



SINTEF

Virus i norske grunnvannskilder – er det behov for en bedre indikator?

Hanne M. L. Kvitsand Forsker/PhD,
SINTEF Vann og miljø



SINTEF

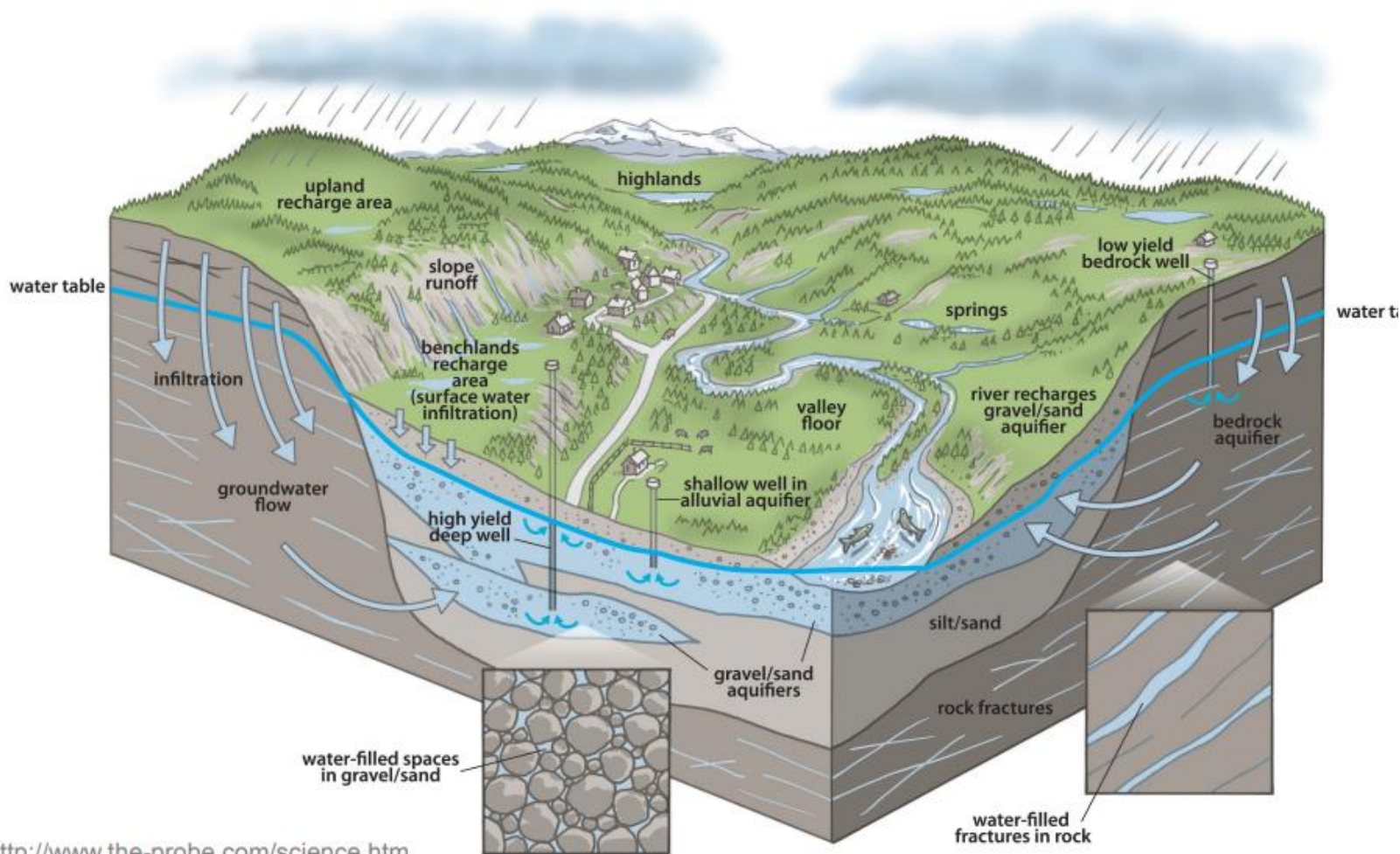
Innhold

- Grunnvannsforsyning i Norge
- Kolifager i grunnvann – eksempler
- Risiko- og sårbarhet



