



NTNU – Trondheim
Norwegian University of
Science and Technology



Grunnvannskilden som hygienisk barriere: Styrker og svakheter i et klima i endring

a. Grunnvann i løsmasser

Stein W. Østerhus og Hanne M. Kvitsand

Vannforeningen, Oslo, 21.11.2016

Innhold

- Grunnvann i løsmasser: hygieniske barriere effekter
 - Vassdragsinfiltrasjon
 - Eksempel
 - Eksempel fra felt
 - Andre data/generelt
 - Effekt av klimaendring
 - Oppsummering
-
- Basert på data/resultat fra H.M. Kvitsand's PhD arbeid¹⁾



¹⁾ Kvitsand, H.M. (2016): "Drinking water supply from unconsolidated aquifers in cold climates: Evaluation of factors influencing hygienic safety barriers emphasizing viruses", PhD-thesis, NTNU.

Grunnvannsforsyning fra løsmasser i Norge

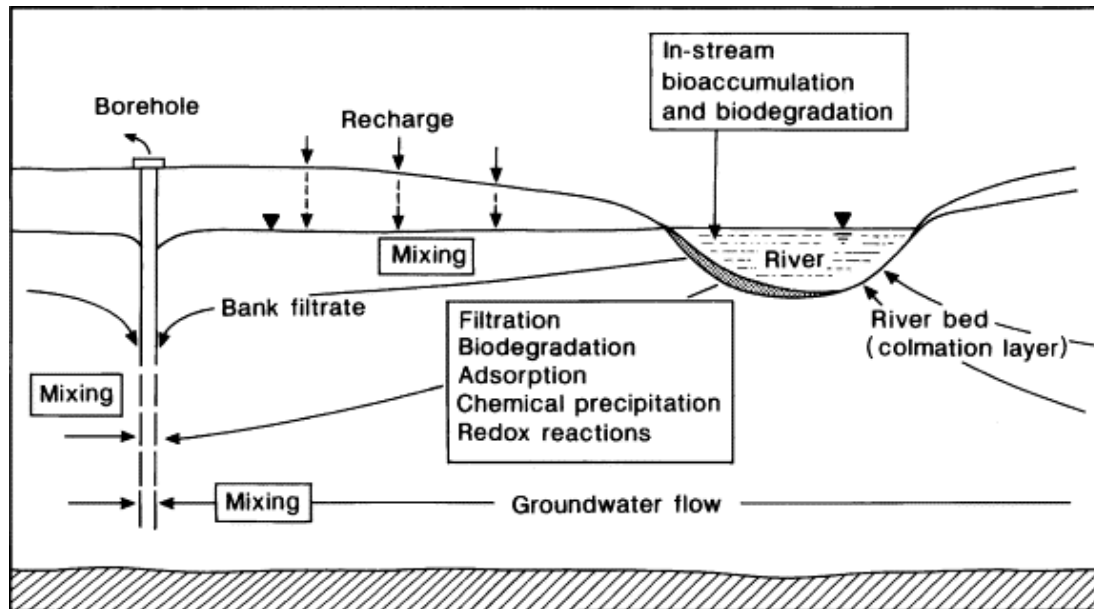


- Ofte små sand- og grusavsetninger
→ infiltrasjon fra vassdrag
øker uttaket
- Grunnvannsdannelsen skjer ved:
 - Nedbørsinfiltrasjon
 - **Vassdragsinfiltrasjon**
 - Kunstig infiltrasjon

Dorøya ved Gangåsvatnet i Orkdal kommune.

Kart: Bernt O. Hilmo og Rolf E. Forbord, Asplan Viak AS.

