane virus, og er derfor nyttige for å vurdere tilstedeværelse av enteriske virus i vannmiljøet, samt effekten av hygieniske barrierer (både naturlige og behandlings- og desinfiseringsprosesser).</p>

	<p>Somatisk kolifager inngår som parameter i forslag til revidert Drikkevannsforskrift og EUs Drikkevannsdirektiv. I forslag til revidert Drikkevannsforskrift står det at: «somatiske kolifager er obligatorisk å analysere for i drikkevannet dersom råvannsanalysene viser at det er mer enn 50 PFU/ 100 ml råvann. Somatiske kolifager skal da analyseres i drikkevannet for å beregne hvilken barriereeffektivitet (log-fjerning) vannbehandlingen har for patogene virus.»</p> <p>Vi har ikke klart å finne litteratur som dokumenterer grensen for 50 PFU/ 100 ml, men har lagt oss på linjen i forslag til revidert Drikkevannsforskrift. Ettersom denne parameteren tas med i Drikkevannsforskriften er det naturlig at den inkluderes i denne klassifiseringen.</p> <p>Vi vet ikke noe hva som er «normalt» før parameteren er innført, og har derfor ikke datagrunnlag som kan si hva vi finner i norske brønner. Prøver fra Glomma rapporterer maksantall på 40 PFU/100ml (personlig meddelelse M. Myrme). Etter hvert som vi i Norge får data om parameteren bør grensen justeres, slik at vi får nasjonale anbefalinger som gjenspeiler reelle forhold. Dersom det påvises somatiske kolifager har råvannskilden en fekal forurensing, og dermed har man en svikt i de naturlige barrierer. For grunnvannsverk uten desinfeksjon vil dette være uakseptabelt og kreve tiltak.</p> <p>For at parameterens grenseverdi skal samsvare med argumentasjon for grenseverdier for <i>E.coli</i> og intestinale enterokokker, har vi satt grensen for «egnet» som ikke påvist, og «mindre egnet» som under 50 PFU/100 ml. Vi har sett etter sammenliknbare land hvor somatiske kolifager allerede inngår i standard prøvetakingsprogram, og funnet at nederlandske grunnvannsbrønner må hvert kvartal dokumentere at disse ikke er påvist.</p> <p>Referanser:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. WHO 2017. <i>Drinking Water Parameter Cooperation Project - Support to the revision of Annex I Council Directive 98/83/EC on the Quality of Water Intended for Human Consumption</i>. Bonn, Tyskland.
<p>Kimtall</p>	<p>Argumentasjon:</p> <p>Vedvarende høyt kimtall viser at det er lett tilgjengelig organisk materiale til stede i vannet. Høyt kimtall kan indikere at den naturlige beskyttelsen er dårlig, og borebrønnen kan være sårbar for mikrobiologisk forurensing.</p> <p>Kimtall er en enkel analyse å utføre, og er en viktig parameter for å følge med på endringer og variasjoner i brønnens vannkvalitet som kan være av helsemessig betydning. En plutselig endring i kimtallet bør alltid følges opp, og kan potensielt være mer kritisk enn en generell forekomst av lave men stabile verdier.</p> <p>Referanser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • FHI (2020). <i>Hva forteller mikrobiologiske drikkevannsanalyser?</i> Tilgjengelig fra: https://www.fhi.no/ml/drikkevann/nasjonal-vannvakt/Hva-forteller-mikrobiologiske-drikkevannsanalyser/ (Hentet november 21) • WHO. (2002) <i>Heterotrophic Plate Count Measurement in Drinking Water Safety Management</i>. Geneve: WHO. Tilgjengelig fra: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/WSH02.10.pdf (hentet november 2021)

	<ul style="list-style-type: none"> Robertson, W. og Brooks T. (2003) <i>The role of HPC in managing the treatment and distribution of drinking-water</i>. Geneve: WHO. Tilgjengelig fra: https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/guidelines/HPC12.pdf (hentet november 2021)
Plantevernmidler	<p>Argumentasjon:</p> <p>Med plantevernmidler menes organiske insektmidler, organiske ugressmidler, organiske soppmidler, organiske nematodemidler, organiske middmidler, organiske algemidler, organisk rottegift, organiske slimmidler, liknende produkter (bl.a. vekstregulatorer) og deres relevante metabolitter og nedbrytnings- og reaksjonsprodukter (1). Enkelte plantevernmidler er akutt giftige. Ved bruk av plantevernmidler må det tas hensyn til de enkelte midlers helseskadelighet, bioakkumulering, nedbrytnings-hastighet, nedbrytningsproduktenes egenskaper, mobilitet/binding i jorden og klima på stedet (1).</p> <p>FHIs rapport fra 2014 konkluderer at det ikke er grunn til å forvente at inntak av plantevernmiddelrester i de konsentrasjoner som er funnet i grunnvann og drikkevann vil kunne gi helseskade (2).</p> <p>JOVA-programmet overvåker plantevernmidler i monitoreringsbrønner i jordbruksdominerte nedbørfelt. JOVA-programmer monitorer områder med høy belastning av plantevernmidler, og utvalget representerer ikke brønner for uttak til drikkevann. I 2020, konkluderer programmet med at: 1) enkelte lokaliteter har mellom 15 og 20 plantevernmidler i en prøve. Ugrasmidler har dominert, men økning av soppmidler og nedbrytningsprodukter av lavdosemidler. Enkelte midler kan ha effekt på vannlevende organismer, og 2) funn i overflatevann i JOVA programmet vurdert til «kan ha negative effekter i vannmiljø» (3). Funnene er lave og det konkluderes ikke med at disse er av helsemessig betydning for mennesker.</p> <p>Selv om plantevernmidler i drikkevann i Norge ikke representerer noe stort helseproblem, er det nødvendig å være oppmerksom på at enkeltbrønner i tilknytning til jordbruksarealer kan være påvirket av sprøytemidler som brukes på disse arealene, mest sannsynlig på grunn av dårlig avskjerming av brønnen med tanke på forurensning fra overflatevann som trenger ned i nærheten av brønnen (1).</p> <p>Men, det er begrenset kunnskap om hvilke metabolitter som kan gjenfinnes i vannprøvene som blir analysert. Fortsatt er relativt få metabolitter med i søkespektret til det norske overvåkingsprogrammet. Økt nedbør som følge av klimaendringer vil i framtiden kunne forsterke utfordringene med å sikre drikkevannskilder mot tilsig. Slike forhold vil kunne nødvendiggjøre en tettere overvåking av utsatte drikkevannskilder.</p> <p>P.t. er det få registreringer i VREG, og dette forhindrer at vi kan følge med på trender/utvikling. I VREG-datasettet fra 2019 er kun 2 grunnvannskilder som har prøver for plantevernmidler, og det kan være grunnlag for å følge opp at grunnvannskilder tar de foreskrevne prøvene.</p> <p>Referanser:</p> <ol style="list-style-type: none"> FHI (2021). Kjemiske og fysiske stoffer i drikkevann. Tilgjengelig fra: https://www.fhi.no/nettpub/stoffer-i-drikkevann/kjemiske-og-fysiske-stoffer-i-drikkevann/ (Hentet november 2021) Lindemann, B. et al. 2014. Inntak av plantevernmidler gjennom drikkevann vurdert i forhold til vedtatte grenseverdier - Rapport til prosjektet «Kartlegging av helseskader fra plantevernmidler – 2014». Folkehelseinstituttet Eklo, O.M. og Roseth R. 2020. <i>Plantevernmidler i drikkevann i jordbruksområder</i>. Presentasjon på Vitenskapsakademiet.

	<p>Grunnlag vurdering av grenseverdier: Drikkevannsforskriftens grenseverdier beholdes</p>
<p>PFAS <u>[Tilleggsparameter]</u></p>	<p>Argumentasjon Betydelige nivåer av PFAS vil gjøre grunnvannskilden uegnet til drikkevannsføremål. PFAS er komplisert og kostbart å fjerne i vannbehandlingen. Prøvetaking for PFAS må følge nasjonale og internasjonale standarder.</p> <p>Dersom en grunnvannskilde skal vurderes som råvannskilde til drikkevann bør det gjøres en kartlegging av PFAS i råvannet. Kartleggingen er spesielt viktig og bør være grundig dersom det har vært historisk eller nåværende industriell aktivitet.</p> <p>Flere forhold spiller inn på betydningen av PFAS i en grunnvannskilde (oppholdstid, strømningsforhold i grunnen, type PFAS), og krever at kartleggingen utføres med tilstrekkelig miljøfaglig kompetanse. Dersom en råvannskilde allerede er i bruk, er det produsert drikkevann som er mest interessant å måle på.</p> <p>Referanser:</p> <ul style="list-style-type: none"> Line S. Haug og Helle Knutsen, FHI (personlig kommunikasjon)
	<p>Grunnlag vurdering av grenseverdier: I dagens Drikkevannsforskrift er ikke PFAS med blant parameterne det er satt grenseverdier for, men Drikkevannsforskriftens §6 krever generell farekartlegging og farehåndtering. Vi anbefaler at de 20 PFASene som er foreslått i revidert Drikkevannsforskrift, inngår som en tilleggsparameter for råvannskilder hvor nedbørsfeltet er, eller har vært, under påvirkning av kilder av PFAS. I dette inngår industri, flyplass og brannøvingfelt.</p> <ul style="list-style-type: none"> I EUs drikkevannsdirektiv foreslås det at PFAS total ikke skal overstige 500 ng/L, men dette gjelder ikke før analysemetoder er klare. Forslag i revidert Drikkevannsforskrift er at disse 20 PFAS ikke skal overskride 0,1 µg/l: Summen av perfluorbutansyre (PFBA), perfluorpentansyre (PFPA), perfluorheksansyre (PFHxA), perfluorheptansyre (PFHpA), perfluoroktansyre (PFOA), perfluornonansyre (PFNA), perfluordekansyre (PFDA), perfluorundekansyre (PFUnDA), perfluordodekansyre (PFDoDA), perfluortridekansyre (PFTrDA), perfluorbutansulfonsyre (PFBS), perfluorpentansulfonsyre (PFPS), perfluorheksansulfonsyre (PFHxS), perfluorheptansulfonsyre (PFHpS), perfluoroktansulfonsyre (PFOS), perfluornonansulfonsyre (PFNS), perfluordekansulfonsyre (PFDS), perfluorundekansulfonsyre, perfluordodekansulfonsyre og perfluortridekansulfonsyre.
<p>Radon <u>[Tilleggsparameter]</u></p>	<p>Argumentasjon Radon og datterproduktene er kreftfremkallende for mennesker, og regnes å være den viktigste risikofaktoren for lungekreft nest etter røyking (1).</p> <p>I områder hvor det kan forventes høye radonkonsentrasjoner i drikkevann, bør man foreta målinger av råvannet. Det finnes enkle og effektive teknikker for å redusere konsentrasjonen av radon i drikkevann, ved lufting eller ved bruk av granulære aktivkullfiltre (2). Ytterligere veiledning er tilgjengelig i WHO's "Management of Radioactivity in Drinking-water" (2018).</p>