SINTEF

Grunnvannsforsyning i Norge



Tabell 5.2: Oversikt over antall forsynt av ulike typer grunnvannsbrønner. 2011

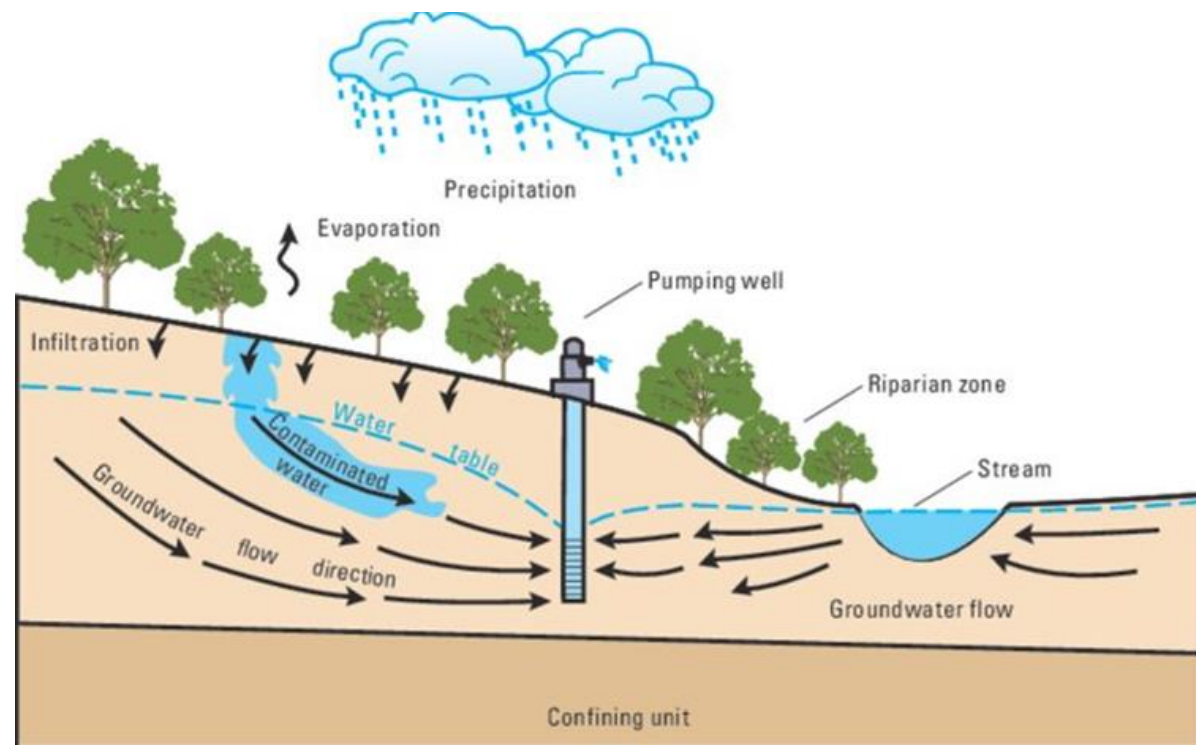
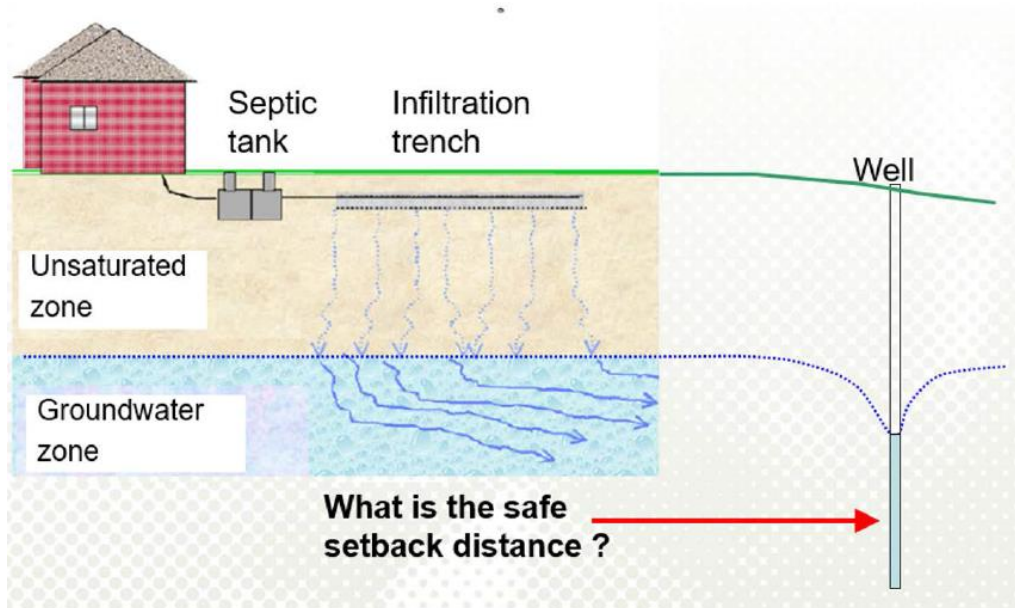
Grunnvannskildetype	Antall vannverk	Antall personer forsynt	Gjennomsnittsstørrelse
Borebrønn (løsmasse)	321	353 800	1 100
Borebrønn (fjell)	185	42 400	200
Kildeutspring (oppkomme)	112	34 300	300
Annet (bl.a. gravd brønn)	18	5 700	300
Sum *	620	436 200	700

Myrstad et. Al. (2016): Vannrapport 122. Rapport fra vannverksregisteret. Drikkevannstatus (data fra 2011). FHI.



SINTEF

Forurensning med virus i grunnvann





Virus og kolifager i grunnvann

- Internasjonale studier / undersøkelser
- Norske?

