



NGU

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE



SKRIFTER 109



GiN

GRUNNVANN I NORGE

Grunnvann Kunstig infiltrasjon

GIN-VEILEDER nr.: **11**



Norges geologiske undersøkelse
Miljøverndepartementet

Adm.dir.: dr.philos. *Knut S. Heier*

Publikasjoner

NGU utgir publikasjonsseriene Skrifter, Bulletin og Special Publications. De to siste er i hovedsak engelskspråklige, og omfatter vitenskapelige arbeider innenfor norsk geologi. Skrifter er en norskspråklig serie, som først og fremst har tatt opp beskrivelser til berggrunnskart og kvartærgeologiske kart. Videre inneholder serien artikler om teknisk/økonomisk geologi, og generell geologi, geokjemi og geofysikk som grunnlag for arealplanlegging og -forvaltning. Skrifter skal ha som intensjon å presentere geofaglig stoff på en slik måte at det forstås av ikke-geofaglige målgrupper.

REDAKTØR: Siv.ing. *Helge Hugdahl*, Norges geologiske undersøkelse

UTGIVER: Norges geologiske undersøkelse

MANUSKRIPTER: Retningslinjer for forberedelse av manuskripter til Skrifter fås ved henvendelse til redaktøren.

SKRIFTER 109: GIN-VEILEDER NR.11

GiN veilederne er utarbeidet av *Norges geologiske undersøkelse* i samarbeid med *Miljøverndepartementet*.

Denne veilederen redegjør for kunstig infiltrasjon av vann som metode til kapasitets- og kvalitetsforbedring i vannforsyningen. De sparsomme eksempler vi har i Norge på bruk av metoden trekkes fram og suppleres med utenlandske erfaringer først og fremst fra Sverige.

Veilederen henvender seg primært til teknisk etat i kommunene og fylkenes miljøavdelinger, konsulenter og vannverkseiere. Men helseetater, politikere og øvrige interesserte i vannforsyning vil også kunne ha utbytte av heftet.

Veilederen er tilrettelagt av *Knut Ellingsen*, NGU.

GiN veileder nr.11

GRUNNVANN KUNSTIG INFILTRASJON

Utarbeidet av:

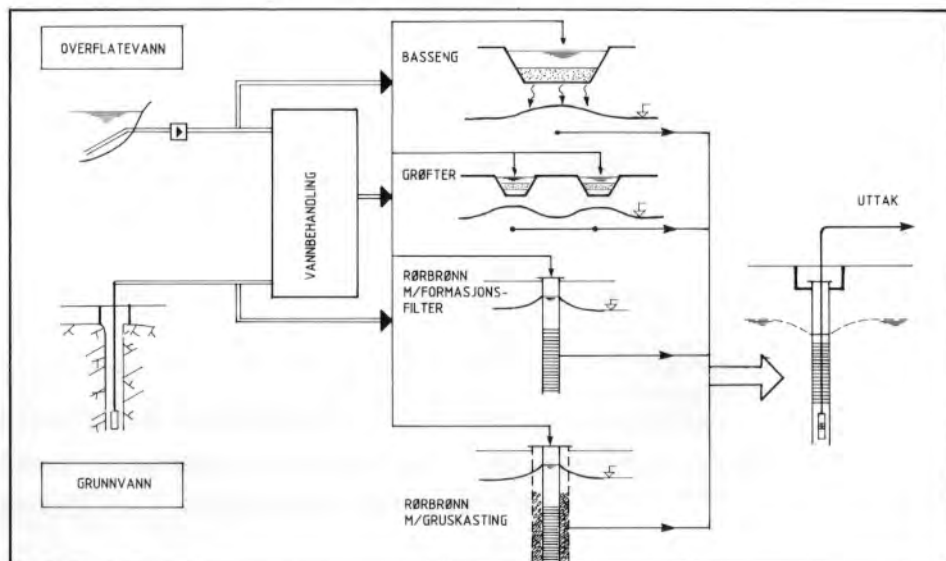
Einar Eckholdt, Geofuturum a/s

Roar Finsrud, Østlandskonsult a/s

Aud Margrethe Snekerbakken, Geofuturum a/s

INNHALDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING	3
2. KUNSTIG INFILTRASJON - METODENS AKTUALITET	3
Bedre og billigere drikkevann	3
Naturgitte forutsetninger	5
3. VALG AV LØSNING	6
Kunstig infiltrasjon som kapasitetsøkende tiltak	11
Kunstig infiltrasjon som vannbehandlingstiltak	13
4. DRIFT	14
Forbehandling	15
Drift av filterflaten	15
Infiltrasjon i kaldt klima	16
5. EKSEMPELANLEGG	16
Litteratur	17
Ordliste	18
Datablad	19



Figur 1.
Fra råvann til drikkevann via kunstig infiltrasjon.

1 INNLEDNING

Til tross for at kunstig infiltrasjon er en mye brukt og vel ansett metode i utlandet gjennom snart 100 år, har metoden nesten ingen utbredelse innen drikkevannssektoren i Norge. De fleste større grunnvannsanlegg i Norge baseres mer eller mindre på induisert grunnvannsdannelse.

Erfaringen viser at kunstig infiltrasjon er en billig, effektiv og enkel metode. Sammenlignet med konvensjonelle vannbehandlingsanlegg, ligger kostnadene ofte på 30-50 % av prisen for et fullrenseanlegg (jfr. GiN-veileder nr. 4).

Kunstig infiltrasjon kan skje på følgende måter:

- *Infiltrasjon gjennom basseng, grøft o.l.*
- *Injeksjon via rørbrønner (infiltrasjonsbrønner)*

De vanligste metoder som kan benyttes for å etablere kunstig infiltrasjon er vist i tabell 1.

Tabell 1: Ulike metoder for infiltrasjon av vann i hhv. umettet- og mettet sone.

Umettet sone	Mettet sone
<ul style="list-style-type: none"> • Basseng • Kanaler / grøfter • Markspredere • Oversvømmelse 	<ul style="list-style-type: none"> • Infiltrasjonsbrønner (lange filtere) • Basseng/kanaler på steder med høyt grunnvannsnivå eller med et tett topplag som kan fjernes ved graving

Flyttdiagrammet i figur 1 viser ulike veier fra råvann til uttak av rensset vann via ulike infiltrasjonsprinsipper.