	<p>Undersøkelser av råvann fra fjellbrønner i 2002 viste at 13,9% av prøvene for radon oversteg grense på 500 Bq/l (4). Forhøyde verdier ble først og fremst funnet i granitter og sur gneis, men i alle de litologiske prekambriske og kaledonske gruppene fantes råvannsprøver med forhøyede verdier (4). Alle områder med krystallinske bergarter må derfor ansees som mulige forekomster av radon. Løsmasseakviferer (fra kvartære bergarter) har imidlertid normalt lave konsentrasjoner av radon (4). NGU har utviklet et farekart for radon i Norge, og dette bør ligge til grunn for vannverkernes farekartlegging med hensyn på prøvetaking av radon.</p> <p>Referanser:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. FHI (2021). Kjemiske og fysiske stoffer i drikkevann. Tilgjengelig fra: https://www.fhi.no/nettpub/stoffer-i-drikkevann/kjemiske-og-fysiske-stoffer-i-drikkevann/ (Hentet november 2021) 2. World Health Organisation (2011). <i>Guidelines for drinking-water quality. (Section 9: Radiological Aspects)</i>. Geneva 3. World Health Organisation (2018). <i>Management of Radioactivity in Drinking-water</i>. Geneva 4. Frengstad, et al. 2002 <i>The hydrochemistry of crystalline bedrock groundwater in Norway</i>. Norges Geologisk Undersøkelse bulletin, 439, 87-98. <p>Grunnlag vurdering av grenseverdier:</p> <p>Både Direktoratet for Strålevern og Atomsikkerhet og WHO anbefaler at drikkevann fra vannverk ikke overstiger 100 Bq/liter (1). Ved etablering av nye drikkevannskilder som benytter grunnvann bør grundig testing utføres før råvannskilden tas i bruk. WHO foreslår at dersom grunnvannskilden er i et område med høye radon-verdier bør vannverket periodisk teste for radon – for eksempel hvert femte år.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (2020). <i>Radon i vann</i>. Tilgjengelig fra: https://dsa.no/radon/radon-i-vann (hentet november 2021)
<p>Uran</p> <p><u>[Tilleggsparameter]</u></p>	<p>Selv om naturlig uran er et svakt radioaktivt stoff, skyldes de negative helseeffektene forbundet med uran dets kjemiske toksisitet. Det er internasjonal enighet om at det ikke er tilstrekkelig bevis for at oral eksponering av uran vil forårsake kreft hos mennesker og dyr (3). Studier på mennesker tyder på at kronisk eksponering for uran i drikkevann kan påvirke nyrene (3).</p> <p>Konsentrasjonen av naturlig forekommende uran i grunnvannet avhenger av faktorer som pH, redokspotensial og tilstedeværelsen av oppløst oksygen og kompleksdannende forbindelser. De fleste grunnvann inneholder løselige urankomplekser. Mobiliteten til uran i miljøet er svært avhengig av den kjemiske og fysiske formen til uranet, dets oksidasjonstilstand, dets pH, dets løselighet, tilstedeværelsen av uorganiske/organiske ligander, og dets adsorpsjon og desorpsjon på overflatevannsedimenter (2).</p> <p>For drikkevannsforsyninger som av og til opplever kortvarige overskridelser av uran over grenseverdien, foreslås det at det utarbeides og implementeres en plan for å håndtere disse situasjonene. For mer betydelige, langsiktige overskridelser som ikke kan løses gjennom behandling, bør andre drikkevannskilder vurderes (3).</p>

Forekomst av uran i vannprøver i Norge:

Dersom man anvender grensen på 30 µg/l vil 12 % av brønnene fra det nasjonale datasettet til Frengstad overskride denne grensen (5). I Joudis mastergradsarbeid fra NMBU (4) er det fjellbrønner i Nord-Vestlige Trøndelag (Midtlandet) som overstiger verdien (35-86 µg/l). Joudi skriver også at «Omtrent 18 % av brønnene hadde høyt innhold av uran.»

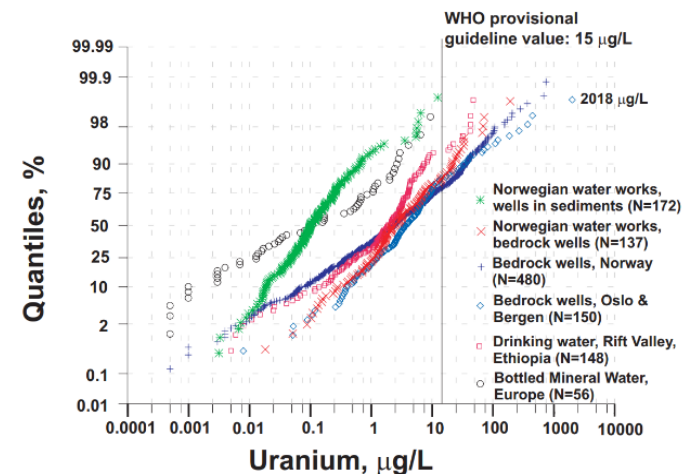
Ifølge NGU finnes uran i Norge først og fremst i pegmatitter. Disse er knyttet dels til alkaline komplekser som rundt Langesundsfjorden, Sæteråsen nord for Larvik og ved Høgtuva i Nordland og dels til granittiske pegmatitter som man finner i grunnfjellsgneiser, blant annet i Iddefjord-området (6). Uran-mineraliseringer finnes også i granitter i de nordlige delene av Nordland, i karbonatitter (Fensfeltet i Telemark) og i enkelte metamorfe bergarter i Nordland, Troms og Finnmark (6).

Referanser:

1. FHI (2021). Kjemiske og fysiske stoffer i drikkevann. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/nettpub/stoffer-i-drikkevann/kjemiske-og-fysiske-stoffer-i-drikkevann/kjemiske-og-fysiske-stoffer-i-drikkevann/> (Hentet november 2021)
2. Health Canada (2020). *Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Guideline Technical Document – Uranium*. Tilgjengelig fra: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-uranium.html> (hentet november 2021)
3. World Health Organisation (2005). *Uranium in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality*. Geneva
4. Joudi, M. (2020) *Årstidsvariasjon i konsentrasjon av sporgrunnstoffer i grunnvann fra norske fjellbrønner*. Masteroppgave.NMBU
5. Frengstad, et al. 2002 *The hydrochemistry of crystalline bedrock groundwater in Norway*. Norges Geologisk Undersøkelse bulletin, 439, 87-98.
6. NGU (2005). *Uranium in drinking-water?* NGU-Focus. Tilgjengelig fra: https://www.ngu.no/filearchive/167/NGU_FOKUS_nr6_2005.pdf (Hentet november 2021)
7. World Health Organisation (2017). *Drinking Water Parameter Cooperation Project: Support to the revision of Annex I Council Directive 98/83/EC on the Quality of Water Intended for Human Consumption (Drinking Water Directive)*. Bonn

Grenseverdier:

Grenseverdien er foreslått med hensyn til kjemisk toksisitet. Uran er en ny parameter i EUs Drikkevannsdirektiv, med grenseverdi på 30 µg/l (7).



