

Er grunnvann godt nok drikkevann uten desinfeksjon?

Hanne M. L. Kvitsand

Asplan Viak AS/NTNU

Drikkevannsforskriften

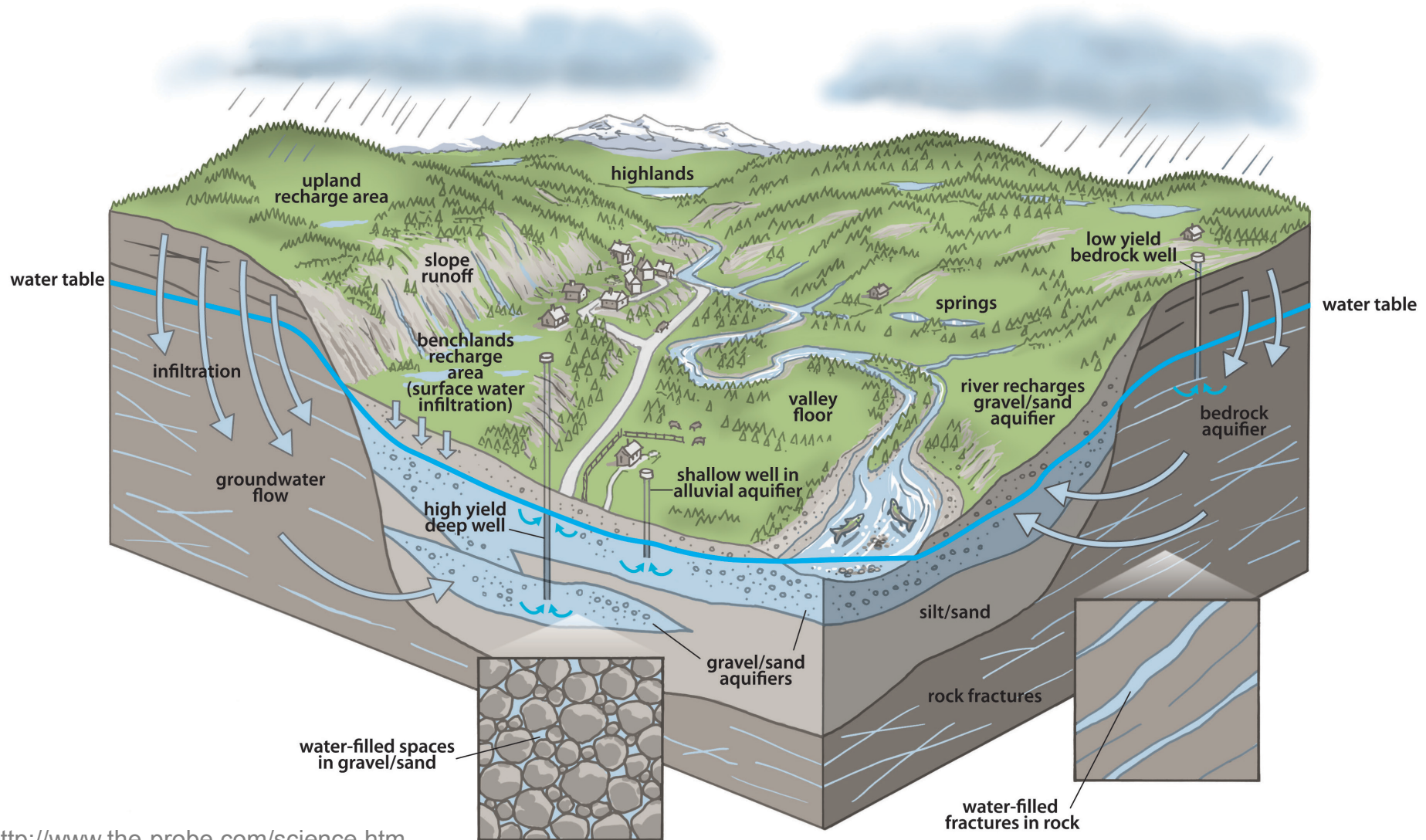
- § 14 Krav til vannkilde og vannbehandling for godkjennings- og meldepliktige vannforsyningssystem:

Minimum 2 hygieniske barrierer i vannforsyningssystemet
→ vannkilde(r), beskyttelse, vannbehandling

En av disse skal sørge for at drikkevann blir desinfisert eller behandlet på annen måte for å fjerne, uskadeliggjøre eller drepe smittestoffer.