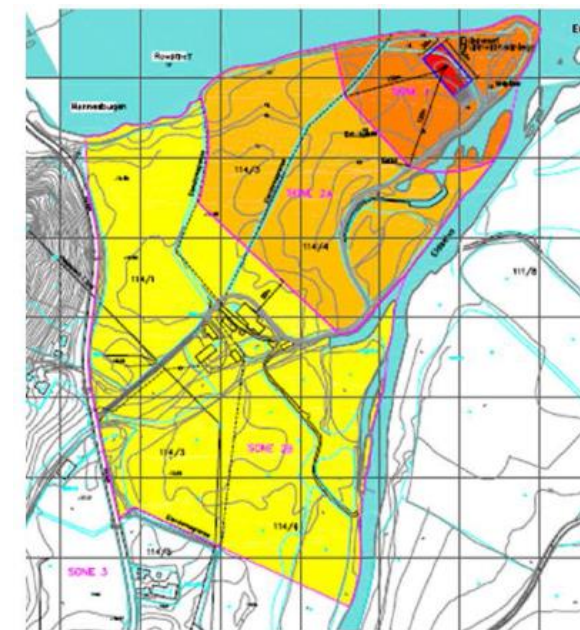
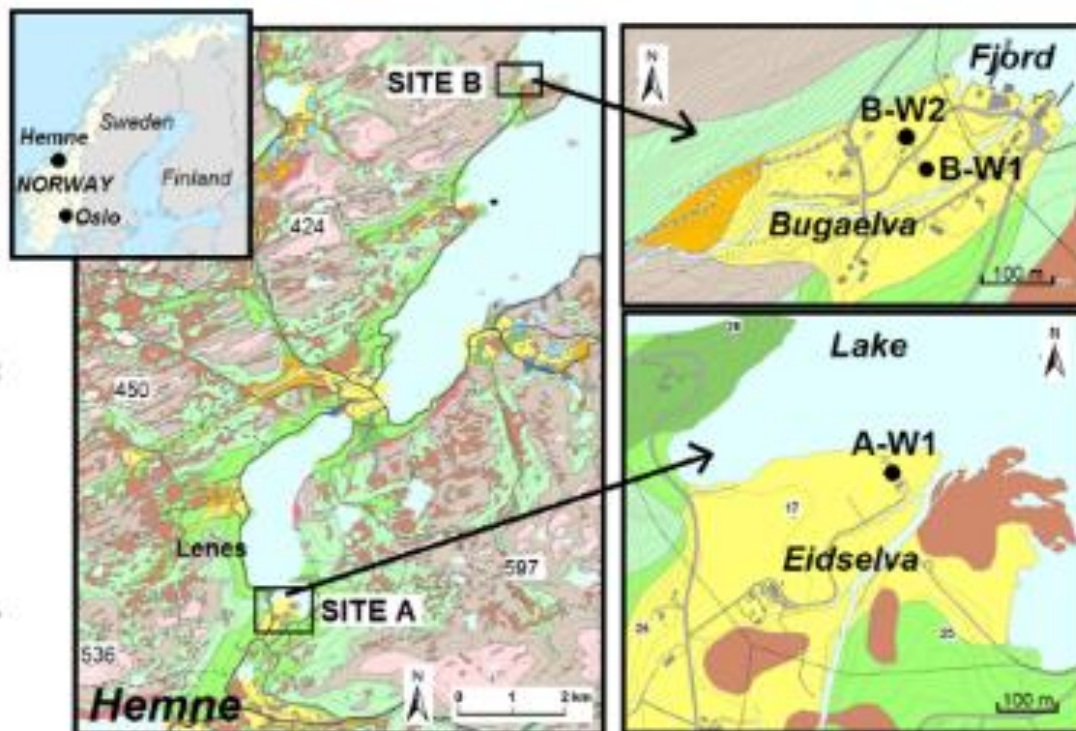


SINTEF

Undersøkelse av naturlig forekommende kolifager To vannverk i Trøndelag

Legend

- Thin till
- Thick till
- Ablation till
- Till
- Glaciofluvial deposit
- Glaciolacustrine dep.
- Thin marine deposit
- Thick marine deposit
- Marine beach deposit
- Fluvial deposit
- Aeolian deposit
- Weathered material
- Mass-movement mat.
- Glacial rock deposit
- Peat and swamp
- Thin humus/peat dep.
- Landfill
- Exposed bedrock



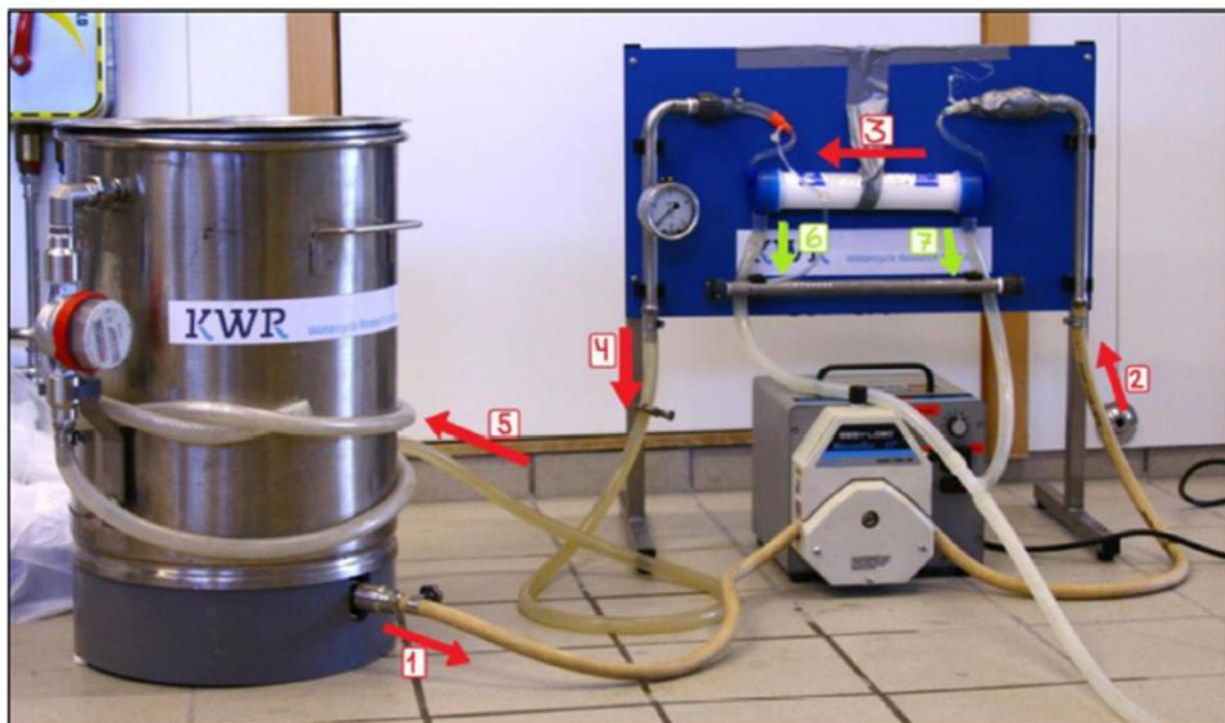
Kvitsand et al. (2017): [Evaluation of bank filtration as a pretreatment method for the provision of hygienically safe drinking water in Norway](#)