Figur 2 https://www.ngu.no/filearchive/167/NGU_FOKUS_nr6_2005.pdf

	<p>WHO har satt foreløpig verdi for uran på 30 µg/l (3). WHO skriver at det er usikkerheter rundt betydningen av lave eksponeringsnivåer av uran i drikkevann. WHO's veiledende verdi er basert på toksisitet, men skriver at den også vil gi betydelig beskyttelse mot radioaktivitet fra naturlig uran, som er en alfapartikkelutsender, og vil ikke overskride screeningsverdien for alfapartikler, forutsatt at naturlig uran var det eneste radionuklidet til stede. Canadiske helsemyndigheter har utfyllende materiale og dokumentasjon på sin grense på 20 µg/l (2).</p>
<p>Arsen</p> <p><u>[Tilleggsparameter]</u></p>	<p>Arsen er kreftfremkallende, og enkelte arsenforbindelser (3-verdige) er sterkt giftige (1). Langvarige helseeffekter av arseneksponering gjennom drikkevann fører til en rekke alvorlige sykdommer som kreft i hud, blære, nyrer og lunger. Det kan også føre til nevrologiske lidelser, hjerte- og karsykdommer, høyt blodtrykk og keratoser (2,3). Økt risiko for kreft i hud, lunge og blære er rapportert assosiert med inntak av drikkevann med arsenkonsentrasjoner under 50 µg/l (4). Arsen akkumuleres lett i en del vannorganismer, og organiske arsenforbindelser kan opphopes i næringskjeden.</p> <p>Forekomst av arsen i vannprøver i Norge:</p> <p>Basert på resultatene fra en undersøkelse av 201 grunnvannsbrønner utført i 2016 (5) undersøkte Joudi 24 grunnvannsbrønner som overskred en eller flere grenseverdier for drikkevannskvalitet. Resultatet viste at konsentrasjon av arsen i en drikkevannskilde ved et vannverk i Trøndelag overskred grenseverdiene i drikkevannsforskriften (13-14 µg/l) (2). Frengstad et al. (2002) fant at 1,5% av grunnvannsbrønnene (fjellbrønnene) oversteg grensen på 10 µg/l. Arsen forekommer i mer enn 200 mineraler, som oftest konsentrert i sulfidholdige mineraler, vannholdige jernoksider, alluviale sedimenter og svart leirskifer (6). Forekomsten avhenger av geologiske og lokale forhold.</p> <p>Selv om arsen ikke forekommer hyppig i norske grunnvannskilder bør det analyseres for parameteren ved etablering av nye grunnvannsbrønner dersom de geologiske forholdene indikerer at mineralet kan forekomme. I vedlegg 1 er nasjonale geokjemisk kart over arsen i flomsedimenter gjengitt. Kartet viser områder med generelt høyere forekomster, men utelukker ikke at store lokale variasjoner kan forekomme.</p> <p>Drikkevannsforskriften har fastsatt en grenseverdi på 10 µg/l.</p> <p>Referanser:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. FHI (2021). Kjemiske og fysiske stoffer i drikkevann. Tilgjengelig fra: https://www.fhi.no/nettpub/stoffer-i-drikkevann/kjemiske-og-fysiske-stoffer-i-drikkevann/ (Hentet november 2021) 2. Smith, A. H., Lingas, O. & Rahman, M. (2000). Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: A public health emergency. <i>Bulletin Of The World Health Organization</i>, 78 (9): 1093-1103. 3. Yuan, Y., Marshall, G., Ferreccio, C., Steinmaus, C., Selvin, S., Liaw, J., Bates, M. N. & Smith, A. H. (2007). Acute Myocardial Infarction Mortality in Comparison with Lung and Bladder Cancer Mortality in Arsenicexposed Region II of Chile from 1950 to 2000. <i>American Journal of Epidemiology</i>, 166 (12): 1381-1391. doi: 10.1093/aje/kwm238 4. WHO (2017). Guidelines for drinking-water quality. 4. utg. Geneva: World Health Organization. Tilgjengelig fra: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1staddendum/en/ (lest den 01.02.2019). 5. Abyios, B (2017). <i>Determination of trace elements in ground drinking water in Norway</i>. Mastergradsoppgave NMBU 6. Joudi, M. (2020) <i>Årstidsvariasjon i konsentrasjon av sporgrunnstoffer i grunnvann fra norske fjellbrønner</i>. Masteroppgave NMBU

	7. Frengstad, et al. 2002 <i>The hydrochemistry of crystalline bedrock groundwater in Norway</i> . Norges Geologisk Undersøkelse bulletin, 439, 87-98.
Fluorid <u>[Tilleggsparameter]</u>	<p>Argumentasjon og helseeffekter: Fluorid i moderate mengder forebygger tannr�te (karies). I større mengder vil fluorid kunne forårsake misfarging og skade på tannemaljen og eventuelt skadevirkninger på skjelettet ved at skjelettet blir hardere og spr�kere (1).</p> <p>Grenseverdier: I Drikkevannsforskriften er grenseverdien for fluorid satt til 1,5 mg/l. I konsentrasjoner opptil dette nivået oppnås best kariesprofylakse, og ingen kjente skadevirkninger verken på tenner eller helse (1). WHO har satt en helsebasert grenseverdi på 1,5 mg/l. Ved konsentrasjoner på 1,5 – 3,0 mg/l F vil ca 50% av barn få tannflekker, og ved konsentrasjoner på 3 – 6 mg/l F vil tannflekker øke og emaljen blir skjørere. Ved en fluoridkonsentrasjon på ≥ 6 mg/l F, vil vannet være skadelig for tennene og mulige helseskader kan oppstå. Vannet er derfor uegnet som drikkevann (inkludert matlaging).</p> <p>Forekomst av fluorid i vannprøver i Norge: Forekomsten av fluorid i grunnvann er ofte assosiert med de geologiske forholdene. Grunnvann med mafiske bergarter (gabbro og dioritt) kan inneholde høye konsentrasjoner av fluorid opptil 8,3 mg/l (2). I Norge er det målt for høye konsentrasjoner av fluorid i grunnvann med berggrunn av granitter, gneiser og rombeperfyrt (3). En studie fra Flaten i 1986 fant at det høyeste fluorinnholdet i grunnvannet er i områder med leire- og svarsrifter-bergarter (3).</p> <p>Frengstad et. al (2002) fant 16 % av fjellbrønnene og 0% av løsmassebrønnene oversteg grenseverdien for fluorid. Joudi fant at grunnvann fra fjellbrønn har høyere konsentrasjoner av fluorid sammenlignet med grunnvann fra løsmassebrønner (3). Den høyeste mediankonsentrasjonen for fluorid (5 mg/l) var målt ved ett vannverk i Troms og Finnmark fylke, samt den høyeste medianverdi for pH (8,4) i tillegg til alkalitet (3 mmol/l). Vannverket er plassert i nærheten av kysten i et område med berggrunn av glimmergneis, glimmerskifer, metasandstein og amfibolitt. Høye nivåer av fluorid i grunnvann er også kjent å være assosiert med marine avsetninger og fosfatavsetninger som dekker berggrunnen i kystnære områder (3). Marine salter og høye konsentrasjoner av natrium vil påvirke fluoridinnhold i grunnvannet.</p> <p>Referanser:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. FHI (2021). Kjemiske og fysiske stoffer i drikkevann. Tilgjengelig fra: https://www.fhi.no/nettpub/stoffer-i-drikkevann/kjemiske-og-fysiske-stoffer-i-drikkevann/ (Hentet november 2021) 2. Frengstad, et al. 2002 <i>The hydrochemistry of crystalline bedrock groundwater in Norway</i>. Norges Geologisk Undersøkelse bulletin, 439, 87-98. 3. Joudi, M. (2020) <i>�rstidsvariasjon i konsentrasjon av sporgrunnstoffer i grunnvann fra norske fjellbrønner</i>. Masteroppgave NMBU
Lantan <u>[Tilleggsparameter]</u>	<p>Argumentasjon Den helsemessige faren for lantan er uavklart. Negative helseeffekter er observert hos forsøksdyr, og studier peker på at lantanioner kan ha negativ effekt på nervesystemet (2). Det er så langt ikke veldig god dokumentasjon på negative helseeffekter hos mennesker. Abiyos (2017) scannet for andre REE, hvor lantan ble observert i høyest konsentrasjon, og det inkluderes som en tilleggsparameter fordi den kan ha helsemessig betydning.</p>