Mattilsynet kan, så fremt det kan vises at summen av virkningen av beskyttelse av vannkilden og forholdene i grunnen til sammen er hygienisk betryggende, i den enkelte sak bestemme at vann fra grunnvannskilde ikke behøver desinfiseres eller behandles som nevnt.

“Drikkevannsakviferer” i Norge



Anbefalte kriterier for hygienisk sikkerhet

Grunnvann

- ≥ 3 m overdekning helst med lavpermeable masser (leir, silt, finsand)
- 60 døgn oppholdstid
- God områdebeskyttelse
- Fjellbrønner i sprekkeakviferer:
 - Sårbare og uoversiktlige
 - Desinfeksjon som for overflatevann

Vannbehandling av overflatevann

Bakterier

3 log reduksjon

Virus

3 log reduksjon

Parasitter

2 log reduksjon

Mikrobiell BarriereAnalyse (MBA) – tidligere God Desinf.praksis (GDP) (Ødegaard og Østerhus 2014)

Size of water system		Raw water quality level			
		A	B	C	D
< 1000 persons connected	Barrier level required	3.0b + 3.0v + 2.0p	4.0b + 4.0v + 2.0p	a. 4.5b + 4.5v + 2.5p b. 4.5b + 4.5v + 3.0p c. 4.5b + 4.5v + 3.5p	a. 5.0b + 5.0v + 3.0p b. 5.0b + 5.0v + 3.5p c. 5.0b + 5.0v + 4.0p
1000 – 10.000 persons connected		3.5b + 3.5v + 2.5p	4.5b + 4.5v + 2.5p	a. 5.0b + 5.0v + 3.0p b. 5.0b + 5.0v + 3.5p c. 5.0b + 5.0v + 4.0p	a. 5.5b + 5.5v + 3.5p b. 5.5b + 5.5v + 4.0p c. 5.5b + 5.5v + 4.5p
> 10.000 persons connected		4.0b + 4.0v + 3.0p	5.0b + 5.0v + 3.0p	a. 5.5b + 5.5v + 3.5p b. 5.5b + 5.5v + 4.0p c. 5.5b + 5.5v + 4.5p	a. 6.0b + 6.0v + 4.0p b. 6.0b + 6.0v + 4.5p c. 6.0b + 6.0v + 5.0p

New actions in catchment area and water source – Groundwater - Maximum log-credit for actions in various groundwater wells (see table 2.5, 2.6 and 2.7), of which - Maximum log-credit for raw water monitoring actions (see table 2.8)	2.0b + 2.0v + 1.25p 0.75b + 0.75v + 0.5p
---	--

Grunnvannsforsyning i Norge

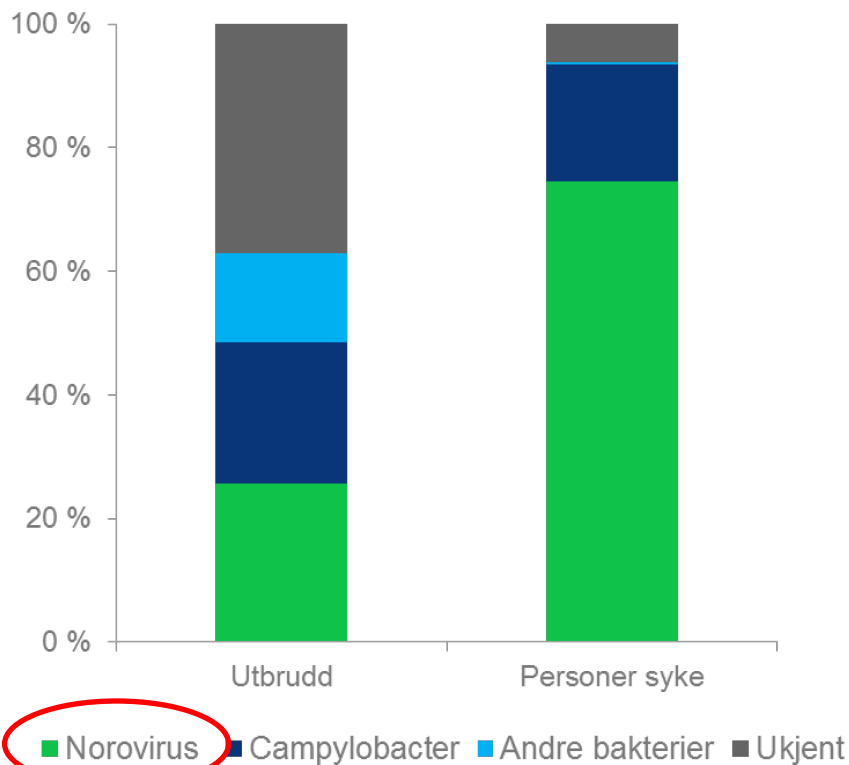
<i>Data fra VREG - 2010</i> Grunnvannskilde	Antall vannverk	Antall personer forsynt	Gjennomsnittsstørrelse
Løsmassebrønn	279	375 400	1 345
Fjellbrønn	130	23 500	181
Kilde/oppkomme	70	15 000	215
Annet (bl.a. gravd brønn)	14	5 800	413
Ukjent (ikke spesifisert)	4	600	
Sum	497	420 300	846