2 KUNSTIG INFILTRASJON - METODENS AKTUALITET

Bedre og billigere drikkevann

Flere undersøkelser har vist at vannkvaliteten ved mange norske vannverk ikke er tilfredsstillende og at vannbehandlingen er mangelfull eller mangler helt. Råvannskvaliteten er vanligvis egnet for kunstig infiltrasjon. Derfor bør mulighetene for kunstig infiltrasjon alltid vurderes før en bestemmer seg for å bygge et fullrenseanlegg eller velge helt ny vannkilde. Kunstig infiltrasjon er et

økonomisk interessant alternativ, fordi slike anlegg er enkle å bygge og ukompliserte med hensyn til drift og vedlikehold.

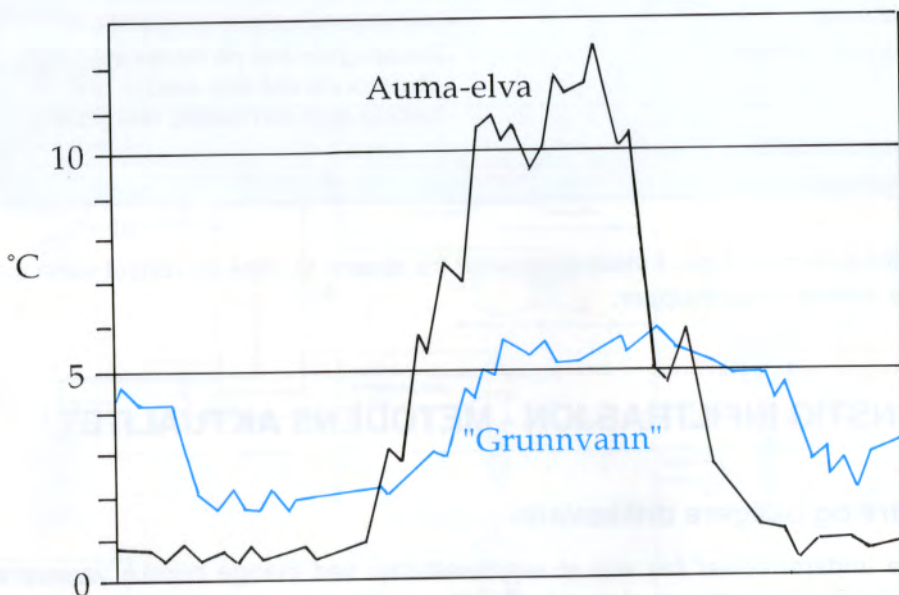
Grundige forundersøkelser og faglige vurderinger må alltid foretas før et kunstig infiltrasjonsanlegg anlegges. Råvannet skal både infiltreres, renses, magasineres og utvinnes igjen fra akviferen et stykke unna infiltrasjonsstedet. Riktig valg av infiltrasjonsmetode, plassering og dimensjonering av infiltrasjons- og uttaksanlegg er avgjørende for sluttresultatet.

I drikkevannssammenheng kan kunstig infiltrasjon ha ulike formål:

- Rensemetode
- Kapasitetsøkende tiltak
- Temperatur- og kvalitetsutjevning
- Begrense influensområdet til grunnvannsanlegg
- Oppbygging av kunstige grunnvannsskiller f.eks. mot områder med forurenset eller dårlig grunnvann (deponier, myr, saltvann)

Kunstig infiltrasjon som vannbehandlingsmetode har god effekt på en rekke viktige drikkevannsparemetre, for eksempel jern, mangan, lukt og smak, jfr. tabell 2.

Som vannbehandlingsmetode er infiltrasjon i åpne basseng og perkolasjon gjennom en umettet sone mer effektivt enn direkte injeksjon i akviferen. Renseeffekten i umettet sone øker med økende grad av umettet strømming.



Figur 2.
Temperaturutjevning - pilotanlegg på Tynset.

Tabell 2: Forventet kvalitetsforbedring for ulike drikkevannsparemetre ved kunstig infiltrasjon.

Parameter	Forventet kvalitetsforbedring		
	God	Middels	Dårlig
Bakterier	←————→		
Lukt/smak	←————→		
Temperatur	←————→		
Farge		←————→	
Turbiditet	←————→		
Susp. stoff	←————→		
pH-/alk.heving *		←————→	
Klorid			←————→
Nitrat **			←————→
Sulfat **			←————→

* uten pH-justering før kunstig infiltrasjon. Geologisk opphavsmateriale og råvannskvalitet avgjørende.

** forutsatt at en opprettholder et aerobt miljø i grunnvannsmagasinet.

Kvalitetsforbedringen har nær sammenheng med oppholdstid, oksygentilgang og temperatur i akviferen. I tillegg kommer effekten av fortykning med naturlig dannet grunnvann. Utjevning av kvalitets- og kapasitetsvariasjoner er også viktige sider ved kunstig infiltrasjon.

Naturgitte forutsetninger

Kunstig infiltrasjon kan i Norge ofte baseres på enkle anlegg, fordi det som oftest er god tilgang på råvann av relativt bra kvalitet. Ved infiltrasjon i åpne basseng kan selvfølløsløsninger være aktuelle der vannet kan tas inn ovenfor stedet der bassenget anlegges, jfr. Tynset-anlegget. De løsmasseforekomster som er mest aktuelle for kunstig infiltrasjon i Norge er:

- *Smeltevannsavsetninger*(isranddelta, eskere, terrasser)
- *Elveavsetninger*(elvesletter, vifter, aktive delta).

For små vannmengder kan det være aktuelt å vurdere kunstig infiltrasjon også i andre avsetningstyper, for eksempel i:

- *Rasvifter*
- *Strandavsetninger*
- *Ablasjonsmorene*

Små israndavsetninger og eskere som helt eller delvis er dekket av finsedimenter(silt/leire) kan også være egnet for kunstig infiltrasjon. Slike muligheter kan en finne både under marin grense og i bresjøområdene.

Tørre avsetninger med små grunnvannsmagasin

Normalt er det avsetninger som inneholder naturlige akviferer som er mest aktuelle for kunstig infiltrasjon, men en bør ikke glemme de muligheter som ligger i å utnytte rensespotensialet i "tørre" avsetninger, spesielt terrasser i dalsidene. Naturlig drenerte terrasser har dårligere magasineringsegenskaper enn avsetninger med stor mektighet under grunnvannsspeilet. Tilnærmet kontinuerlig tilførsel av vann er en forutsetning for kunstig infiltrasjon i tørre avsetninger med dårlige magasineringsegenskaper.

På grunn av nedbørsinfiltrasjon, lekkasje fra bekker, grunnvannstilskudd fra fjell/morene er det vanlig å finne kildehorisonter og kraftige oppkommer nedenfor slike terrasseavsetninger.