	<p>REE finnes i massive bergarter som basalter, granitter og gneis, men da kun i svært små konsentrasjoner. REE forekommer i større mengde i mineralene monasitt, bastnasitt, amfibol, pyroksen og feltspat. Monasitt og bastnasitt, de to viktigste kildene for REE-utvinning, inneholder alle lantanoidene, men lantan og cerium dominerer (2).</p> <p>Lantan er det første grunnstoffet blant lantanoidene, og er et av de mest reaktive blant de sjeldne jordartsgrunnstoffene. Lantan forekommer ikke naturlig i ren form, men finnes i en rekke mineraler, inkludert monasitt, amfibol, og granat (2). Forekommer enten som Lantan-klorid, og i ioneform La^{3+}.</p> <p>Joudi (2020) fant i sin mastergrad noen få brønner med høyt nivå av lantan. I oppgaven er den høyeste mediankonsentrasjonen for lantan i norske grunnvannsbrønner målt i grunnvann fra løsmasse (150 µg/l). Grunnvannet har lav pH med medianverdien (5,4), og den høyeste konsentrasjonen av aluminium med medianverdien på 310 µg/l. Grunnvannet har høyere mediankonsentrasjon av sjeldne jordartsgrunnstoffer sammenlignet med andre grunnvannskilder særlig for La (150 µg/l), Ce (130 µg/l), Nd (95 µg/l) og Pr (26 µg/l) (3). Løsmassebrønnen er lokalisert i et område med berggrunn av amfibolitt, hornblendeskifer, glimmerskifer og stedvis migmatittiske bergarter (gneis).</p> <p>Myndighetene i Australia av preventive helsemessige hensyn håndhevet en grenseverdi for lantan (2 µg/l) fra 2014 (2). Verken WHO, EU, USA eller Canada har fastsatt grenseverdier for noen av grunnstoffene i REE-gruppen.</p> <p>Vedlegg 1 er nasjonale geokjemisk kart over lantan i flomsedimenter gjengitt. Kartet viser områder med generelt høyere forekomster, men utelukker ikke at store lokale variasjoner kan forekomme.</p> <p>Referanser:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. FHI (2021). Kjemiske og fysiske stoffer i drikkevann. Tilgjengelig fra: https://www.fhi.no/nettpub/stoffer-i-drikkevann/kjemiske-og-fysiske-stoffer-i-drikkevann/ (Hentet november 2021) 2. Joudi, M. (2020) <i>Årstidsvariasjon i konsentrasjon av sporgrunnstoffer i grunnvann fra norske fjellbrønner</i>. Masteroppgave NMBU
<p>Oksygen</p> <p>[Hovedparameter]</p>	<p>Argumentasjon</p> <p>Inntak av vann med lavt oksygeninnhold har ingen direkte helsemessige effekter. Dersom oksygenfattig vann går direkte ut på ledningsnett, øker imidlertid faren for at organisk materiale skal forbruke alt oksygenet, og det kan oppstå anaerobe forhold. Dette kan føre til lukt- og smaksulemper og til korrosjon. For å opprettholde oksiderende forhold på distribusjonsnett bør drikkevannet ha minst 70 % metning av oksygen.</p> <p>Nivåene for oksygen er begrunnet med risiko for jern- og mangan-utfellinger. Lavt oksygen-nivå kan videre føre til utfelling av jern og mangan. Dersom brønnen har anaerobe forhold med høye konsentrasjoner av løste jern- og mangan-forbindelser, kan disse blir oksydert i vannverket og dermed gi utfellinger og brunt drikkevann. Lavt oksygennivå som gir anaerobe forhold, kan bidra til at det dannes H_2S.</p> <p>Grunnlag vurdering av grenseverdier:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Folkehelseinstituttet (2021). <i>Kjemiske og fysiske stoffer i drikkevann</i>. Tilgjengelig på: https://www.fhi.no/nettpub/stoffer-i-drikkevann/kjemiske-og-fysiske-stoffer-i-drikkevann/kjemiske-og-fysiske-stoffer-i-drikkevann/#oksygen-o2 (Hentet november 2021) • Folkehelseinstituttet (2008). <i>Vannforsyningens ABC</i>.
<p>Hydrogensulfid</p> <p>[Tilleggsparameter]</p>	<p>Hydrogensulfid er en gass med lukt av "råtne egg", og er detekterbar i svært lave konsentrasjoner (<0,8 ug/l) i luft. Gassen dannes når sulfider hydrolyserer i vann. Forekommer i grunnvann med bergarter som har mye organisk materialet som alunskifer (2). H₂S dannes når oksygenet brukes opp ved nedbryting av organisk materialet.</p> <p>WHO oppgir at for H₂S i vann er smaks- og luktterskelen estimert til 0,05mg/l (1), Canada oppgir at dette er mellom 0,05-014mg/l (3).</p> <p>WHO har ikke fastsatt noen grenseverdi for drikkevann, da verdiene som er funnet i drikkevann ikke har ført til påviselige helseskader. En av årsakene til dette er at man kan smake og lukte H₂S ved svært lave konsentrasjoner, og den akutte toksisiteten av inhalasjon av H₂S gass i luft er høy (1,3), (øyeirritasjon har blitt observert ved konsentrasjoner på 15-30 mg/m³). WHO har derfor konkludert med at det er usannsynlig at det er mulig å få i seg skadelige konsentrasjoner av H₂S via drikkevannet (1).</p> <p>Siden hydrogensulfid kan gi bruksmessige problemer ved bruk av grunnvann til drikke, matlaging og dusjing, bør denne parameteren inngå i en vurdering av en grunnvannsbrønn. Den enkleste parameteren å vurdere, som samtidig sier noe om sannsynligheten for å få problemer med hydrogensulfid er måling av oksygen-nivået i de dypeste vannlagene i brønnen. U.S. Environmental Protection Agency (EPA) har ingen krav til grenseverdi for H₂S konsentrasjoner, men har en tommelfingerregel på følgende: konsentrasjon på 0,5 ppm kan gi lukt og smak, 1 ppm gir vannet en muggen og sumpete lukt og en konsentrasjon på 1-2ppm gir den klassiske "råttent egg" lukten (4).</p> <p>Referanser:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hydrogen Sulfide in Drinking Water, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO/SDE/WSH/03.04/07 2. Knut Ellingsen, Grunnvannskvalitet, Problemer og tiltak (1992). Skrifter 106, GiN veileder 12. Utgitt av Norges geologiske undersøkelse. 3. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document – Sulphide (as H₂S), Government of Canada Publisert 1992. 4. Drinking Water and Human Health (2019) https://drinking-water.extension.org/drinking-water-contaminant-sulfur-hydrogen-sulfide/
<p>Farge</p> <p>[Hovedparameter]</p>	<p>Argumentasjon</p> <p>Fargen bestemmes delvis av forekomst og sammensetning av partikler i det organiske materialet i vannet (humus), og er et uttrykk for hvor påvirket vannforekomsten er av naturlig organisk materiale (NOM). Utfelt jern- og manganpartikler kan også farge vannet.</p> <p>Akvatisk humus har ingen direkte kjente helseeffekter. En viktig effekt er at humus i drikkevann reduserer virkningsgraden av de ulike prosesser som benyttes til desinfeksjon. Spesielt vil humusholdig vann føre til rask svekking av strålingsintensiteten ved UV-bestråling. Den desinfiserende effekten av klor reduseres ved at kloren reagerer med organisk stoff. Som en bieffekt vil noe klor bindes til organisk stoff slik at det dannes klorerte organiske forbindelser,</p>

	<p>hvorav noe gir luktulempen, mens andre kan ha kreftfremkallende effekt. Ozon vil også inaktiveres ved at det oksiderer organisk stoff, og humus som er delvis nedbrutt ved oksidasjon, vil kunne forårsake økt begroing i ledningsnett, og derved øke slamdannelsen.</p> <p>Farge inngår som råvannsparemeter i Drikkevannsforskriften, for alle vannverk som minst produserer 10 m³/døgn. Ca. 1% (12/1333) av inntakspunktene i grunnvann for hovedkilder i 2020-datasettet til VGEG/MATS har rapportert inn høyere median-verdi enn 20 i råvannet.</p> <p>Referanser:</p> <ul style="list-style-type: none"> Folkehelseinstituttet (2018). <i>Kjemiske og fysiske stoffer i drikkevann</i>. Tilgjengelig på: https://www.fhi.no/nettpub/stoffer-i-drikkevann/kjemiske-og-fysiske-stoffer-i-drikkevann/#oksygen-o2 (Hentet oktober 2020) Ødegård, H. (ed). (2012) <i>Vann- og avløpsteknikk</i>. Norsk Vann. <p>Grunnlag vurdering av grenseverdier:</p> <ul style="list-style-type: none"> Drikkevannsforskriften anbefaler at fargetallet ikke overskrider 20 mg/l Pt. Ved et fargetall på 20 mg Pt/l er UVT 50cm kun 30% effektiv. UV ved mange anlegg er ikke sertifiserte for vann som har moderat farge, og bør ikke brukes på vann over 20 mg Pt/l Koagulant-dosen øker med økt fargetall. Som indikasjon på god drift av koaguleringsanlegg som skal fungere som hygienisk barriere, bør fargen ut fra anlegget være under 10 mg Pt/l. Ved bruk av jern- eller aluminiumsbaserte koaguleringsmidler, anbefales farge <5 mg Pt/l.
<p>Turbiditet</p> <p><u>Hovedparameter</u></p>	<p>Argumentasjon</p> <p>Turbiditet er et mål på partikkelinnholdet i vannet. Turbiditet representerer ikke alltid i seg selv en helsefare, men det kan indikere at patogene mikroorganismer er til stede (3). Partikler kan beskytte mikroorganismer mot effekten av desinfeksjonsmidler, og de kan fange/inneslutte tungmetaller og biocider.</p> <p>Turbiditet er en ekstremt nyttig indikator som kan gi verdifull informasjon raskt, relativt billig og fortløpende (3). Lave verdier for turbiditet i drikkevannet indikerer at patogene mikroorganismer er fjernet, og dermed et trygt drikkevann. Plutselige endringer i turbiditet kan gi problem med driften av vannbehandlingsanlegget som har betydning for desinfeksjon, og en mulig økt risiko for patogene organismer i drikkevannet. Hendelser med forhøyet turbiditet har vært assosiert med flere sykdomsutbrudd (1), men det har ikke blitt påvist en direkte proporsjonal sammenheng mellom fjerning av turbiditet og patogener (2).</p> <p>Endringer i grunnvannets turbiditet og farge kan indikere mikrobiologisk forurensing (4). Store endringer i turbiditet indikerer at barrierene i brønnen er sterkt svekket, og vil øke risiko for patogen forurensing. For at turbiditetsmålinger skal fungere som kontroll på barriereeffekten bør den være kontinuerlig. Når man etablerer en brønn bør man måle turbiditeten over alle sesongvariasjoner og over tid, dvs. ett år.</p> <p>Referanser:</p> <ol style="list-style-type: none"> Mann AG, Tam CC, Higgins CD, Rodrigues LC (2007). The association between drinking water turbidity and gastrointestinal illness: a systematic review. <i>BMC Publ Health</i>. 7(1):256

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Health Canada (2012). Guidelines for Canadian drinking water quality: guideline technical document – turbidity. Ottawa, Ontario: Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada (www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/turbidity/index-eng.php, accessed 27 September 2016). 3. World Health Organisation (2017). <i>WATER QUALITY AND HEALTH - REVIEW OF TURBIDITY: Information for regulators and water suppliers</i>. Tilgjengelig fra: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/turbidity-information-200217.pdf Hentet november 2021. 4. Gaut, S. (2008) <i>Verktøy for vurdering av vannkilden som hygienisk barrierer. Grunnvann i fjell</i>. Rapport 2008.060. Sted: Trondheim, NGU. Tilgjengelig fra: https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2008/2008_060.pdf (Hentet november 2021)
	<p>Grenseverdier</p> <p>Turbiditet inngår som parameter for råvann i Drikkevannsforskriften, uavhengig av vannkildetype, og derfor inkluderes den som parameter for grunnvannskilder.</p> <p>0,2 NTU er en kjent grenseverdi for lav mikrobiologisk risiko. Erfaring viser at det er høyere mikrobiell risiko dersom turbiditeten er høyere.</p>
<p>Temperatur</p> <p><u>[Tilleggsparameter]</u></p>	<p>Argumentasjon</p> <p>Temperatur inkluderes som en tilleggsparameter fordi den kan brukes til å følge med på forhold som kan påvirke brønnens vannkvalitet, særlig mulighet for bakteriell vekst. Temperatur kan brukes til å følge med på om brønnen er påvirket av overflatevann (spesielt for løsmassebrønner). Det er viktig å følge med på endringer i temperatur med tanke på klimaendringer.</p> <p>Ideelt sett så lavt som mulig, vi anbefaler at temperaturen på vanninntaket er under 10 grader.</p>
<p>Jern</p> <p><u>[Hovedparameter]</u></p>	<p>Argumentasjon</p> <p>Jern-innholdet bør være så lavt som mulig for å redusere behovet for behandling, og mulighet for utfelling av jern i ledningen.</p> <p>Jern er ikke en helsebasert parameter, men høye jernkonsentrasjoner kan gi betydelige estetiske ulemper og gjøre vannet utjenlig til konsum uten omfattende vannbehandling.</p> <p>Jern i vannforekomster kommer normalt fra sedimentene, berggrunnen eller jordsmonnet. Utfelt jern i vannet vil kunne redusere desinfeksjonseffektiviteten og gi slamdannelse i ledningene. Ved oksygenmangel i en grunnvannsbrønn løses jern ut i vannet. I et oksygenfattig grunnvann vil jern (Fe^{2+}) oppløses mer i vannet, spesielt ved lav pH. Toverdig jern er fargeløst i vann under reduserende forhold. Ved tilgang til luft vil toverdige jern oksideres til treverdige jern (Fe^{3+}) som gir utfellinger av ferrioksider med rustfarge (2). Dette kan gi bruksmessige problemer og skape uønsket lukt og smak på vannet.</p> <p>Godt egnet drikkevann er 0,1 mg/l ihht. GiN-veilederen (3). Et innhold av jern på 0,2-1,0 mg/l er angitt som nivå som kan føre til vekst av bakterier i strømmende vann. En pH-verdi på 5,4 – 7,2 synes å favorisere veksten. Grenseverdiene for jern må ikke tolkes for rigid, de indikerer når jern kan gi utfordringer i drikkevannsproduksjonen.</p>