Beskyttelsessone 0 - 3



SINTEF

Oppkonsentrering av prøver for fagedeteksjon



Prøvevolum:

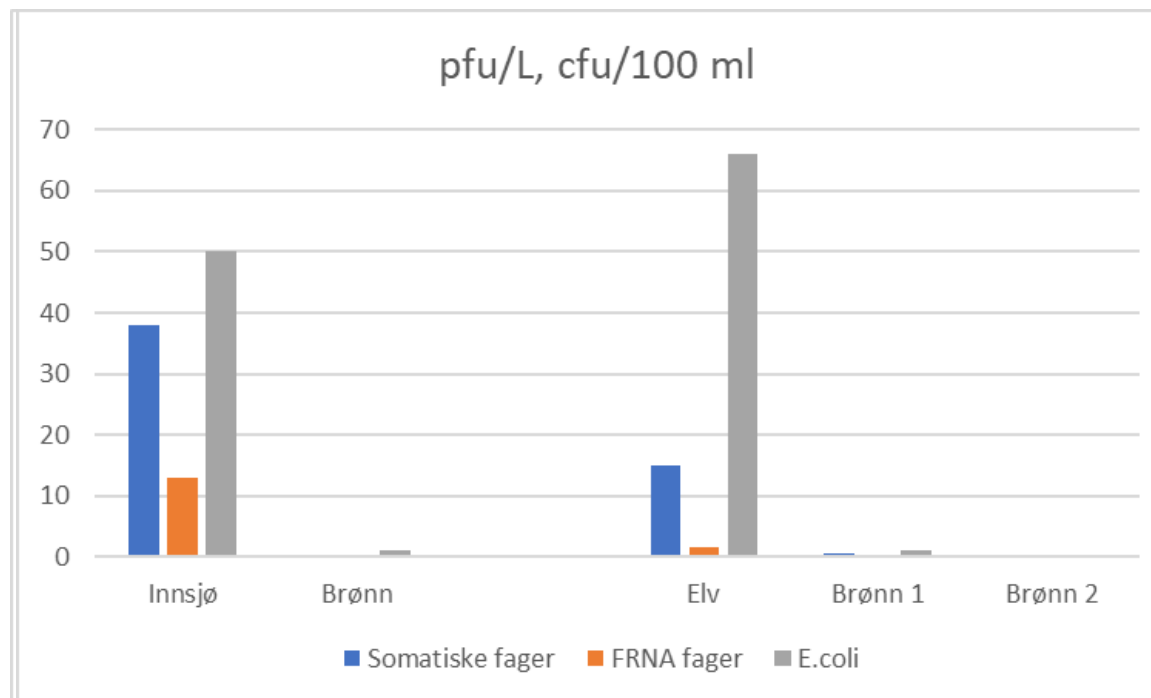
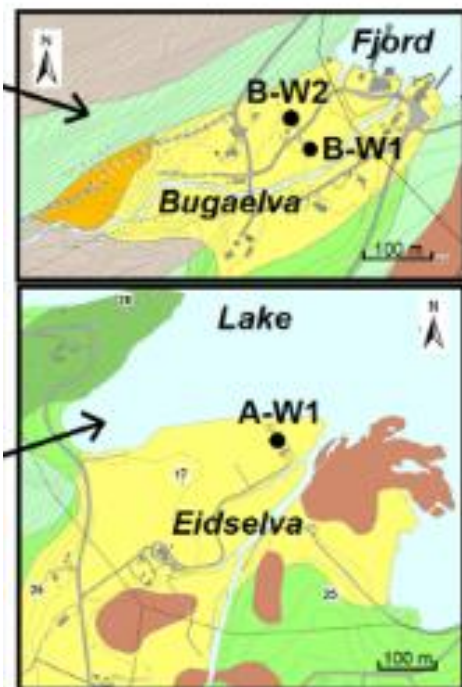
- 70 – 100 L innsjø og elv
- 100 – 150 L brønnvann

Figure 2-9. Concentration of large water volumes for detection of bacteriophages. The arrows indicate the flow direction in the system; read arrows show the recirculation of the water sample whereas green arrows under the membrane filter show permeate (clean water) flow direction.