Best mulighet for innvinning av infiltrert vann oppnås vanligvis når infiltrasjonsbasseng plasseres slik at infiltrert vann gir økt vannføring i kilder (oppkommer) og kildehorisonter.

Ved infiltrasjon i terrasser er det viktig å undersøke om det kan oppstå vannoppstuvning og avledning av vannet over tette horisontale eller skråstilte lag. Også faren for erosjon /utglidning i utstrømningssonen må vurderes.

Mulighetene for kunstig infiltrasjon fremgår normalt ikke av tilgjengelig geologisk informasjon, derfor må det foretas vurderinger av hydrogeologisk sakkynning i hvert enkelt tilfelle.

De ulike avsetningenes egnethet for kunstig infiltrasjon er bestemt av blant annet avsetningenes størrelse, mektighet og ikke minst av karakteren av den umettede sonen. I tillegg kommer forhold som eksisterende arealbruk og mulige konflikter.

3 VALG AV LØSNING

Det er viktig å være oppmerksom på at kunstige infiltrasjonsanlegg i vannforsyningssammenheng kan være svært forskjellige. De spenner fra de enkleste bassengløsninger til brønnløsninger med omfattende forbehandling av infiltrasjonsvannet og krevende drift.

Den aktuelle problemstilling og naturgrunnlaget lokalt kan gi grunnlag for valg av ulike løsninger fra sted til sted, jfr. blant annet tabell 3 og figur 1 og 3.

Både råvannets kvalitet og valget av teknisk løsning vil være bestemmende for driften av det fremtidige infiltrasjonsanlegg.

De faktorer som er bestemmende for valg av infiltrasjonsløsning eller kombinasjon av løsninger er:

- *Geologi/hydrologi/topografi/klima*
- *Råvannstilgangen*
- *Råvannets kvalitet*
- *Mulighetene for effektivt uttak av infiltrert vann*
- *Økonomi i anlegg og drift*

Den umettede sonen er i praksis bestemmende for valg av infiltrasjonsprinsipp, jfr. tabell 3 og figur 4.

En oversikt over fordeler og ulemper med basseng og brønner som infiltrasjonsløsning er gitt i tabell 4.

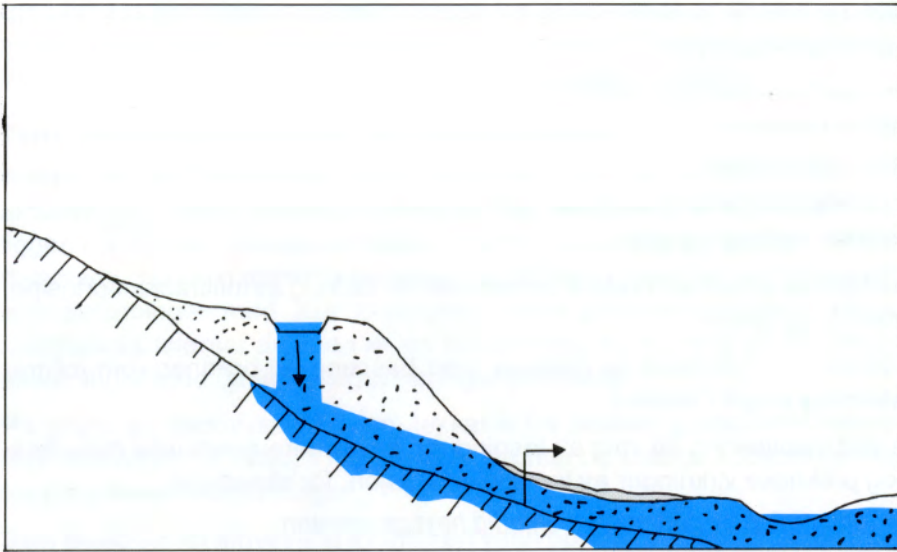
Både ved lokalisering og valg av løsning må en vurdere eventuelle miljømessige og praktiske virkninger av kunstig infiltrasjon, for eksempel:

- *Økt forsumping av partier med naturlig høyt grunnvann*
- *Erosjon i skrånninger*
- *Markens bæreevne for tunge maskiner*

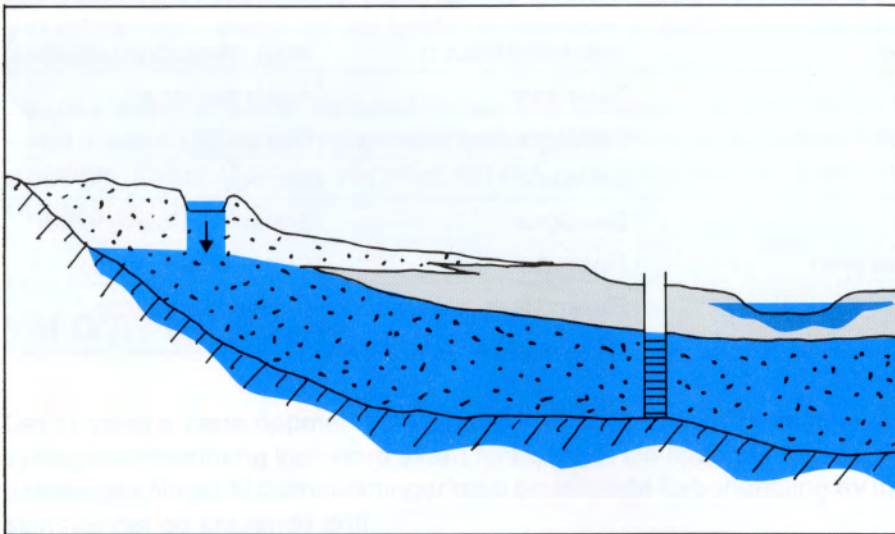
En annen konsekvens av permanent grunnvannsheving kan bli endret arts-sammensetning i de berørte plantesamfunn.

Tabell 3: Eksempel på hvordan grunnforholdene påvirker valg av løsning.