Hygienisk barriereeffekt



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

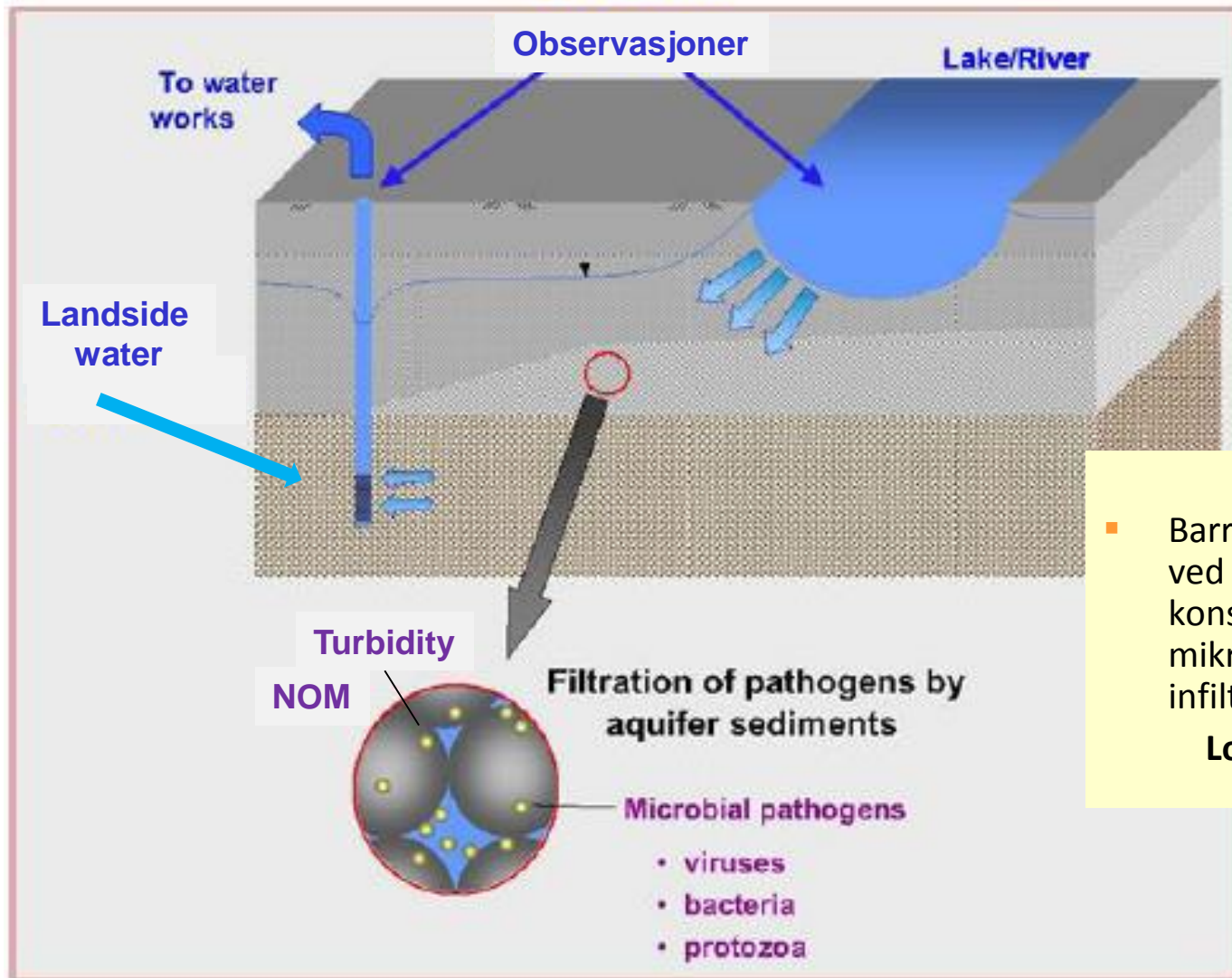
Tre hovedfaktorer:

- Fortynning
- Fjerning fra vannfasen
- Inaktivering/død

- Gir stabil og god kvalitet

Forutsetter tilstrekkelig oppholdstid og klausulering som hindrer tilførsel av forurensning fra «landsiden».

Hygienisk barriereeffekt



- Barriereeffekten måles ved å tallfeste konsentrasjonen av mikroorganismer før/etter infiltrasjon:

$$\text{Log}_{10} (C_{\text{overflatevann}}/C_{\text{brønn}})$$

...men, mulige begrensninger i barriere effekt

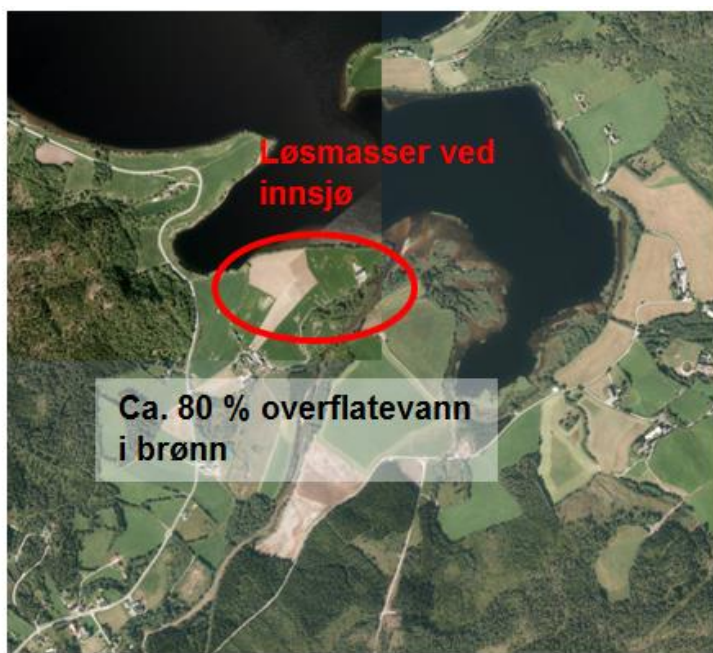
- Små sand og grusavsetninger
 - Typisk Nordiske bre- og elveavsetninger har begrenset utstrekning og det kan være vanskelig å oppnå ønsket avstand mellom kilde og brønn
- Svært lav inaktiveringsrate ved lav temperatur
 - Det er ofte anbefalt > 60 døgns oppholdstid for å sikre tilstrekkelig inaktivering av patogener
 - Resultater har imidlertid vist at inaktiveringshastigheten for patogene virus ved lave temperaturer (5°C) er for liten til å oppnå signifikant inaktivering i løpet av 60 døgn ¹⁾
 - Dette er blitt bekreftet for MS2 som ble målt til å være ubetydelig ²⁾
- Heterogene avsetninger
 - Bre- og elveavsetninger er grove og inhomogene
 - De kan ha kanaler med grovere avsetninger hvor betydelig del av vannstrømmen går, som resulterer i kortere oppholdstid. Vist av Kvitsand et al ²⁾
 - Dette kan redusere (ødelegge) barriere effekten

¹⁾ Feng, Y., et al., (2003): *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 30 (9): pp 549-552.

²⁾ Kvitsand, H.M.L., Ilyas, A. and Østerhus, S.W. (2015): *Water Resources Research*, 51 (12), pp 9725-9745.

Hygienisk barriereeffekt

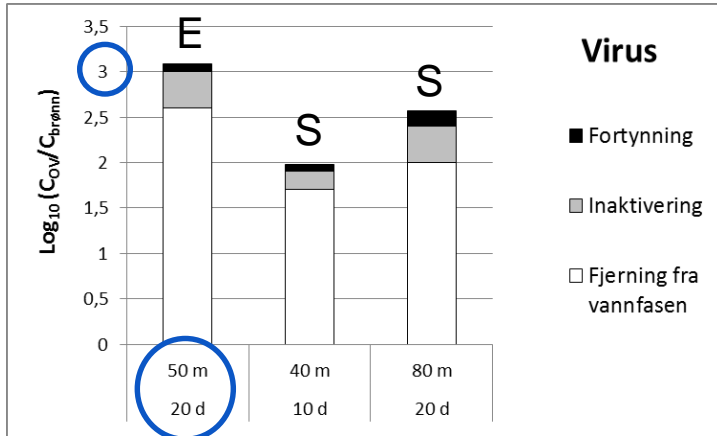
– Eksempler fra to vannverk i Hemne kommune