SINTEF

Deteksjoner - fager og indikatorbakterier



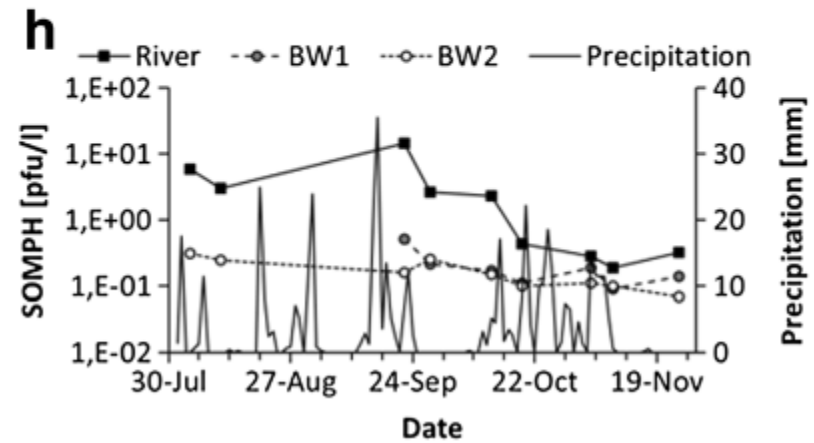
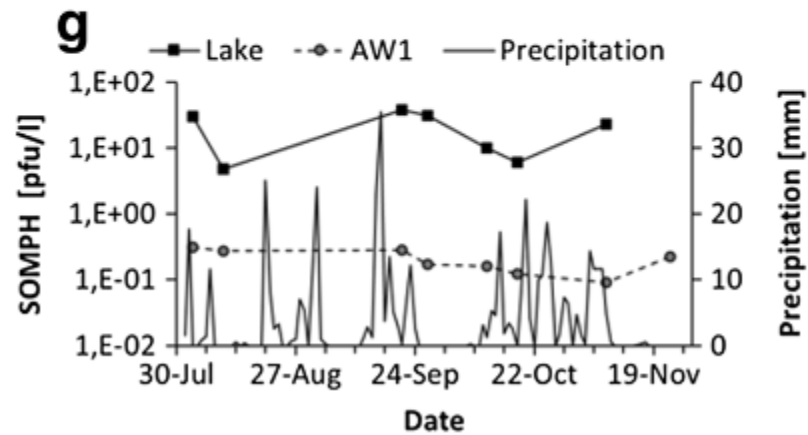
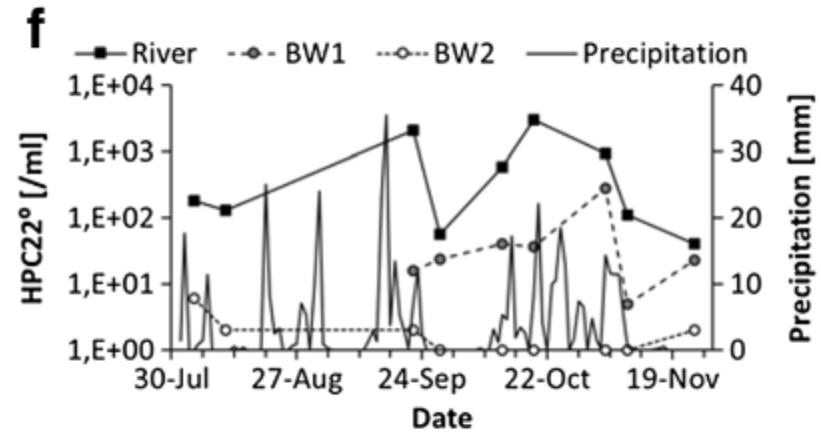
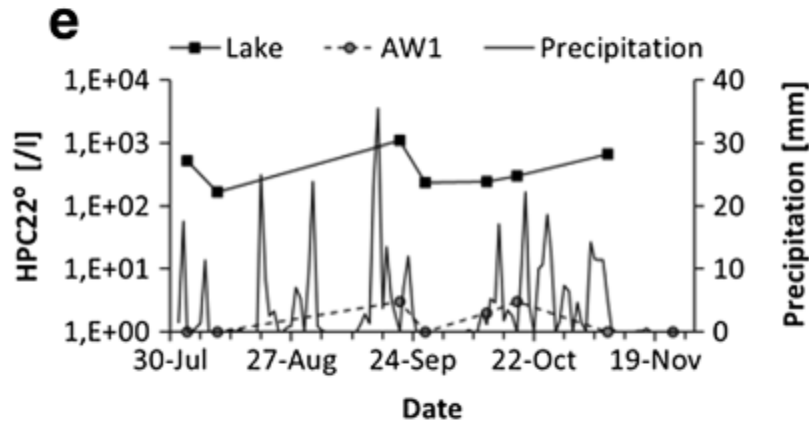
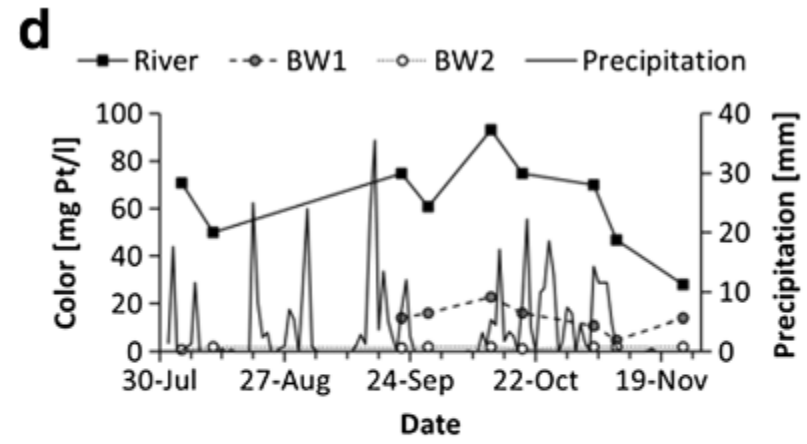
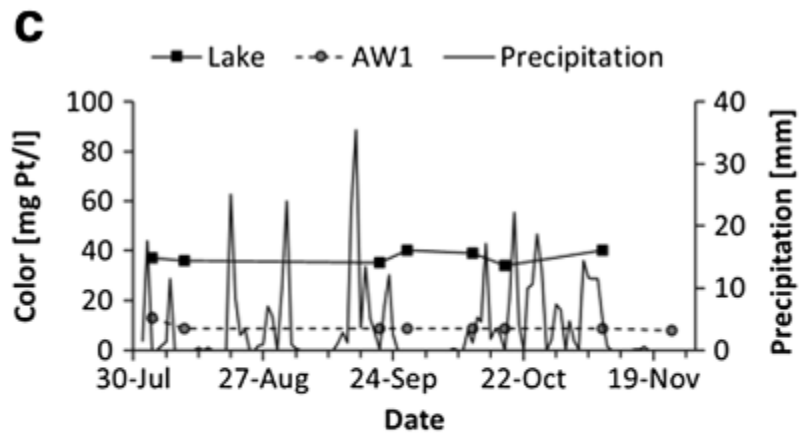


SINTEF

Table 3 Concentrations of microorganisms at site A and B and their reductions from source to well water