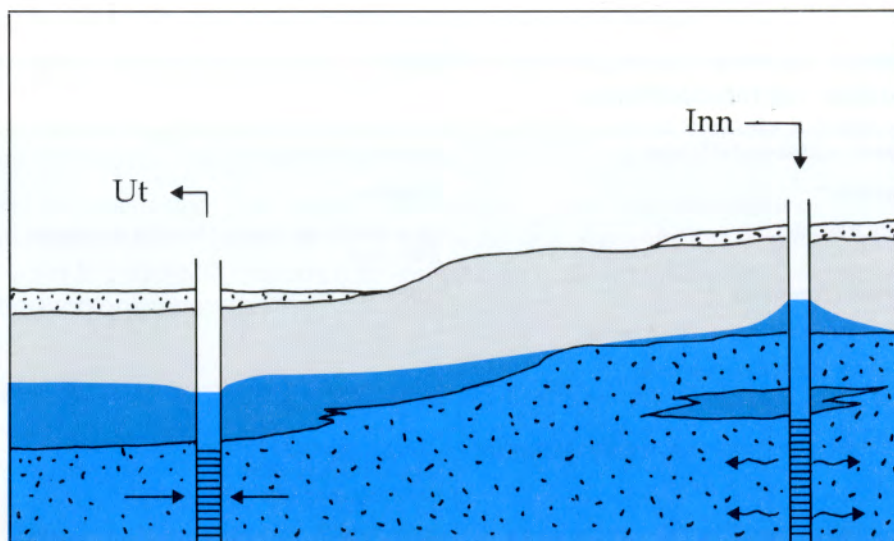
SONE	GRUNNFORHOLD	INFILTRASJONSLØSNING
Umettet sone	Sand/grus	Åpent basseng
	Sand/grus med tette lag	Brønn
	Silt/leire	Brønn
Mettet sone	Sand/grus	Brønn m/formasjonsfilter
	Finsand	Brønn m/gruskasting
	Finsand/liten mektighet	Uaktuelt for kunstig infiltrasjon



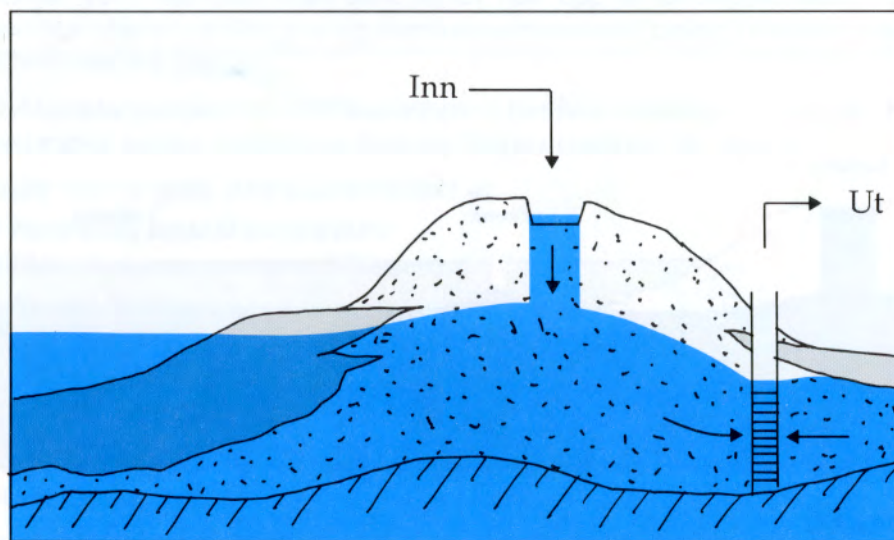
Infiltrasjonsbasseng i terrasse og uttak i kildehorisont.



Infiltrasjonsbasseng i grove sedimenter som stikker inn under silt/leire. Uttak via rørbrønn.



Infiltrasjonsbrønn og uttaksbrønn.



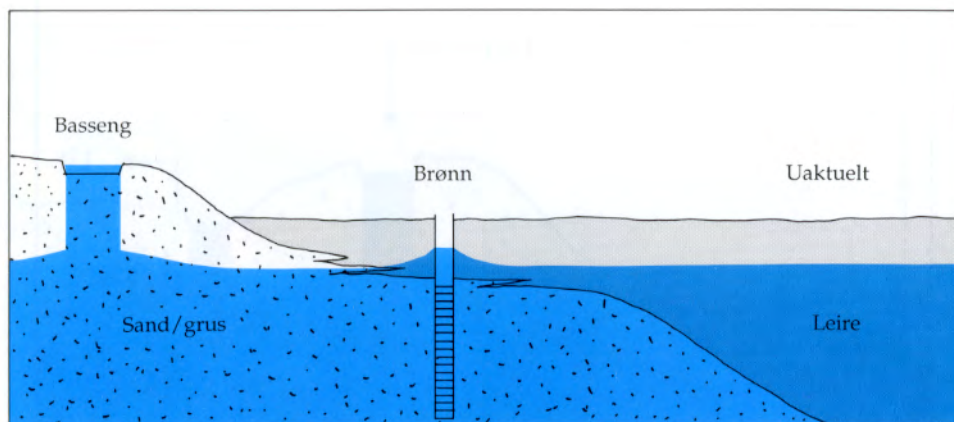
Infiltrasjonsbasseng i grusås og uttaksbrønn.

Figur 3.

Eksempel på infiltrasjonsløsninger tilpasset avsetninger med ulik topografi og sedimentoppbygging.

Tabell 4: Sammenligning mellom infiltrasjon i åpne basseng og i brønner - fordeler og forutsetninger.

Åpent infiltrasjonsbasseng	Infiltrasjonsbrønn
<p>Fordeler:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stor filterflate • Avleiringene synes • Gjenslammingslag er lette å fjerne • Ingen/minimal forbehandling 	<p>Fordeler:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kan utnytte akviferer under tette løsmasser (silt, leire) • Lite arealkrevende
<p>Forutsetninger:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permeable løsmasser ned til grunnvannspeilet • Tilstrekkelig areal for etableringer av bassenger • Gode magasinerings- og uttaksmuligheter 	<p>Forutsetninger:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gode magasineringssegenskaper, dvs. at akviferen kan motta store vannmengder som punktbelastning • Store krav til vannkvalitet, dvs. forbehandling er nødvendig



Figur 4.

Profil som viser hvordan sedimentoppbygging innvirker på infiltrasjonsmuligheter og valg av anleggstype.

Kunstig infiltrasjon som kapasitetsøkende tiltak

Infiltrasjon via brønner (injeksjon)

Infiltrasjon via rørbrønner stiller vesentlig større krav til vannets kvalitet enn ved infiltrasjon i åpne basseng, jfr. tabell 5.

Infiltrasjonsbrønner har lavere kapasitet enn identiske uttaksbrønner. Tester indikerer 20-50% lavere kapasitet. Dette skyldes at porene i gruskasting/akvifer utenfor brønnfilteret etterhvert tettes igjen av frafiltrert materiale. Dermed øker utstrømningsmotstanden.

Tabell 5: Krav til råvannskvalitet for infiltrasjonsbrønner.