	<p>Vedlegg 1 er nasjonale geokjemisk kart over jern i flomsedimenter gjengitt. Kartet viser områder med generelt høyere forekomster, men utelukker ikke at store lokale variasjoner kan forekomme.</p> <p>Referanser:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Folkehelseinstituttet (2008). <i>Vannforsyningens ABC</i>. 2. Joudi, M. (2020) <i>Årstidsvariasjon i konsentrasjon av sporgrunnstoffer i grunnvann fra norske fjellbrønner</i>. Masteroppgave NMBU 3. NGU (1991). Grunnvannskvalitet: Problemer og tiltak. GiN-veilder nr.:12. Sted: Trondheim, NGU. Tilgjengelig fra: https://openarchive.ngu.no/ngu-xmloi/bitstream/handle/11250/2674371/GiN-veileder_nr12.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Hentet november 2021) <p>Grunnlag vurdering av grenseverdier:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Drikkevannsforskriftens grenseverdi for jern er 0,2 mg/l Fe
<p>Mangan</p> <p><u>[Hovedparameter]</u></p>	<p>Argumentasjon</p> <p>Mangan kan utløses allerede ved en oksygenreduksjon til 70 % av vannets metningsverdi. I oksygenfritt vann kan mangan være til stede i oppløst fargeløs tilstand. Oksidasjonsmidler og oksygen i alkalisk miljø omdanner løst 2-verdig mangan til tungt løselig 4-verdig mangan. Mangan kan på samme måte som jern holdes i kolloidal løsning ved kompleksbinding til humusmolekyler. Forsuring kan føre til økt manganinnhold i vannkilder.</p> <p>Mangan har primært en grenseverdi basert på estetiske hensyn. WHO anbefaler ikke verdier over 0,05 mg/l da dette kan føre til misfarging, EPA har samme verdi. Canada har en grense på 0,02, men har også satt en MAC på 0,12 mg/l. GIN 12 oppgir at ved konsentrasjoner over 0,05 mg/l vil Mangan kunne felle ut og gi slam, og at ved konsentrasjoner > 0,15 mg/l kan smak på vannet endres (4). Det er observert kognitive adferdsproblemer i barn ved svært høye verdier i enkelte land (3).</p> <p>Det kan oppstå avsetninger i ledningsnettet (1). Avsetningene kan være av kjemisk eller bakteriologisk natur. Begroing med manganbakterier kan gi store slammengder.</p> <p>Manganinnholdet i norske vannkilder ligger normalt lavere enn 0,05 mg Mn/l (referanse). Dette bekreftes av VREG 2019. Manganinnholdet kan imidlertid være mye høyere i grunnvann med reduserende forhold i grunnen (opptil flere mg Mn/l).</p> <p>Ifølge WHO er det kun små ulemper med manganhydroksidutfellinger når innholdet er lavere enn 0,05 mg Mn/l (smaksmessig akseptabelt for forbrukerne) Konsentrasjoner høyere enn 0,1 mg Mn/l kan gi dårlig smak på vannet. Ved høyere manganinnhold enn 0,05 mg Mn/l kan det oppstå avsetninger i ledningsnettet. (Vannforsyningens ABC). Drikkevannsforskriften har derfor satt en tiltaksgrense for mangan på 0,05 mg/l.</p> <p>Vedlegg 1 er nasjonale geokjemisk kart over mangan i flomsedimenter gjengitt. Kartet viser områder med generelt høyere forekomster, men utelukker ikke at store lokale variasjoner kan forekomme.</p>

	<p>Referanser:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Folkehelseinstituttet (2008). <i>Vannforsyningens ABC</i>. 2. World Health Organisation (WHO). 2011. <i>Manganese in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality</i>. Geneve, 2011. 3. Health Canada (2020). Guidelines for Canadian Drinking Water Quality—Summary Table. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario. Hentet fra: https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/pdf/pubs/water-eau/sum_guide-res_recom/summary-table-EN-2020-02-11.pdf Dato: november 2020 4. NGU (1991). Grunnvannskvalitet: Problemer og tiltak. GiN-veilder nr.:12. Sted: Trondheim, NGU. Tilgjengelig fra: https://openarchive.ngu.no/ngu-xmlui/bitstream/handle/11250/2674371/GiN-veileder_nr12.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Hentet november 2021) <p>Grunnlag vurdering av grenseverdier:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Drikkevannsforskriftens grenseverdi for mangan er 0,05 mg/l Mn • WHO anbefaler en grense på 0,05 mg/l, grunnet at det kun er små ulemper med manganhydroksidutfellinger når innholdet er lavere enn 0,05 mg Mn/l • Canadisk veileder: “maximum acceptable concentration” (MAC): 0,12 Mn mg/l • Konsentrasjoner høyere enn 0,1 mg Mn/l kan gi dårlig smak på vannet. Ved høyere manganinnhold enn 0,05 mg Mn/l kan det oppstå avsetninger i ledningsnettet
<p>pH</p> <p><u>Hovedparameter</u></p>	<p>Argumentasjon</p> <p>Korrosivt vann er tærende på vannledningene og kan forårsake utløsning av helseskadelige stoffer fra rørmaterialer og armatur. Prinsippet er at vannet ikke skal være korrosivt, for å redusere helseisiko i distribusjonssystemet. Det er ikke full enighet om hvilke vannkvalitetsbetingelser man bør etterstrebe for å minimalisere korrosjonsproblemene for ulike ledningsmaterialer. Den optimale pH-verdien for et vannforsyningssystem vil variere avhengig av vannets sammensetning og materialene som brukes i distribusjonssystemet, men er ofte i området 6.5–9.5. Ekstreme pH-verdier kan skyldes utilsiktet utslipp eller svikt i behandlingen.</p> <p>pH er viktig for løseligheten for (andre) mineraler i vann, og påvirker oppløsningen av mineraler som kan ha helsemessig betydning.</p> <p>pH inngår som råvannsparemetere i Drikkevannsforskriften, for alle vannverk som minst produserer 10 m³/døgn.</p> <p>Vedlegg 1 er nasjonale geokjemisk kart over pH i flomsedimenter gjengitt. Kartet viser områder med generelt høyere forekomster, men utelukker ikke at store lokale variasjoner kan forekomme.</p>

<p>Konduktivitet</p> <p>[Tilleggsparameter]</p>	<p>Argumentasjon</p> <p>Konduktivitet er et mål på vannets totale saltinnhold. Betydningen av høyt saltinnhold avhenger av de stoffene vannet inneholder. Dersom ledningsevnen i en vannkilde plutselig endrer seg, bør årsaken klarlegges. Endring i ledningsevne kan, for eksempel, indikere utslippshendelse i områder med risiko for forurensing fra industri, eller salting av veier med avrenning til brønnens innsigsområde.</p> <p>Ledningsevne inkluderes som en tilleggsparameter ved kystnære strøk, for grunnvannskilder som er plassert langs saltede veier, eller er plassert under den marine grense.</p> <p>Canadiske helsemyndigheter har satt en estetisk grense på ≤ 500 mg/L for TDS-nivået (total dissolved solids), og ifølge WHO er TDS-nivåer under 1000 mg/L akseptabelt for forbrukerne. Den mest brukte metoden for analyse av TDS i vannforsyninger er måling av spesifikk konduktivitet med en konduktivitetssonde som påviser tilstedeværelsen av ioner i vann. Konduktivitetmålinger konverteres til TDS-verdier med en faktor som varierer med typen vann (3).</p> <p>Prøvene vil variere i løpet av året og må tas på relevante tidspunkt i året. 250 mS/m er tiltaksgrense i Drikkevannsforskriften.</p> <p>Referanser:</p> <ul style="list-style-type: none">• World Health Organization (WHO). <i>Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Vol. 2. Health criteria and other supporting information</i>. World Health Organization, Geneva, 1996.• World Health Organization (WHO). <i>Total dissolved solids in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality</i>. WHO. Geneva 2003• Health Canada (2009). <i>Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document – Total Dissolved Solids (TDS)</i>. Tilgjengelig fra: https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-total-dissolved-solids-tds.html Hentet: november 2020
--	---

Geokjemisk atlas for Norge

Rolf Tore Ottesen • Jim Bogen • Bjørn Bølviken • Tore Volden • Toril Haugland

Del 1: Kjemisk sammensetning av flomsedimenter

Geochemical atlas of Norway. Part 1: Chemical composition of overbank sediments

Arsen

Arsen (As) forekommer i små mengder i jordskorpen (1,8 mg/kg). Grunnstoffet opptrer ofte sammen med kvikksølv og antimon. Viktige vertsmaterialer er arsenkis, løllingitt, realgar, blyulfosalter samt nikkel- og koboltmaterialer.

Arsen er relativt mobilt, men har tendens til å binde seg til jern-aluminium-hydroksider og humusmaterialer. Selv relativt små mengder arsen kan være giftig for planter, dyr og mennesker. Elementet kan likevel oppkonsentreres i levende vegetasjon og arseninnholdet i kull er ofte høyt. Det er ikke påvist at arsen har noen positiv funksjon i menneskekroppen.