	Location	Pos./n ^a	\bar{C} ^b	C_{\max} ^b	C_{\min} ^b	Log ₁₀ reduction
Somatic phages						
Site A	Lake	7/7	4.4	38	5	-
	A-W1	1/8	≤0.0028	0.22	<0.10	≥3.2
Site B	River	6/9	0.7	15	<0.10	-
	B-W1	1/7	≤0.0072	0.52	<0.10	≥1.9
	B-W2	0/9	<0.0015	<0.10	<0.10	>2.7
F+ phages						
Site A	Lake	7/7	1.1	13	0.28	-
	A-W1	0/8	<0.0013	<0.10	<0.10	>2.9
Site B	River	4/9	0.07	1.6	<0.10	-
	B-W1	1/7	≤0.0012	0.11	<0.10	≥1.6
	B-W2	1/9	≤0.0030	0.31	<0.10	≥1.3
<i>E. coli</i>						
Site A	Lake	6/7	0.14	50	<1	-
	A-W1	1/8	≤0.0013	1	<1	≥2.1
Site B	River	7/9	0.14	66	<1	-
	B-W1	3/7	≤0.0043	1	<1	≥1.5
	B-W2	0/9	<0.0011	<1	<1	>2.1
Total coliforms						
Site A	Lake	7/7	0.78	200	11	-
	A-W1	1/8	≤0.0013	1	<1	≥2.8
Site B	River	8/9	0.97	330	<1	-
	B-W1	4/7	0.011	4	<1	1.9
	B-W2	0/9	<0.0011	<1	<1	>2.9
HPC 22^{oc}						
Site A	Lake	7/7	467	1,100	170	-
	A-W1	5/8	1.13	3	<1	≥2.6
Site B	River	9/9	793	3,000	40	-
	B-W1	7/7	60.7	280	5	1.1
	B-W2	5/9	≤1.44	6	<1	≥2.7

^aNo. positive samples/no. tested^b \bar{C} , average microorganism concentration; C_{\max} , maximum concentration; C_{\min} , minimum concentration. Concentration units: *pfu* plaque forming units per liter (Somatic and F+ phages); *cfu* colony forming units per 100 ml (*E. coli* and total coliforms)^cNumber per ml





SINTEF

Fullskala forsøk med lab-fager (MS2 og St.28B) i løsmasseakvifer

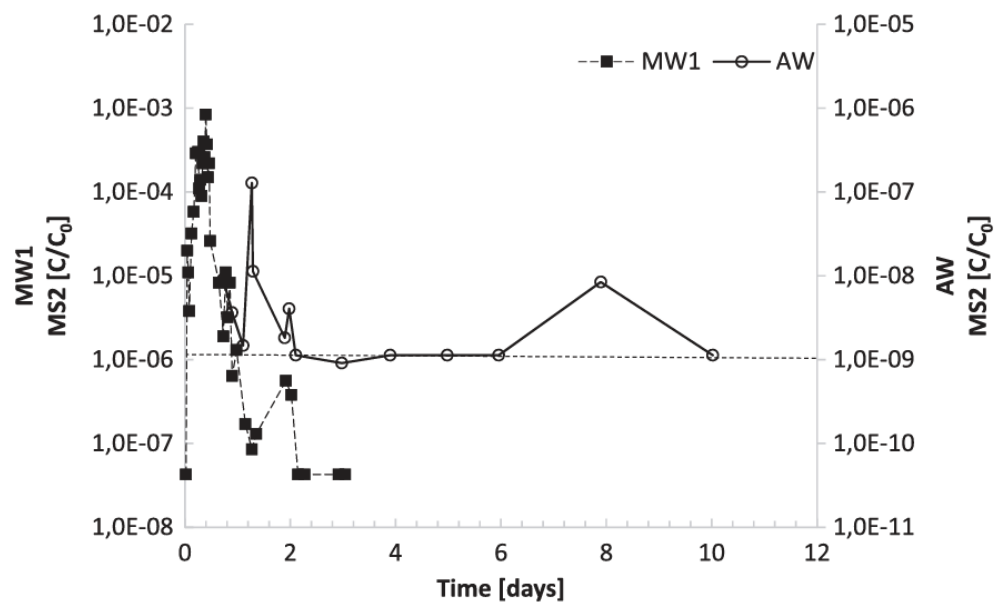
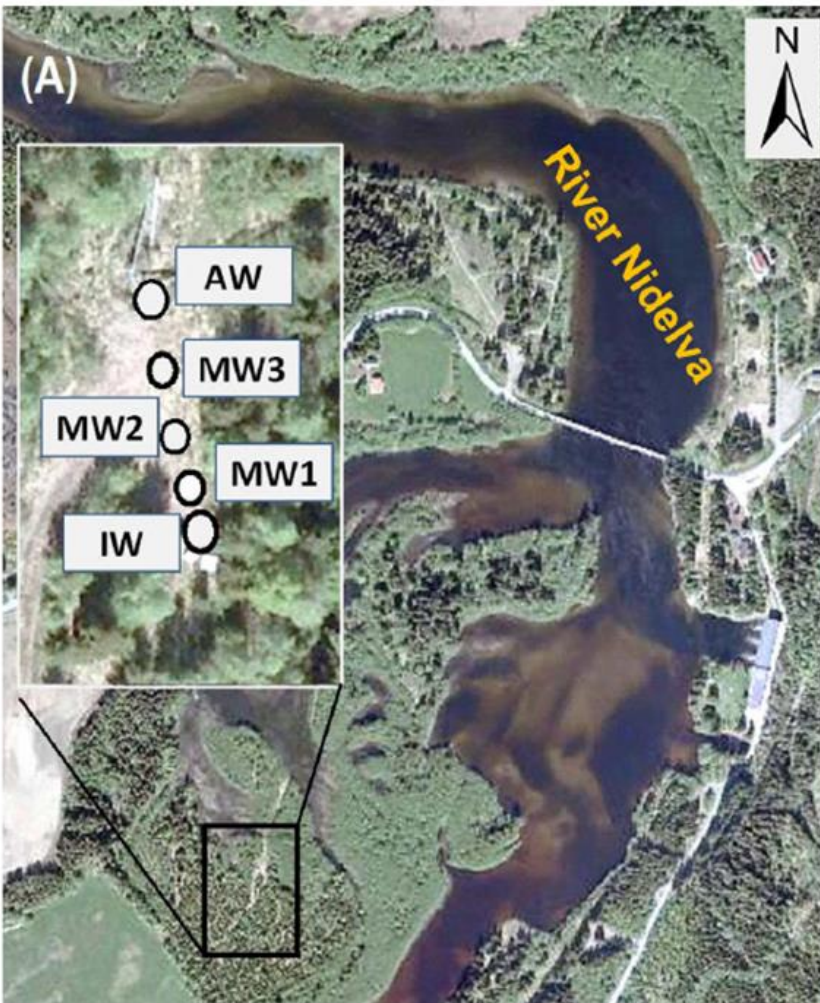