1	Fritt for suspendert stoff
2	Fritt for gassblærer
3	Infiltrasjonsvannets kvalitet må være avstemt mot kvaliteten på det naturlige grunnvann

Dersom gjentettingen går for langt kan det oppstå skader ved at vannet trenger oppover langs brønnrøret og innlagres i løsmassene over filteret. I verste fall trenger vann sammen med sedimenter helt opp til terrengoverflaten. Ved alvorlige skader på filtergrus og formasjonsmateriale("piping") kan en risikere at brønnen må oppgis.

Trykkoppbyggingen i en infiltrasjonsbrønn bør ikke overstige $0.2 \times h$, der h er avstanden mellom terrengoverflate og filterets overkant, jfr. figur 5.

Andre krav til gode infiltrasjonsbrønner er:

- *Nødvendig plass til pumpe/utstyr*
- *Hele akviferens mektighet filtersettes*
- *Korrekt filtertype*
- *Strømningshastighet gjennom filteret mindre enn 0.015 m/s*
- *Vannet tilføres i rør dykket under vannspeilet i brønnen*
- *Korrosjonsfritt materiale*

Når trykkflaten står høyere enn topp brønnrør må vannet tilføres under trykk i lukket ledning.

Automatisk overvåking av trykknivå og vannmengde bør benyttes for å kontrollere endring i filtermotstanden over tid, da dette gir muligheter til å optimalisere driften, blant annet når rensing skal iverksettes. Bruk av permanent installert senkpumpe i en infiltrasjonsbrønn er en enkel og effektiv måte å løse dette problemet på.

Det er viktig å forhindre/kontrollere bakterievekst i brønnfilter og akvifermateriale. Dette kan gjøres ved hjelp av forbehandling av vannet(desinfeksjon) eller ved spesielle tiltak i brønnen, jfr. GiN-veileder nr.13.

I visse tilfelle kan infiltrasjon føre til økt vekst av naturlig tilstedeværende jern- og manganbakterier i akviferen.

En enkel driftsparameter for å kontrollere filtermotstanden er spesifikk kapasitet:

Sp.kapasitet: Q_{inf}/s_w

Q_{inf} = infiltrasjonsvolum/tidsenhet

s_w = hevet vannspeil i brønnen ved konstant Q_{inf} .

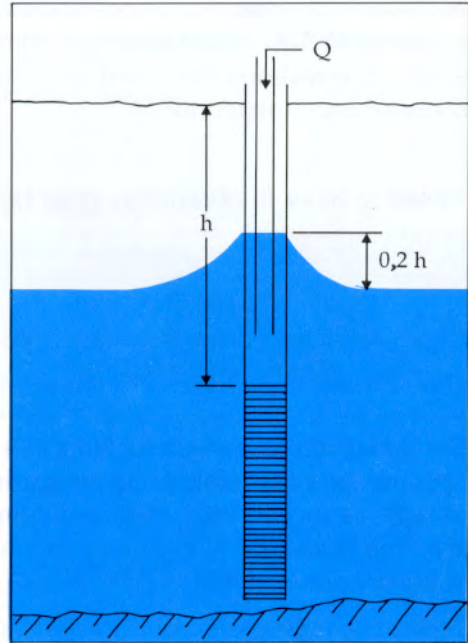
Eksempel:

Q_{inf} : 50 m³/t

s_w : 0.5 m

Spesifikk kapasitet:

50:0.5 = 100 m³/t·m



Figur 5.

Trykkoppbygging i og omkring en infiltrasjonsbrønn. Trykkoppbyggingen bør ikke overstige $0,2 \times h$, der h er avstanden fra terrengoverflaten til filterets overkant.

Infiltrasjon i åpne basseng

Ved utgraving av basseng i naturlige avsetninger eksponeres oftest en flate med svært variabel permeabilitet. For å unngå kanaldrenering og sikre best mulig rense-effekt ved umettet strømming ned til grunnvannsspeilet, er det fordelaktig å benytte et filtersandlag i bunnen og oppover bassengets sidevegger.

Belastningen på filterflaten varierer fra anlegg til anlegg, men ligger vanligvis fra 0.1 til 0.4 meter pr. time, dvs. filterhastigheter som ved tradisjonelle langsomsandfiltre.

Oppholdstiden mellom infiltrasjon og uttak bør normalt være minst 50 døgn. Gode resultater kan oppnås med kortere oppholdstider, men i slike tilfelle vil helsemyndighetene normalt stille krav til forbehandling eller etterbehandling av vannet, f.eks. desinfeksjon.

I bassenget vil det etter en tid med kunstig infiltrasjon bli dannet en såkalt biohud, av frafiltrerte partikler og mikroorganismer. Ved å veksle mellom to

eller flere basseng, kan en opprettholde høy infiltrasjonskapasitet og redusere behovet for slamfjerning.

Biohuden tørker ut under hvileperioden og restene flyter gjerne opp som tørre flak når bassenget igjen tas i bruk.

Behovet for slamfjerning/regenerering av filtersand avhenger av råvannskvalitet, temperatur, partikkelinnhold og algemengden i innkommende vann. En til tre slamfjerningsoperasjoner pr. år er vanlig. Ved intervallbelastning unngås avbrudd i infiltrasjonen. Dette er viktig, spesielt dersom "tørre" sand- og grusterrasser med dårlige magasineringsegenskaper tas i bruk.

I sommerhalvåret kan en i åpne basseng få algevekst, spesielt dersom råvannet kommer fra grunne næringsrike innsjøer. Ved store basseng kan det være nødvendig med anordninger over bassengene for å unngå måker og andefugl på vannflaten.

I basseng med lange driftsperioder vil det etterhvert etableres enkle økologiske system bestående av mikroorganismer, alger, insekter o.l. Slike forhold kontrollerer en ved intervallbelastning og kortere driftsperioder.

Langt fremskreden gjenslamming av filterflaten bør unngås, da det kan forårsake ubehagelig lukt og smak på vannet.

Renseeffekten for bakterier i umettet sone er nøye knyttet til løsmassenes permeabilitet og graden av umettet strømning.

Umettet strømning innebærer at vannet strømmer i de minste porene, mens de store er fylt med luft. Løsmassenes permeabilitet avtar med økende grad av umettet strømning.

Ved å øke graden av umettet strømning mellom bassengbunn og grunnvannspeil, kan en oppnå særlig god filtreringseffekt. Vannets oppholdstid i umettet sone økes også.

Bassengområdet skal inngjerdes og sikres tilsvarende sone 0 - brønnområdet - ved et ordinært grunnvannsanlegg, jfr. GiN-veileder nr.7.