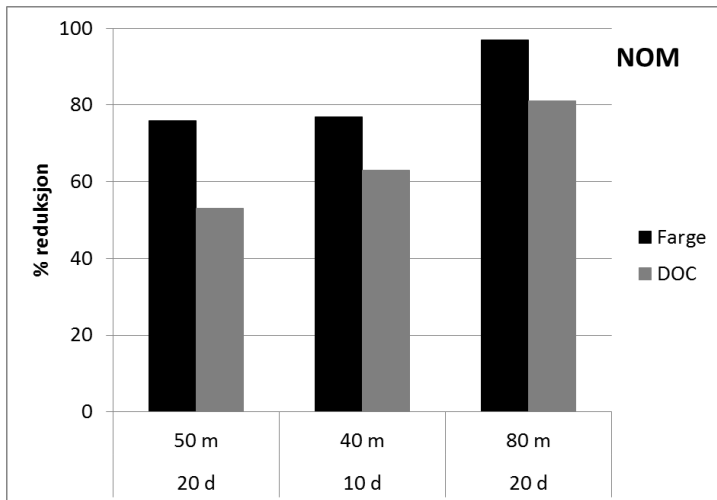
Eide vannverk ved Rovatnet og Storoddan vannverk ved Bugaelva
Hanne Kvitsand, Asplan Viak AS/NTNU.

Hygienisk barriereeffekt

– Eksempler fra to vannverk i Hemne kommune



- Forbedret hygienisk vannkvalitet
 - mikroorganismer og NOM
- Forbedring øker med økt oppholdstid, transportavstand og fortynningsgrad*



- Overflatevannkonsentrasjoner begrenser beregnede max-verdier
- NOM-reduksjon:
 - store, hydrofobe humusforbindelser fjernes

Hygienisk barriereeffekt

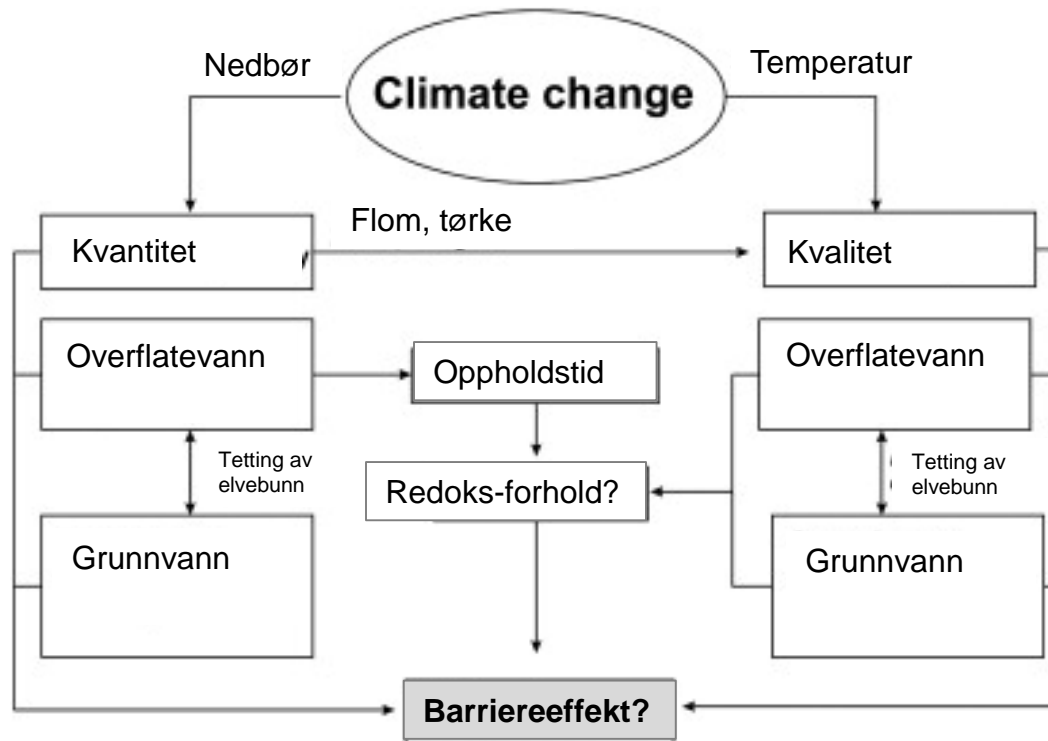
- Generelt

- God virus fjerning (opptil 4 log) kan oppnås ved 60 m transport distanse (2-12 døgn), Kvitsand et al ²⁾
 - Tilskrives feste mekanismer (fortynningseffekter var ikke tatt med og inaktivering var ubetydelig), og feste mekanismene tilskrives forekomst av jern oksid korn.
- Oksiske løsmasser som inneholder jernoksid partikler gir god virus fjerning ¹⁾
- I oksiske løsmasser med jernoksid partikler kan også NOM fjernes effektivt, selv etter relativ kort filtreringsavstand ¹⁾
- Ved NOM fjerning endres NOM sammensetningen da det er de hydrofobe (fargegivende) fraksjonene som i hovedsak fjernes
- Imidlertid kan inhomogene masser og kanaldannelse ødelegge rense- og barriere-effekten
- Vannforsyningen bør alltid inkludere desinfeksjon
 - Også i tråd med MBA (NV rapport 209/2014)