Verdensproduksjonen er cirka 30 000 tonn per år. Det er i dag ingen produksjon av arsen fra norske forekomster. Norges årlige behov for arsenalter er noen få hundre tonn som dekkes helt ved import. Arsenforbindelser blir benyttet til bekjempelse av skadedyr og insekter ved for eksempel impregnering av trevirke mot råte.

Menneskeskapt arsenkilder er gruve- og metallindustri, pestisider i landbruket og avgasser ved forbrenning av kull og trykkimpregnert trevirke.

Kommentarer til kartet (syreløselig del)

Norske flomsedimenter inneholder gjennomsnittlig dobbelt så mye syreløselig arsen som det gjennomsnittlige totalinnholdet i jordskorpen. Innholdet i flomsedimentene varierer med en faktor på cirka 500 mellom laveste og høyeste verdier. Forekomster og områder med kjent arsenmineralisering trer tydelig frem på kartet, for eksempel Kongsberg, Modum, Bleikvassli, Sulitjelma, Sør-Helgeland, Tysfjord, Vest-Finnmark og Sørlandet. Et markert trekk er høyt arseninnhold i de nordlige deler av Rogaland og langs fronten av den kaledonske fjellkjeden i Sør-Norge. Det er ingen indikasjoner på at noen av disse høye konsentrasjonene skyldes forurensning. Arsen samvarierer med vismut. Arseninnholdet i norske flomsedimenter er sannsynligvis hovedsakelig knyttet til innholdet av arsenkis. På Sørlandet er det rapportert innhold av smaltitt i granittpegmatitter.

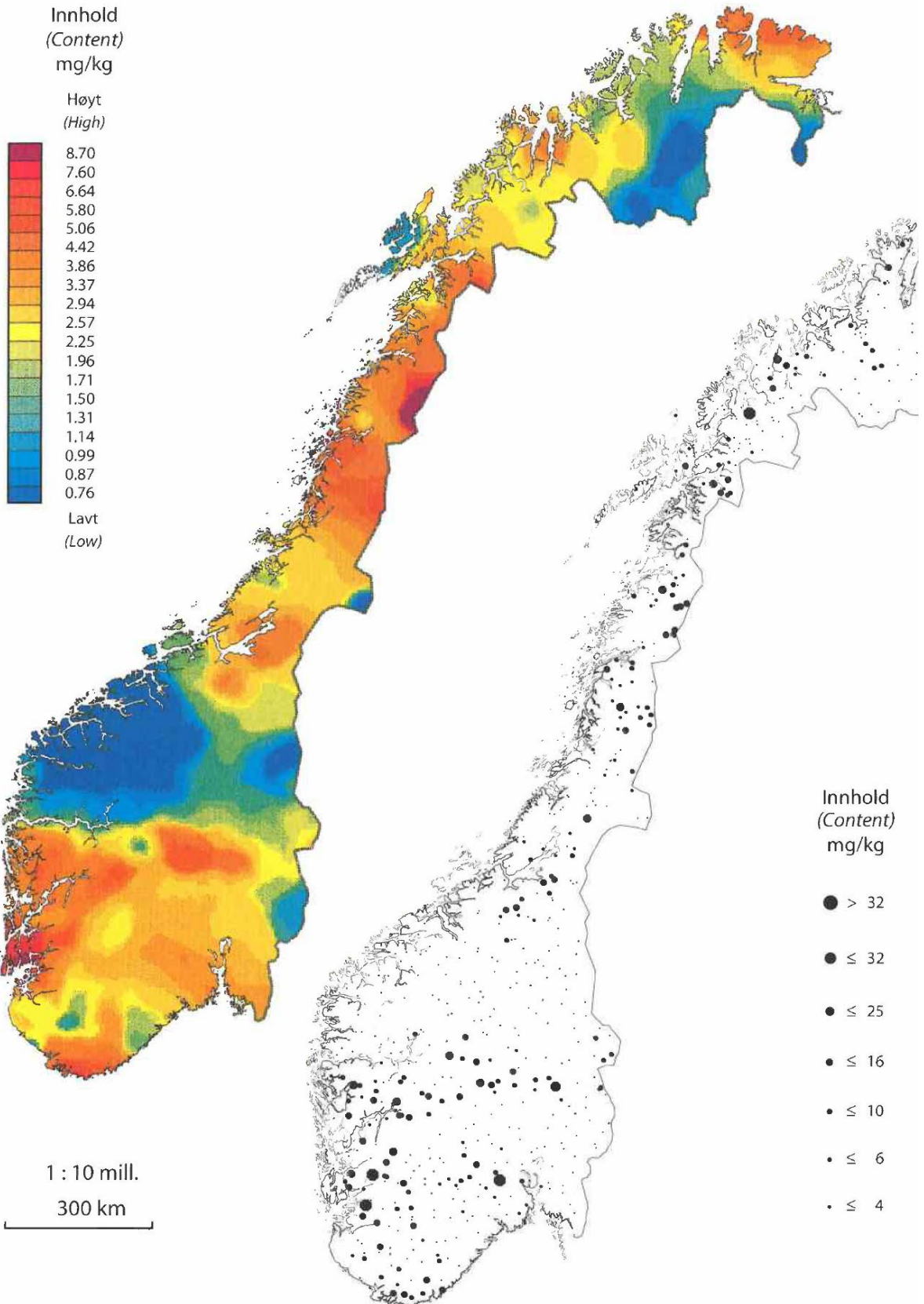
To prosent av prøvene har arseninnhold høyere enn gjeldende grenseverdi (20 mg/kg) for jord hvor det kan være aktuelt å deponere avløpslam. Dette tilsier at det finnes områder der det naturlige arseninnholdet er for høyt til å legge kloakkslam på jordbruksarealer.

Aritm.gj.snitt:	4,0 mg/kg
Median:	2,5 mg/kg
Minimum:	<0,1 mg/kg
Maksimum:	57,6 mg/kg

Arsen i flomsedimenter

Syreløselig del

(Arsenic in overbank sediments: Acid-soluble part)



Jern

Jern (Fe) er det fjerde vanligste grunnstoffet i jordskorpen (4,7 %). Grunnstoffet opptrer ofte sammen med kobolt, krom, kobber, magnesium, mangan, nikkel, scandium, sink, titan og vanadium. Viktige vertsminerale er oksider som for eksempel magnetitt, hematitt og maghemitt, hydroksider, jernkarbonat, for eksempel sideritt, sulfider som svovelkis og magnetkis, samt jernmagnesium-silikater som olivin, pyroksen, amfibol, biotitt og granat.

Ved forvitring er Fe^{2+} relativt mobilt, mens Fe^{3+} er relativt immobilt. Jern er et nødvendig grunnstoff for planter og pattedyr. Grunnstoffet inngår blant annet ved syntese av klorofyll i planter og er en viktig komponent i blodet hos pattedyr.

Jernets mange nyttige egenskaper, tilgjengelighet i naturen og lave utvinningskostnader gjorde det tidlig til et viktig bruksmetall. Antakelig begynte jernalderen i Norge rundt år 400 f.Kr., men fullt utbredt var kunsten å utvinne og bearbeide jern først rundt Kristi fødsel. Våre forfedre utnyttet først forekomster av "myrmalm", som er jernavsetninger i myrer og innsjøer. Jern kan støpes og smis, har stor styrke og magnetiske egenskaper. I tørr luft og syrefritt vann er metallisk jern stabilt, men i fuktig luft ruster det fort.

Jern har i moderne tid bare styrket sin stilling i forhold til andre metaller og er nå industrisamfunnets dominerende metall. Årsforbruket per person i Europa og Nord-Amerika er mellom 400 og 600 kg. Verdensproduksjonen er cirka 600 millioner tonn per år. I Norge har to store jernmalforekomster, Sørvaranger og Rana Gruber A/S, vært i drift i en lengre periode etter krigen. Begge steder ble det brutt lagfonnede sedimentære forekomster i store dagbrudd. Menneskelig aktivitet tilfører naturen jern som jernskrap, rust, fargestoff og som luftbårent støv fra smelteverk og kullforbrenning.

Kommentarer til kartet (totalinnhold)

Det gjennomsnittlige innholdet av jern i norske flomsedimenter er svært likt gjennomsnittsinholdet i jordskorpen. I flomsedimentene er det en faktor på bortimot 8 mellom laveste og høyeste verdier. Det høyeste jerninnholdet i flomsedimentene forekommer i Jotunheimen og i østlige deler av Finnmarksvidda. Jern samvarierer mest med magnesium, kalsium, titan, kobolt og vanadium. Dette indikerer at hovedkilden til jerninnholdet i flomsedimentene er mineralene magnetitt, ilmenitt, hematitt og jernmagnesium-silikater. Det er ingen klare indikasjoner på at noen av de høye jernkonsentrasjonene skyldes forurensning.