Figure 5. Normalized breakthrough curves of MS2 plotted on a semilogarithmic scale at MW1 (filled squares) and AW (open circles). Notice the different scale of the y axes. Dashed lines represent the detection limits of samples from the two wells.

Kvitsand et al. (2015): [Rapid bacteriophage MS2 transport in an oxic sandy aquifer in cold climate](#)

Fullskala forsøk med lab-fager (MS2 og St.28B) i løsmasseakvifer

Trøndelag

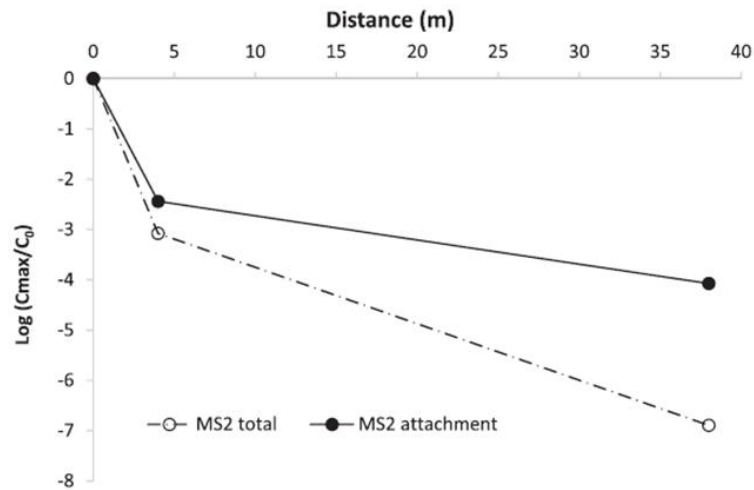
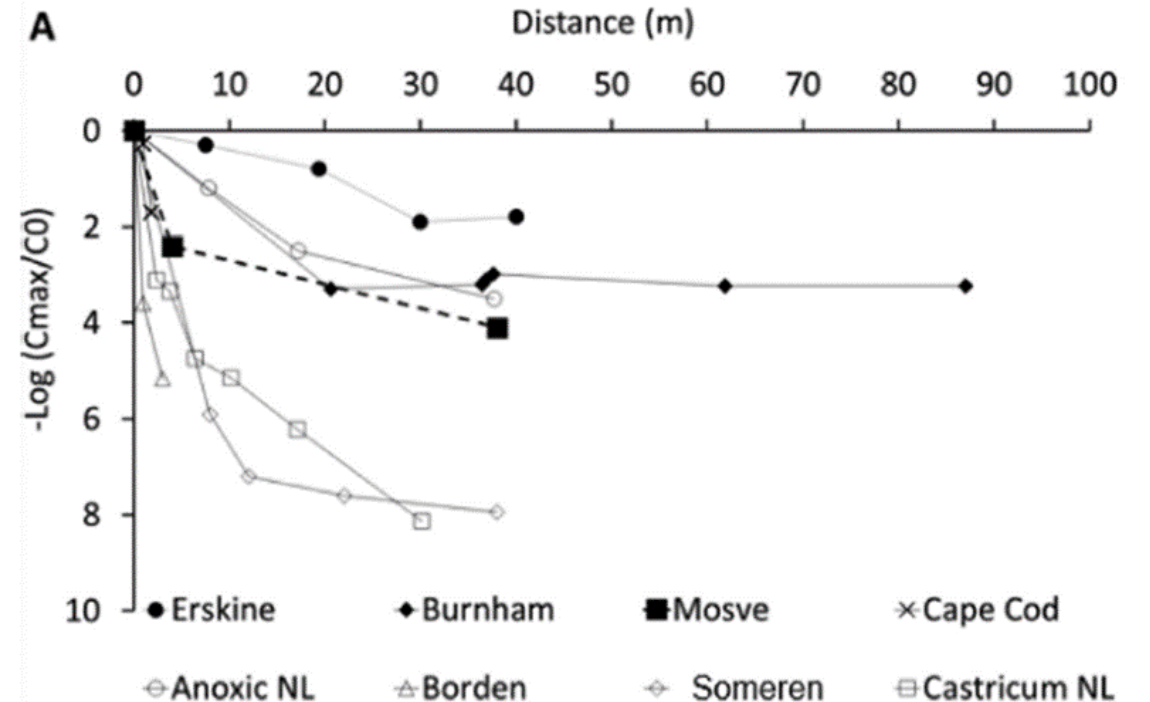


Figure 7. Log removal of MS2 as function of distance. The dashed line represents the total removal, while the full line represents the total removal corrected for dilution and dispersion factor from the chloride breakthrough curve.