¹⁾ Kvitsand, H.M. (2016): "Drinking water supply from unconsolidated aquifers in cold climates: Evaluation of factors influencing hygienic safety barriers emphasizing viruses", PhD-thesis, NTNU..

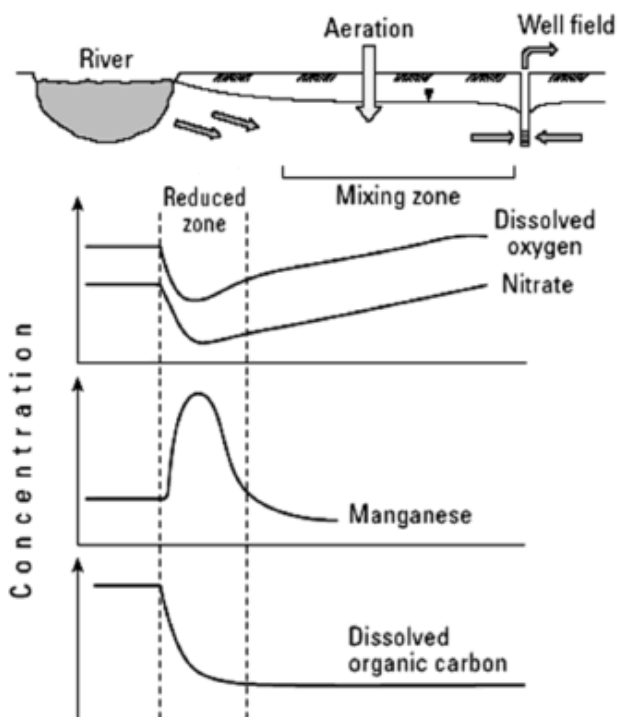
²⁾ Kvitsand, H.M.L., Ilyas, A. and Østerhus, S.W. (2015): *Water Resources Research*, 51 (12), pp 9725-9745.

Varmere, villere og våtere klima?



Klimasensitive faktorer som påvirker barriereeffekt ved vassdragsinfiltrasjon (etter Sprenger et al. 2011).

Varmere – økt inaktiveringshastighet, men...



Vannkjemien endres i strømningsretning fra vassdrag til brønn.

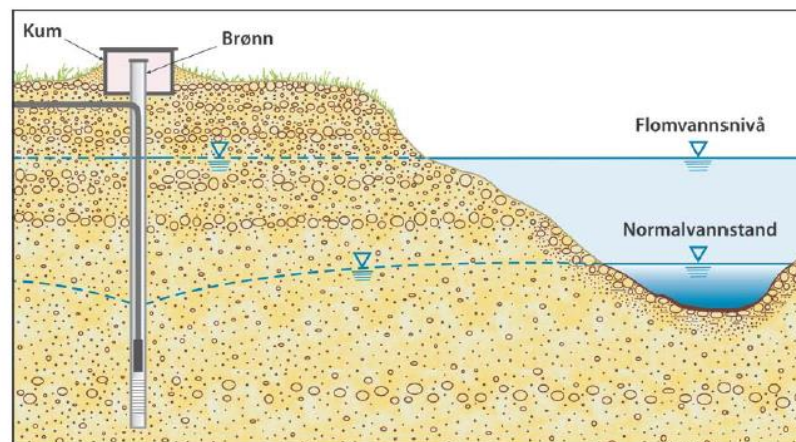
The promise of bank filtration (Tufenkji et al. 2002).

- Økt humusinnhold og mikrobiell nedbrytning
→ Økt fare for anaerobe forhold i akviferen
og dermed økt innhold av jern og mangan
- Økt hastighet på (bio)geokjemiske prosesser generelt

Villere og våtere – økt vannuttak, men...