Kunstig infiltrasjon som vannbehandlingstiltak

Naturlig grunnvann kan noen ganger ha for høyt jern- og manganinnhold. Jernet foreligger ofte løst som 2-verdig jern og er lett å felle ut ved lufting. I enkelte løsmasseforekomster er det innlagret organisk stoff slik at jernet kan foreligge kompleksbundet til humus.

Ulike re-infiltrasjonsmetoder har vist seg å være både rimelige og effektive med hensyn til fjerning av jern og mangan, forutsatt at forholdene ligger til rette for slike løsninger. Grunnvannet må alltid luftes før re-infiltrasjon. Ved infiltrasjon i brønner bør alltid vannet forfiltreres.

Foruten teknisk vannbehandling, er følgende to re-infiltrasjonsløsninger i vanlig bruk:

- *VYR-metoden*
- *Åpne basseng*

VYR-metoden

VYR-metoden baserer seg på reinfiltrasjon av oksygenert grunnvann for å oppformere naturlige jern- og manganbakterier i akviferen omkring uttaksbrønnene. Det har ofte vært spekulert på hva langtidseffektene av utfelling i akviferen vil være mht. brønncapasitet. Utførte beregninger indikerer at felling av jern i teorien skal kunne pågå i et par hundre år før nedsatt brønncapasitet blir noe problem. Det er utviklet 3 forskjellige varianter av rensemetoden.

I Norge er metoden tatt i bruk ved Elverum vannverk med godt resultat. Metoden er også forsøkt benyttet på Sunndalsøra, men her oppsto det problemer fordi vannkvaliteten i akviferen endret seg over tid i større grad enn hva som ble avdekket under de innledende undersøkelser og tester. Det var teknisk mulig å produsere drikkevann ved hjelp av VYR-metoden, men uttak av indusert grunnvann fra brønner nær Driva falt rimeligere og ble derfor valgt som fremtidig løsning.

Totalt er det bygget nærmere 150 VYR-anlegg i forskjellige utforminger, hvorav 70-80 anlegg i Sverige og Finland.

Re-infiltrasjon i åpne basseng

Metoden er mye brukt i Sverige til å behandle grunnvann med for høyt innhold av jern, mangan og humus. Grunnvannet luftes slik at hydroksydene sedimenteres og frafiltreres, når vannet ledes ut i bassengene.

Re-infiltrasjon i åpne basseng kan sammenlignes med ordinær bassenginfiltrasjon. Uttak av rensert vann skjer som oftest fra brønner i umiddelbar nærhet av bassengene.

Utfelling av jern i de naturlige løsmasser under enkelte reinfiltrasjonsbasseng har blitt registrert. Erfaringene med metoden er gode.

Reinfiltrasjon av karbonisert grunnvann er også aktuelt, da en mange steder har et surt, korrosivt grunnvann.

Grunnvannet tilsettes da CO₂ før det ledes ut i infiltrasjonsbasseng med marmorsand. Vann som passerer marmorsanden tilfører akviferen et pH-justert vann med høy alkalitet.

4 DRIFT

Vanlige problemer ved drift av kunstige infiltrasjonsanlegg kan ofte løses ved bruk av enkle tekniske og driftsmessige tiltak. Valg av infiltrasjonsløsning er samtidig et valg av drifts- og vedlikeholdsløsning. Kunstige infiltrasjonsanlegg forutsetter gode driftsrutiner for å sikre bra resultater over tid.

Det er viktig å følge råvannskvaliteten nøye, da denne har stor betydning for gjentetting av filterflaten og en rekke kjemisk-biologiske reaksjoner. Høyt oksygeninnhold i råvannet når det infiltreres er fordelaktig, spesielt ved re-infiltrasjon av grunnvann med høyt innhold av jern, mangan og humus.

Forbehandling

Forbehandling av vannet som skal infiltreres vil redusere gjentettingshastigheten og bidra til å øke driftsperioden mellom hver renseoperasjon.

Aktuelle forbehandlingsmetoder er:

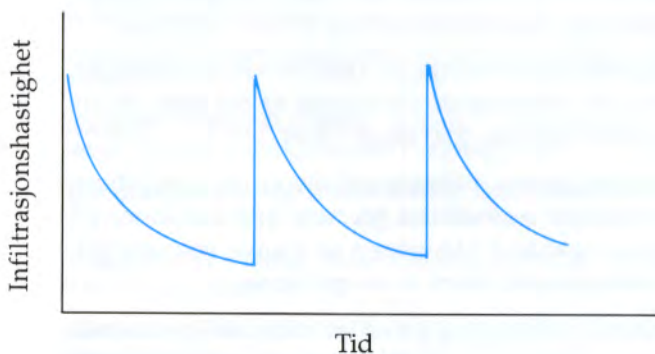
- *Lufting/gassfjerning*
- *Hurtig sandfiltrering*
- *pH-justering/alkalisering*
- *Desinfeksjon*
- *Lufting/jernfjerning*

Drift av filterflaten

Både for infiltrasjonsbasseng og infiltrasjonsbrønner er det nødvendig å føre kontroll med gjentettingen da det etterhvert akkumuleres frafiltrert materiale. Gjentetting måles som økt filtermotstand. Dette kan gjøres på ulike måter:

- *Måling av trykkdifferanse over/under filtersandlag i et infiltrasjonsbasseng eller kun vannstandsøkning over filterflaten.*
- *Måling av differansen mellom vannstanden inni infiltrasjonsbrønnen og grunnvannsnivået i et peilerør på utsiden av brønnrøret.*
- *Kontrollere spesifikk kapasitet i infiltrasjonsbrønner dvs. forholdet mellom infiltrert vannmengde pr. tidsenhet og trykkoppbygging.*

Under flomperioder kan råvannet i elver og vann være så dårlig (f.eks. turbiditet, farge, bakterier, suspendert stoff) at det kan være aktuelt å vurdere å stanse infiltrasjonen i en periode.



Figur 6.
Tenkt gjentettingsforløp og effekt av rensetiltak.

I brønner vil returpumping ved hjelp av permanent installerte senkpumper være en enkel og effektiv måte å fjerne frafiltrert materiale på og opprettholde høy infiltrasjonskapasitet.

Infiltrasjon i kaldt klima

Kulde blir ofte antatt å være problematisk for kunstig infiltrasjon i områder med lave vintertemperaturer. Erfaringene fra en rekke anlegg i Norden viser at dette ikke er noe stort problem. Forutsetningen for problemfri drift av åpne basseng vinterstid er kontinuerlig vanntilførsel. Benyttes kaldt elvevann, er det viktig å unngå tilførsel av isnåler ("sarr") til infiltrasjonsanlegget.