Aritm.gj.snitt:	5,2 %
Median:	5,0 %
Minimum:	2,3 %
Maksimum:	19,5 %

Kommentarer til kartet (syreløselig del)

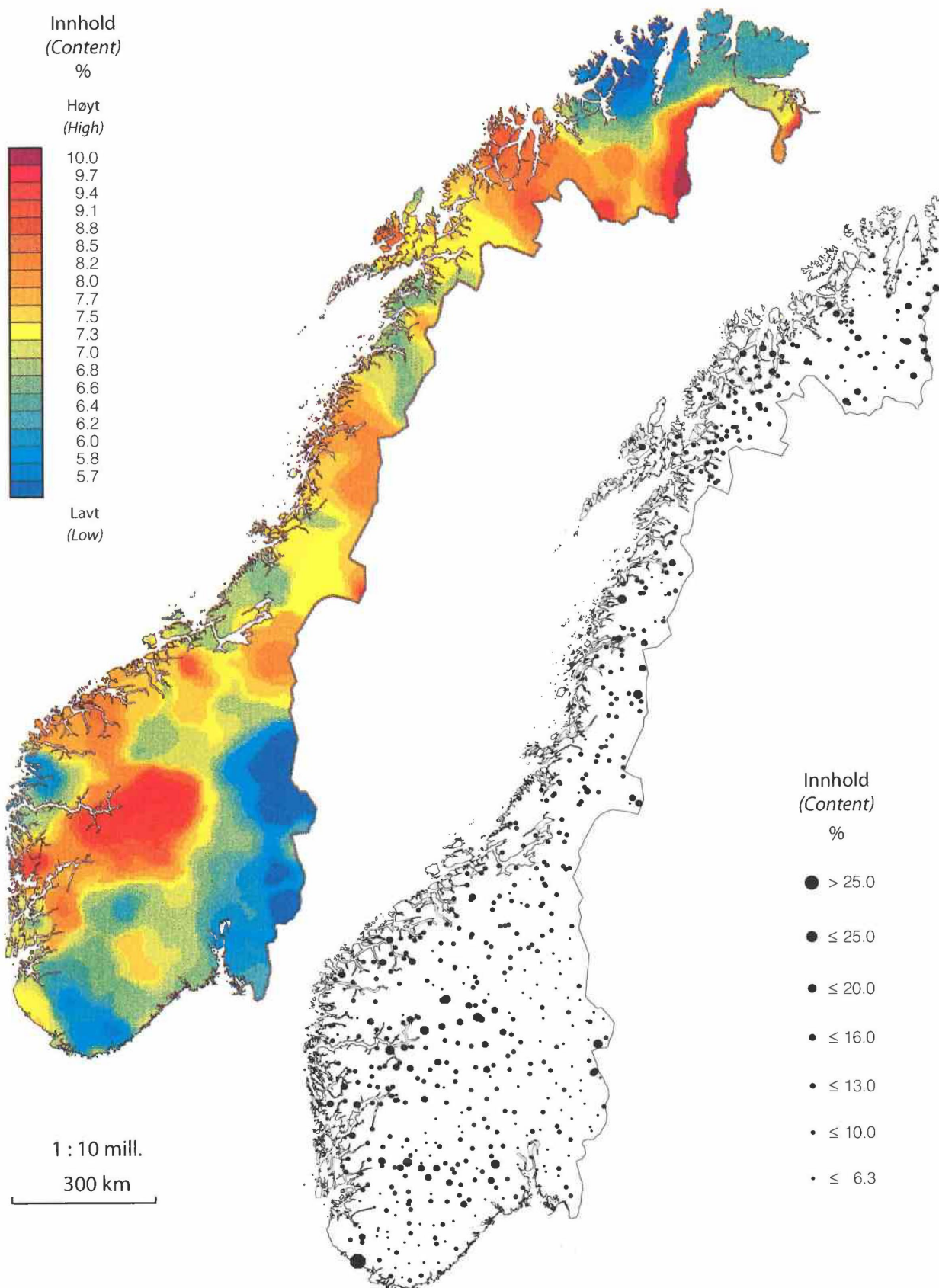
Den syreløselige delen av jerninnholdet i norske flomsedimenter utgjør gjennomsnittlig cirka 48 % av totalinnholdet. Fordelingsmønsteret for syreløselig jern er ganske likt mønsteret for totalt jern. Finnmarksvidda, Østfold og Mjøsdistriktet har størst andel syreløselig jern i flomsedimentene. Jernet i prøvene fra Sør-Varanger og Østerdalen er minst løselig. Den syreløselige fraksjonen antas å avspeile relative variasjoner i biologisk tilgjengelig jern.

Aritm.gj.snitt:	2,44 %
Median:	2,32 %
Minimum:	0,09 %
Maksimum:	7,14 %

Jern i flomsedimenter

Totalinnhold

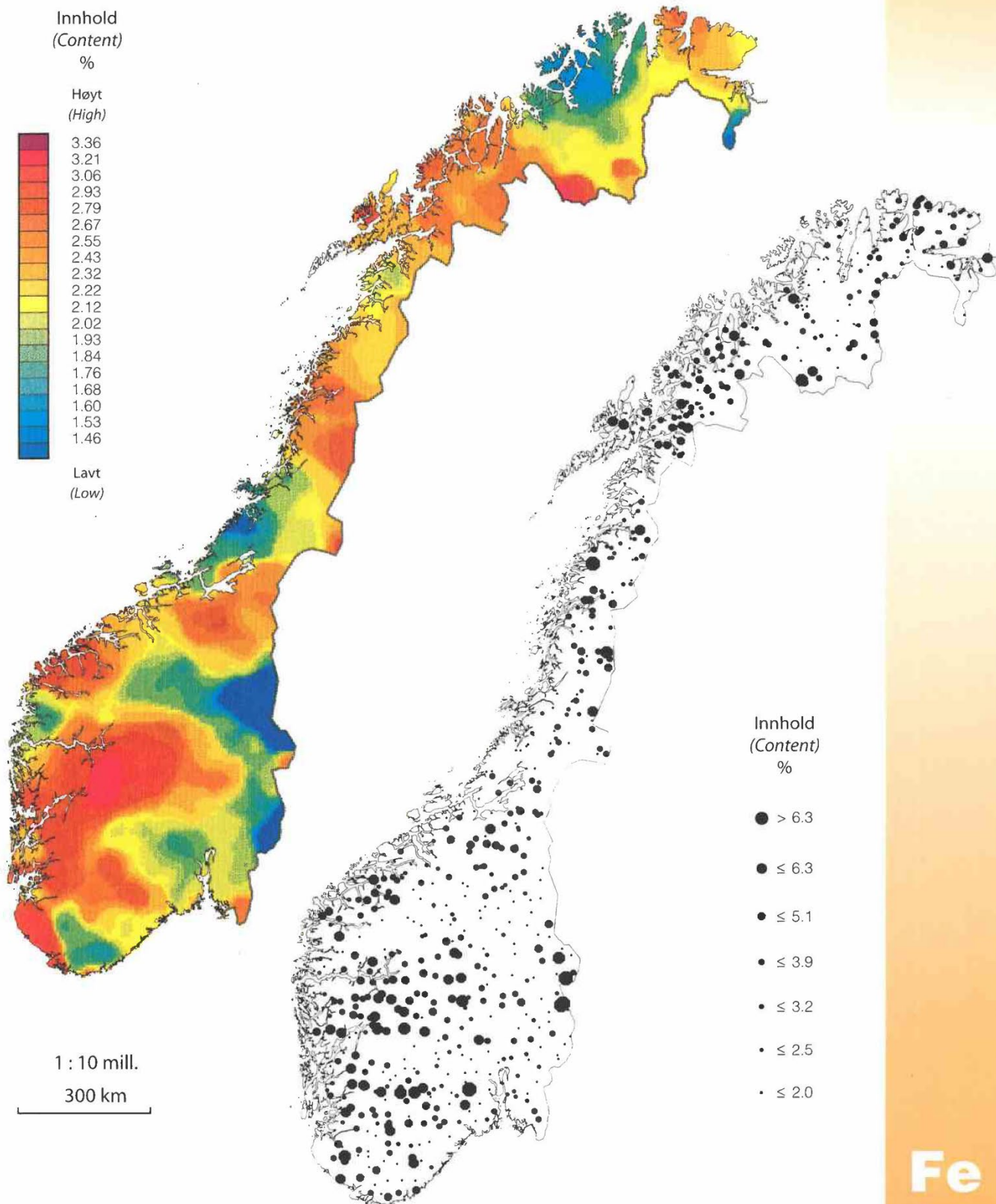
(Iron in overbank sediments: Total content)



Jern i flomsedimenter

Syreløselig del

(Iron in overbank sediments: Acid-soluble part)



Mangan

Mangan (Mn) forekommer i relativt små mengder i jordskorpen (950 mg/kg). Grunnstoffet opptrer ofte sammen med jern. Viktige vertsmineraler er pyrolusitt, manganitt, rhodochrositt og mangan-silikat. Mangan forekommer også som sporelement i jern-magnesium-silikater og kalsiumholdige mineraler.

Mangan følger jern (Fe^{2+}) under forvitring og er mobilt i surt, reduserende miljø og immobil i lite surt, oksiderende miljø. Mangan er et nødvendig grunnstoff for de fleste planter og dyr. Grunnstoffet inngår i metalliske enzymer og proteiner. Mangel på mangan fører til ufruktbarhet hos pattedyr. Mangan konsentreres i lever og nyre. Mangan er moderat giftig ved høye konsentrasjoner.

Verdensproduksjonen av manganmalm er cirka 20 millioner tonn per år. Over 90 % av produksjonen brukes i jern- og stålindustrien der en utnytter grunnstoffets evne til å fjerne oksygen og svovel under fremstillingen av stål. Manganholdig stål er meget hardt, seigt og slitesterkt og brukes blant annet i jernbaneskinner og steinknuser. Mangan inngår også i kobberlegeringer som skal tåle sjøvann, for eksempel skipspropeller. Til vår store ferrolegeringsindustri importeres det hvert år over 700 000 tonn manganmalm. Over 90 % sendes ut av landet igjen i foredlet form. Forurensning med mangan synes å være av liten betydning i forhold til naturlig forekommende mengder av grunnstoffet.