Internasjonalt





Virus i grunnvann

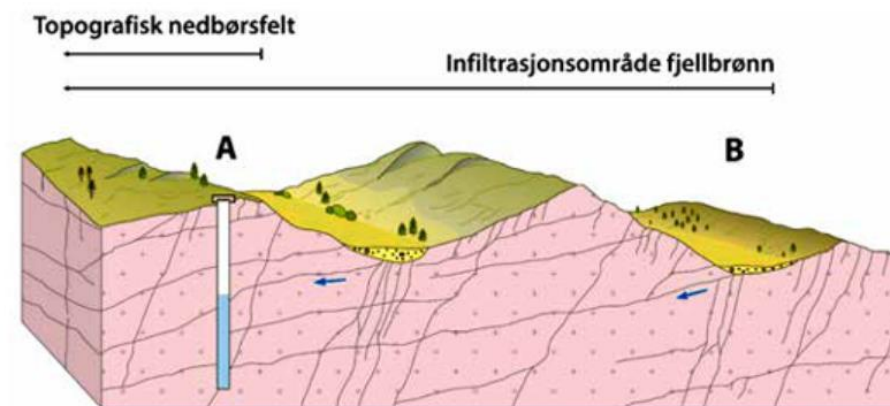
- Er det behov for en bedre indikator?



SINTEF

Risiko- og sårbarhet

- Type akvifer (sand - grus - fjell)
- Områdebeskyttelse og estimert oppholdstid i grunnen
- Aktiviteter i tilsigsområdet
- Historisk grunnvannskvalitet (ofte brønnvannsmålinger)
- Forventede endringer i uttak (Q) → påvirker oppholdstid og sammensetning av brønnvann
- Effekt av fremtidige klimaendringer
- Vannverkets større



Figur 3 Borebrønner i fjell kan trekke til seg vann langt utover brønnens topografiske nedbørsfelt. Brønn A kan bli forurensset fra for eksempel et deponi ved B via berggrunnens sprekkesystem. Opprinnelig basert på Eckholdt & Snilsberg (1992), nytegnet i Gaut (2010).



SINTEF

Risiko- og sårbarhet

Dype løsmassebrønner:

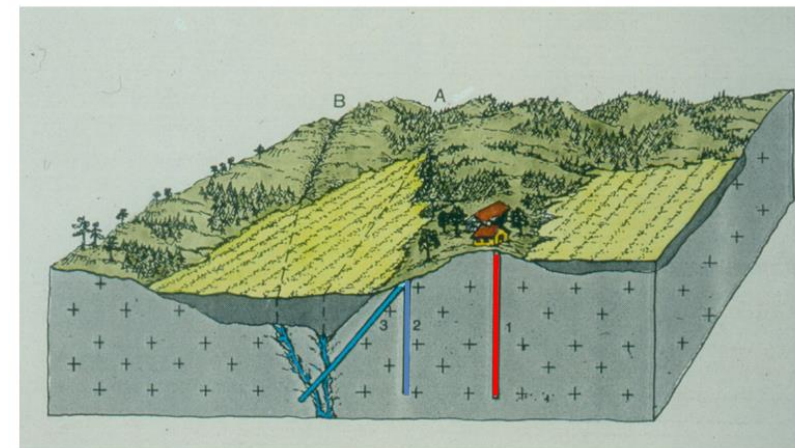
- Vanligvis lang nok oppholdstid og tilstrekkelig overdekning
- MEN: ofte store anlegg → forsyner mange personer

Grunne brønner med induisert infiltrasjon

- Ofte < 60 døgn mot vassdrag, noen meter overdekning
- Middels store anlegg

Fjellbrønner

- Mer usikker oppholdstid, liten løsmasseoverdekning
- Små anlegg



Figur 6: Brønners sårbarhet og risiko for forurensning. Brønn 1 er lokalisert i et område med liten løsmasseoverdekning, og er derfor mer sårbar mot forurensning enn brønn 3, hvor grunnvannet er beskyttet av løsmasseavsetninger. Er berggrunnen oppsprukket i overflaten, eller det er foretatt sprengningsarbeider, kan brønn 1 bli påvirket av forurensende aktiviteter på overflaten.
Tegning: Steinar Skjeset (GEFO / Jordforsk).



SINTEF

Risiko- og sårbarhet

- Så fremt 60 døgn oppholdstid oppnås gir dette god rensing i de fleste norske «drikkevannsakviferer»
- Anbefaler likevel UV ved nye anlegg ut fra stedsspesifikk risikovurdering
- Kan benytte unntaket i drikkevannsforskriften for mindre anlegg med god historisk vannkvalitet
- Grunnvann fra fjellbrønner:
 - Større sårbarhet
 - Vanskeligere å kartlegge strømningsveier → krever omfattende hydrogeologiske undersøkelser som koster mer enn etablering av UV



SINTEF

Oppsummering

- Grunnvann i Norge – porøse, inhomogene løsmasser eller sprekkeakviferer
→ Kortslutning i strømningsvei kan gi forurensning av grunnvann/drikkevann
- Virus er påvist i grunnvann internasjonalt – ingen studier i Norge
- Kolifager påvist i lave konsentrasjoner i overflatevann (< 50 pfu/L) og i brønnvann (< 1 pfu/L) i Norge
 - → behov for flere studier av virus og fager i grunnvann i Norge
- Standard indikatorbakterier gir sammen med andre vannkvalitets- og strømningsparametere informasjon om brønnenes sårbarhet for forurensning
- Stedegne hydrogeologiske undersøkelser er alltid viktig!
- Behov for desinfeksjon må vurderes



SINTEF

Teknologi for et
bedre samfunn