Infiltrasjon i åpne basseng med vanntemperatur nær 0°C har fungert problemfritt vinterstid, selv med vanntilførsel via åpen kaskade. Telenedtrengning i filtersandlaget ved stans i vanntilførselen kan tines opp igjen av råvannet selv med vanntemperatur ned mot 0°C (Tynset).

Hensikten med infiltrasjon under slike temperaturforhold er først å fremst å sikre tilstrekkelig kapasitet. Renseeffekten som oppnås skyldes i hovedsak mekanisk filtrering. Den biologiske aktivitet er svært liten ved lave temperaturer og er derfor av liten rensesmessig betydning.

Under marginale klimatiske forhold kan det være fordelaktig å benytte basseng som tillater større vannhøyde vinterstid, da dette vil muliggjøre islegging og akkumulering av et isolerende snødekke. Dykket innløp er bedre enn åpen kaskade under slike forhold.

Der det er mulig å magasinere infiltrert vann i store akviferer, kan en helt unngå å foreta kunstig infiltrasjon vinterstid. Dette er blant annet utnyttet ved Ringerike vannverk på Kilemoen.

5 EKSEMPELANLEGG

Etter hvert har det kommet igang noen få infiltrasjonsanlegg i Norge basert på ulike metoder, jfr. tabell 6. Datablader fra enkelte anlegg finnes i vedlegg.

Det største anlegget for kunstig infiltrasjon i Norge pr. 1992 finnes på Kilemoen ved Hønefoss (30.000 pe). Med det nåværende vannuttak er det ikke behov for å bruke infiltrasjonsanlegget mer enn ca. 250 døgn i året.

Høsten 1991 ble det satt i drift et større infiltrasjonsanlegg på Kongsberg (17.000 pe.). Her foretas re-infiltrasjon av indusert grunnvann fra brønner på Bikjen via åpne basseng med marmorsand. Hensikten er å heve vannets pH, alkalitet og kalsiuminnhold. Erfaringene så langt er meget gode.

Sandstangen-prosjektet ble i sin tid skrinlagt på grunn av turbiditetsproblemer som følge av for stort vannuttak fra en begrenset akvifer. I perioder er vannet

fra Øyeren svært leirblakket (turbid). Brønnene på Sandstangen forsyner idag Trøgstad og omegn uten hjelp av kunstig infiltrasjon.

Tabell 6: Kunstig infiltrasjon - eksempel fra Norge

Lokalitet	Forbehandling	Metode	Råvann	Hensikt
Sandstangen	-	Basseng	Innsjø	Kap.økning
Ringerike	Sandfilter	Brønn	Elv	Kap.økning
Rakkestad	Luft/sandfilter	Brønn	GV-fjell	Rensing (Fe)
Tynset	Lufting	Basseng	Elv	Rensing
Skrautvål	Lufting	Basseng	GV-løsmasser	Rensing (Fe)
Harran	Lufting	Basseng	GV-løsmasser	Rensing (Fe, Mn)
Kongsberg	CO ₂ -behandl.	Basseng	GV-løsmasser	Alkalitetsøkning
Elverum	Luftmetning	Brønn	GV-løsmasser	Rensing (Mn)

(Mn=mangan, Fe=jern, GV=grunnvann)

I tillegg har kunstig infiltrasjon vært og blir fortsatt vurdert en rekke steder; blant annet i Halden (Femsjøen), Mysen (Monaryggen), Skien (Geitryggen), Gaupne (Aspamo) og på Romerike (Gardermoen).

LITTERATUR

Andersson, Olof (1988): *Projektering av injekteringsbrunnar kräver speciella överväganden. Grundvattenförsörjning (se Bengtsson nedanför).*

Carlsson, Ann-Carin og andre (1980): *Djupinfiltration. En metod att upprethålla grundvattenstrycket i slutna akviferer. Utförande, drift och kontroll. BFR.*

Finsrud, Roar (1990): *Kunstig infiltrasjonsanlegg. NIF-kurs: Grunnvann. Norske Sivilingeniørers Forening, Oslo.*

Fløgstad, Harald (1984): *Kunstig grunnvannsinfiltrasjon. SINTEF Rapport nr. STF21 A84009.*

Jenssen, Petter D. (1990): *Kunstig grunnvannsinfiltrasjon. NIF-kurs: Filtrering av vann. Norske Sivilingeniørers Forening, Oslo.*

Bengtsson, Lars og andre (1988): *Grundvattenförsörjning. Geohydrologi i praktiken. Symposium 4. Maj. VIAK AB och Svenska Hydrologiska Rådet.*

Driscoll, F.G. (1986): *Ground Water and Wells. Johnson Division, St.Paul, Minnesota 55 112. (2. edition)*

Olsthoorn, T.M. (1982): *The Clogging of Recharge Wells. Netherlands Water Works Research Inst., Communication no. 72, Rijswijk.*

ORDLISTE - KUNSTIG INFILTRASJON

Akvifer

Vannførende formasjon egnet for grunnvannsuttak

Infiltrasjon

Inntrengning av vann gjennom en flate

Naturlig infiltrasjon

1. Nedbørsinfiltrasjon gjennom terrengoverflaten
2. Infiltrasjon fra elv/innsjø til akvifer (- ikke forårsaket av grunnvannsuttak)

Indusert grunnvannsdannelse

Infiltrasjon fra vassdrag til akvifer som følge av grunnvannsuttak (gradientending)

Kunstig infiltrasjon

Infiltrasjon av vann til en akvifer ved tekniske midler

Permeabel

Vanngjennomtrengelig

Mettet strømning

Strømning i grunnvannssonen der alle porer/sprekker er fylt med vann

Umettet strømning

Vertikal strømning med både vann og luft tilstede i porene

Perkolasjon

Vertikal, umettet strømning fra terrengoverflate til grunnvannssonen

SIFF

Folkehelsa - Statens Institutt For Folkehelse

KI

Kunstig infiltrasjon

Vannverk:	Ringerike vannverk	Etabl.år: 1987
Kommune :	Ringerike	
Kontakt:	Østlandskonsult-Ringerike	
Årlig vannuttak	5.3 mill.m ³ (1.byggetrinn)	
Kunstig infiltrert volum	m ³	
Infiltrasjonsprinsipp	Brønner, 2 stk.	
Råvannstype	Ellevann (Begna)	
Avstand mellom KI og uttak	450 meter	
Teoretisk oppholdstid	1,5 år	
<p>Merknader: Forbehandling i sandfilterbasseng. Filterhastighet 0,5 m/t. Kunstig infiltrasjon foregår 8 mnd. pr. år. Uttaket skjer via 3 brønner i en stor dødisgrop. Grunnvannets temperatur stabil mellom 5 og 6°C.</p>		