Kommentarer til kartet (totalinnhold)

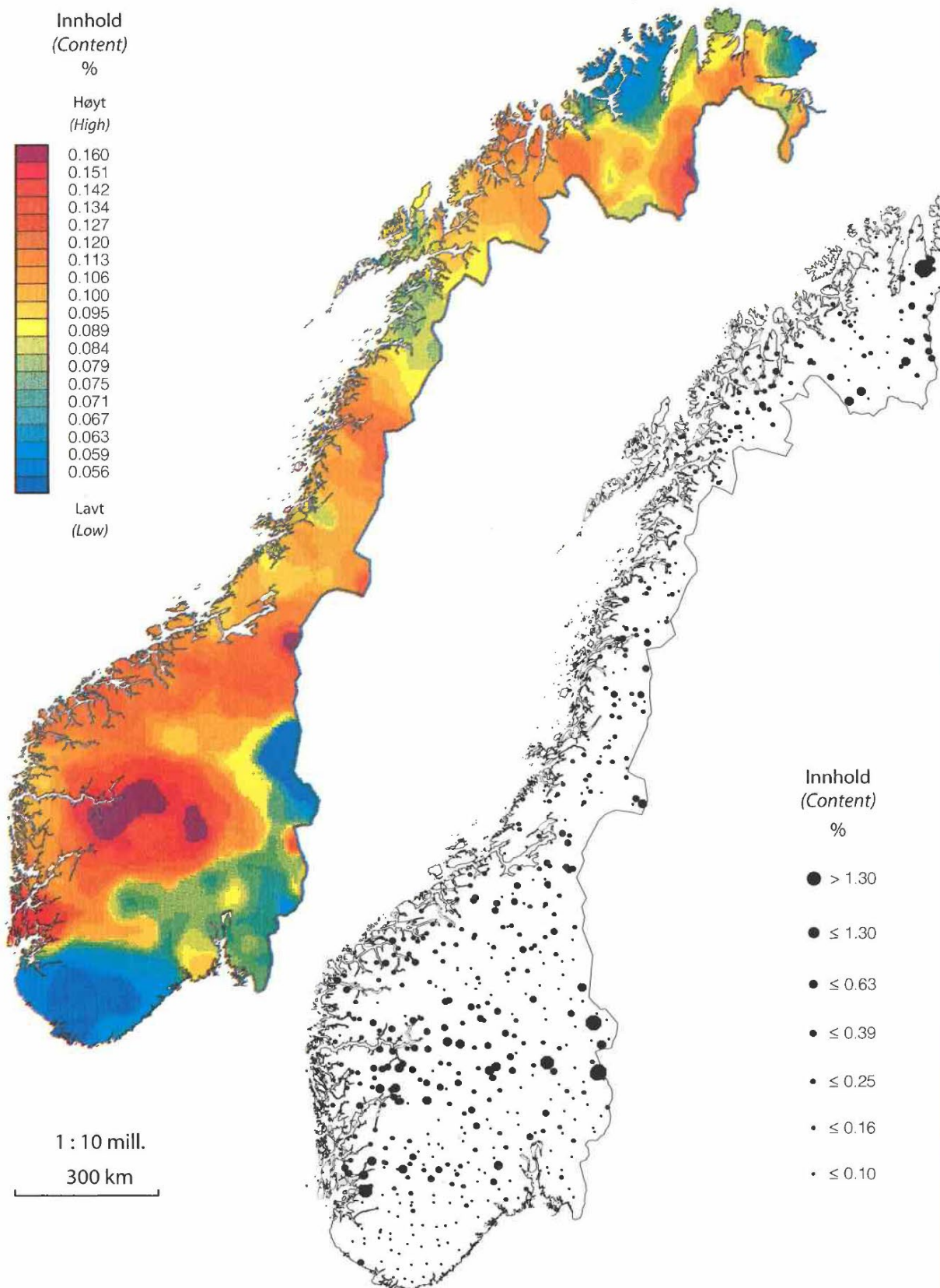
Gjennomsnittsinholdet av mangan i norske flomsedimenter er likt gjennomsnittet i jordskorpen. Innholdet i flomsedimentene varierer med en faktor på cirka 160 mellom høyeste og laveste verdier. Den geografiske fordelingen av mangan følger ikke kjente geologiske grenser. Et fremherskende trekk er to øst-vest-gående manganbelter i Sør-Norge. Manganverdiene samvarierer mest med sink og kobolt. Dette indikerer at hovedkilden til mangan i flomsedimenter er sekundære jern- og manganmineraler.

Aritm.gj.snitt:	0,093 %
Median:	0,077 %
Minimum:	0,008 %
Maksimum:	1,293 %

Mangan i flomsedimenter

Totalinnhold

(Manganese in overbank sediments: Total content)



Lantan

Lantan (La) er det første i rekken av sjeldne jordelementer (lantanider), som forekommer i små mengder i jordskorpen (30 mg/kg). Lantanider er et samlenavn på visse metalliske grunnstoffer med lignende egenskaper, som er oppkalt etter det letteste av dem. Viktige vertsmineraler er monazitt, bastnaesitt og allanitt. Grunnstoffet forekommer også som sporelement i kalsiummineraler som apatitt, titanitt og epidot.

Lantan er lite mobilt under forvitring. Grunnstoffet synes å være uten kjent biologisk funksjon.

Verdensproduksjonen er liten, men økende og har i vår tid nådd cirka 1000 tonn per år. Lantan brukes i mange forskjellige produkter som for eksempel lightere, glass og diverse høyteknologi-produkter. Menneskelig tilførsel av lantan til miljøet er antakelig liten i forhold til den naturlige forekomsten.

Kommentarer til kartet (syreløselig del)

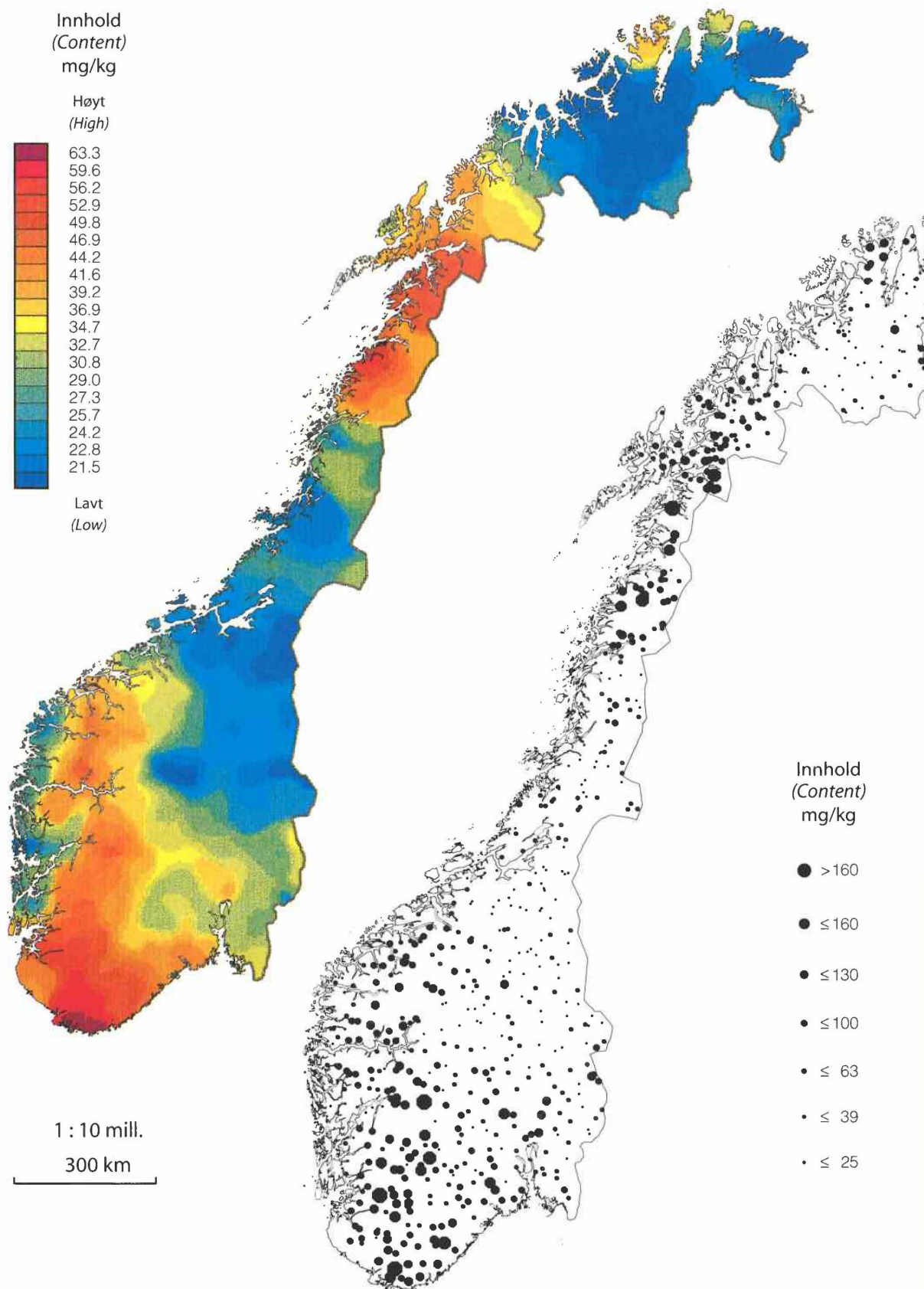
Norske flomsedimenter inneholder omtrent like mye syreløselig lantan som jordskorpen i gjennomsnitt (totalinnhold). Innholdet i flomsedimenter varierer med en faktor på cirka 260 mellom laveste og høyeste verdier. Prøvene fra det sørligste Norge og nordligste del av Nordland har høyest innhold. Dette er områder rike på granittiske bergarter. Fordelingsmønsteret for lantan ligner svært mye på det for cerium. Lantan samvarierer ellers mest med zirkon og molybden. Det antas at de viktigste vertsmineralene for lantaninnholdet i flomsedimentene er monazitt, bastnaesitt og apatitt.

Aritm.gj.snitt:	37 mg/kg
Median:	31 mg/kg
Minimum:	1,0 mg/kg
Maksimum:	260 mg/kg

Lantan i flomsedimenter

Syreløselig del

(Lanthanum in overbank sediments: Acid-soluble part)



Surhetsgrad pH

Surhetsgraden (pH) er målt i vann som har vært i kontakt med prøvene i 2 timer. Vannet hadde opprinnelig en pH på 5.

pH-kartet indikerer flomsedimentenes evne til å påvirke pH i nedbør. Dette er viktig for hvilken pH vi finner i bekker og elver.

Prøvene fra områder med grunnfjellsberggrunn har den laveste pH og dermed minst evne til å nøytralisere sur nedbør. Dette har fått store følger på Sørlandet, der overflatevann har blitt surt på grunn av sur nedbør og liten bufferevne i berggrunnen og løsmassene.

Legg merke til at svart/hvitt-kartet angir de høyeste verdiene med liten punktstørrelse.

pH i vannoppslemminger av flomsedimenter

(pH in water suspensions of overbank sediments)