61 % uten
desinfeksjon

73 % uten
desinfeksjon

Grunnvannsrelaterte sykdomsutbrudd

Perioden 1987 – 2004 (*Kvitsand & Fiksdal 2010*)

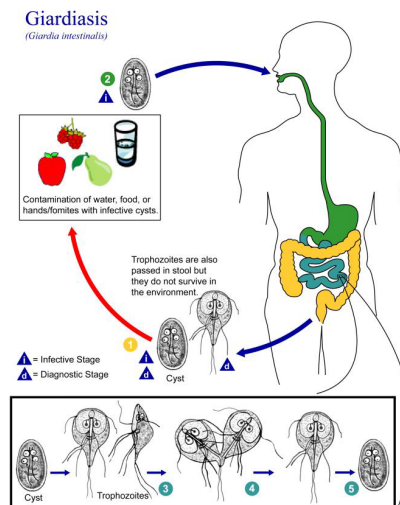
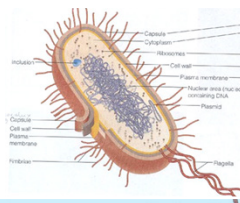
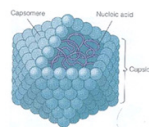


1987 - 2004

Smittestoff	Antall utbrudd (personer syke)
Norovirus	9 (4067)
Campylobacter	8 (1026)
F. tularensis	3 (22)
Salmonella	1 (3)
Shigella	1 (2)
Ukjent	13 (332)
Total	35 (5452)

Alle utbrudd ved forsyninger uten desinfeksjon

Vannbårne smittestoffer



	VIRUS (biokolloider)	BAKTERIER (prokaryoter)	PARASITTISKE PROTOZOER (eukaryoter)
Størrelse	0,01 – 0,03 µm	1 – 10 µm	ca 10 µm
Infeksjonsdose	Lav (<100 virus)	Lav til høy (> 10 000)	Lav (<100 parasitter)
Overlevelse i kaldt vann	Flere måneder	Dager til måneder	Uker til måneder
Biologi	- Invaderer vertsceller, tar kontroll over materialet i vertscellen og lager stort antall kopier av seg selv - Proteinkapsid = innkapsling	- Formeres ved celledeling - Cellemembran/sporer	- Formeres ved deling i tarmen - I naturmiljøet: cyster/oocyster = innkapsling

Hvor kommer de fra?



Norovirus:

- Infisert person:
 10^{12} virus per gram oppkast/avføring
- Spres til naturen via avføring fra mennesker

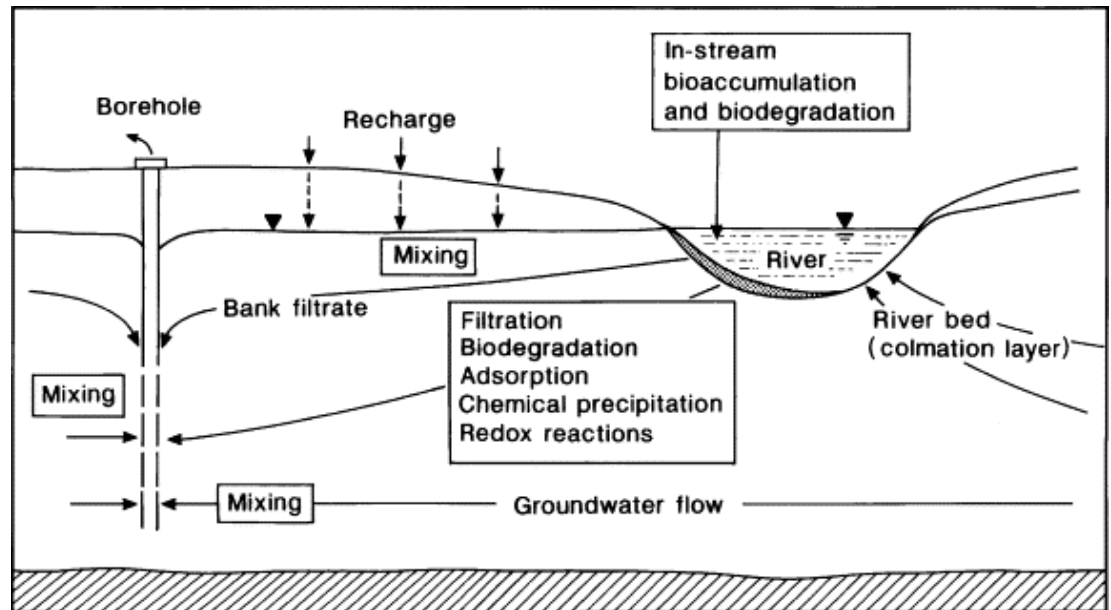
Campylobacter:

- Vanlig i tarmen hos husdyr, ville fugler og ville dyr
- Spres til naturen via avføring fra dyr

Hva skjer med smittestoffene i grunnvann?

Tre hovedprinsipp:

- Spredning/fortynning
- Inaktivering/død
- Fjerning fra vannfasen

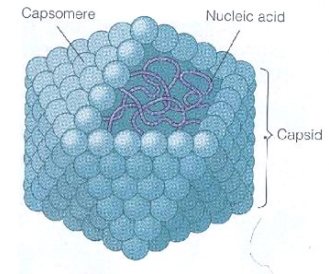


Prosesser som påvirker vannkvalitet ved løsmasseinfiltrasjon (Hiscock og Grischek 2002).

Hva skjer med smittestoffene i grunnvann?

Inaktivering/død

- Utenfor sitt vante miljø i tarmen → utsettes for «stress»
 - Temperatur, vannmetning, O₂, partikkeladsorpsjon, sollys, mikrobiell aktivitet, næringsstoffer, metalloksider, pH, frysing/tining...
 - Ødeleggelse av
Kapsid/cellemembran/spore/cyste
Proteiner, enzymer, DNA/RNA
- Robuste smittestoffer: virus, parasitter, sporedannende bakterier



Inaktiveringsrater ved vanntemperatur < 10 – 12 °C

Norovirus: < 0.02 log/døgn; Campylobacter: < 0.05 log/døgn

Hva skjer med smittestoffene i grunnvann?

Fjerning fra vannfasen

- Gjensettes i akvifermaterialet
- Siling og filtrering
 - Porestørrelse, vannhastighet, O_2 , vannkjemi og –temperatur, ...
 - Grunnvann i fjell ekstra sårbart – løsmasseoverdekke viktig
- Robuste smittestoffer: virus, bakterier



Litt om 60 døgns oppholdstid

- tilstrekkelig for å *inaktivere* (?) bakterier og virus

- Basert på forsøk utført i Tyskland på 1930-tallet (Knorr 1937)
 - Ingen bakterier i brønn etter 40 – 50 d i mettet sone
 - Virus?
- *Schijven et al. (2006)*: 60 døgns ok for oksiske akviferer i Nederland
- *Van der Wielen et al. (2008)*: 110 døgns for anoksiske ($< 0.5 \text{ mg/l O}_2$)
- Klæbu/Hemne (2009 – 2012): 60 døgns $> 3 \text{ log}$ reduksjon i oksiske akviferer
 - Filtrering i løsmassene bidrar vesentlig, i tillegg til inaktivering
 - Stedsspesifikke hydrogeologiske forhold avgjør

Er grunnvann godt nok uten desinfeksjon?

Risikobasert tilnærming:

Risiko = sannsynlighet x konsekvens

- Vurdere sannsynligheten for gjennombrudd av smittestoffer til brønn
 - Hydrogeologiske parametere, forurensningskilder
- Sannsynligheten for sykdom? Hvilke smittestoffer er aktuelle?
- Er sannsynlighet og konsekvens akseptable?

Er grunnvann godt nok uten desinfeksjon?

Risikobetraktning:

- Historisk grunnvannskvalitet (ofte brønnvannsmålinger)
- Type akvifer (sand vs grus vs fjell)
- Områdebeskyttelse og oppnådd oppholdstid
- Forventede endringer i Q → påvirker oppholdstid og sammensetning av brønnvann
- Effekt av fremtidige klimaendringer
 - Flomproblematikk og brønnplassering/brønnsikring
- Vannverkets størrelse

Er grunnvann godt nok uten desinfeksjon?

Dype løsmassebrønner:

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

Grunne brønner med indusert infiltrasjon

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

Fjellbrønner

- Mer usikker oppholdstid, liten løsmasseoverdekning
- Små anlegg

Oppsummering

- 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