Høyere vannstand som også medfører:

- Redusert mektighet på umettet sone
- Infiltrasjon i grovere lag høyere oppe i elveleiet
- Infiltrasjon gjennom flater uten slamlag
→ økt infiltrasjonshastighet
- Større og hurtigere variasjoner i overflatevann kvaliteten (mikrobiell, NOM, turbiditet)
- Fare for oversvømmelse
→ **Redusert barriereeffekt**



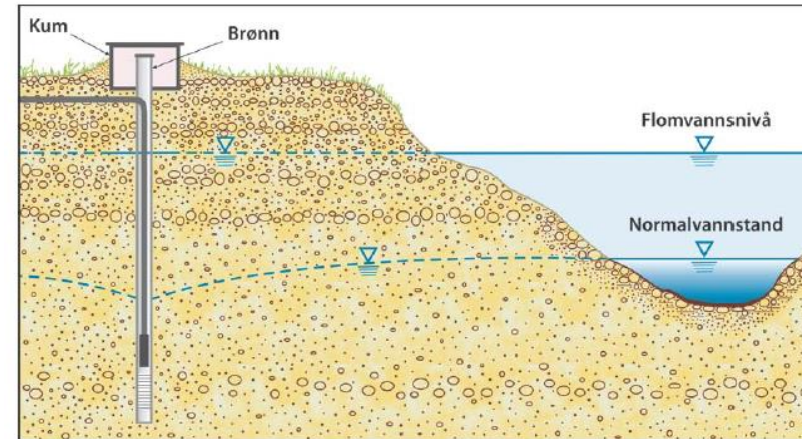
Veileder om beskyttelse av grunnvannsanlegg (Gaut 2011 etter Eckholdt og Snilsberg 1992).



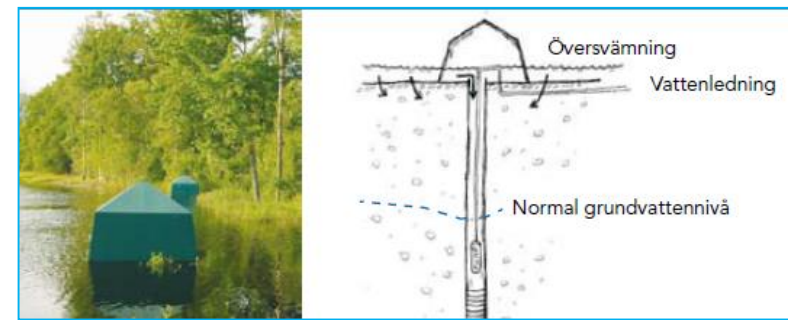
Oversvømmelse av brønnhus. Dricksvattenforsörjning i förändrat klimat (Svenskt Vatten 2007).

Mulige tiltak

- Revidere (evt. etablere) klausulering
- Overvåke tilstøtende vassdrag (mengde og kvalitet) (i tillegg til brønn)
- Mer vannbehandling inkl. permanent desinfeksjon
- Økt bruk av infiltrasjon som «forbehandling» til annen vannbehandling
 - For å utjevne hurtige endringer i råvannskvaliteten
 - For å redusere behandlingsbehovet
- Flytte anlegg/brønner til høyereliggende områder



Veileder om beskyttelse av grunnvannsanlegg (Gaut 2011 etter Eckholdt og Snilsberg 1992).



Oversvømmelse av brønnhus. Dricksvattenforsörjning i förändrat klimat (Svenskt Vatten 2007).

Oppsummering



Barriereeffekten reduseres trolig, men grunnvannsuttak fra løsmasser gir likevel:

- Bedre og mer stabil hygienisk vannkvalitet enn overflatevannkilder
 - også ved kort oppholdstid ($t_h < 60$ d)
- Enklere, billigere og sikrere drift
 - forutsetning: unngå trøbbel med jern og mangan!
- Stort uttakspotensial i tilknytning til vassdrag
- Muligheter for økt bruk av vassdragsinfiltrasjon *og* kunstig infiltrasjon særlig for mindre vannforsyninger
- Muligheter for økt bruk av vassdragsinfiltrasjon som «forbehandling»
- Bør alltid inkludere desinfeksjon



Takk for oppmerksomheten!

Spørsmål?