Datablad for Ringerike vannverk

Vannverk: **Kongsberg vannverk**
 Kommune : Kongsberg

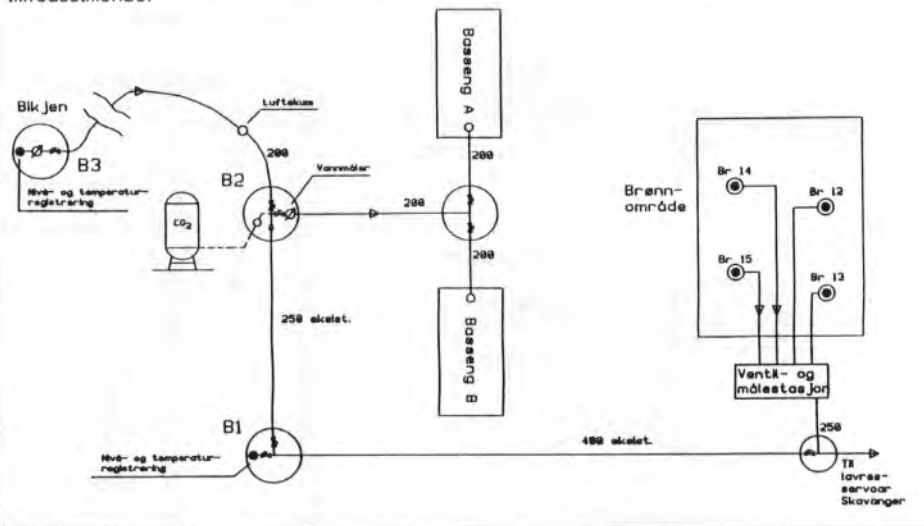
Etabl.år: 1984/1991
 Tlf.nr.:03-734680

Kontakt: C.H.Knudsen as, Drammen

Årlig vannuttak	2.5 mill.m ³
Kunstig infiltrert volum	1.9 mill.m ³
Infiltrasjonsprinsipp	åpne basseng
Råvannstipe	grunnvann fra løsmasser
Avstand mellom KI og uttak	15 -75 meter
Teoretisk oppholdstid	30 dager

Merknader:

Grunnvannsanlegget ble rehabilitert i 1991 bl.a. pga. høy turbiditet, lav alkalitet og farge. Industret grunnvann fra Numedalslågen tas inn via brønner på Bikjen og karboniseres ved hjelp av CO₂-gass og filtrering gjennom marmørsand i åpne basseng. Vannet perkolerer videre ned i den underliggende akvifer og innvinnes ved hjelp av 4-5 rørbørner. Det går med 2 gram marmor og 20 gram CO₂ pr. m³ produsert drikkevann. Den hydrauliske belastning på filteret er 0,15 m/t. Infiltrasjonsanlegget ble tatt i bruk i aug/sept-1991 og har så langt (7 mnd. drift) fungert tilfredsstillende.



Datablad for Kongsberg vannverk

Vannverk:	Elverum vannverk	Etabl.år.: 1987
Kommune :	Elverum	Tlf.nr.: 064-10511
Kontakt:	Elverum kommune, Teknisk etat	
Årlig vannuttak	ca. 2.1 mill.m ³	
Kunstig infiltrert volum	ca. 0.5 mill.m ³	
Infiltrasjonsprinsipp	Brønner (VYR-metoden)	
Råvannstype	Grunnvann fra løsmasser	
Avstand mellom KI og uttak	8 meter	
Teoretisk oppholdstid	-	
<p>Merknader: Grunnvannsanlegget ligger nord på Grindalsmoen og utnytter indusert vann fra Glomma. Grunnvannet har for høyt innhold av jern og mangan. Grunnvannet er surt med pH omkring 6,0. Temperaturen på utpumpet vann varierer mellom 5 og 7°C. Grunnvannsanlegget består av 4 produksjonsbrønner, hver med 4-6 oksigeneringsbrønner innenfor en radius av 8 meter. Fra brønnene på Grindalsmoen tas det ut ca. 12.000 m³ rent vann, før det re-infiltreres ca 3.000 m³ oksigenert vann. Erfaringene så langt er meget gode. Jern- og manganverdiene holdes på et stabilt lavt nivå.</p>		
<p>ANLEGG</p>		
Middeldøgnforbruk:	5 000 m ³ (1985)	
Makstø:	580 m ³	
Grunnvannsbrønner:	4 stk. Ø400 mm, dybde 12-30 meter	
Oksyderingsbrønner:	4-6 stk. i en radius på ca. 8 m rundt hver grunnvannsbrønn	
	Totalt 20 stk., Ø110 mm	
Investeringer, nøkkelferdig anlegg:	5.570.000 NOK (1986)	
Beregnet rentekostnad inkl. kapitalkostnader:	9 øre/m ³ rensert vann	

Datablad for Elverum vannverk

Vannverk: **Rakkestad vannverk**
Kommune : Rakkestad

Etabl.år.: 1981

Kontakt: Rakkestad kommune, Teknisk etat

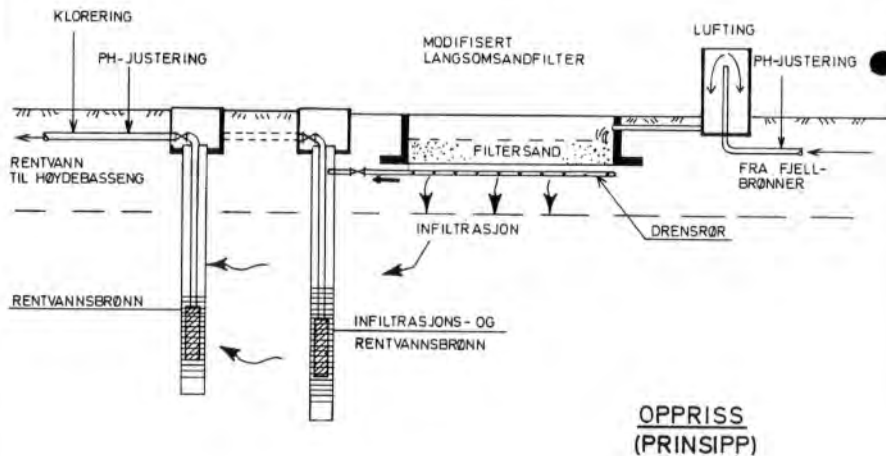
Årlig vannuttak	700.000 m ³
Kunstig infiltrert volum	- m ³
Infiltrasjonsprinsipp	Basseng og brønn
Råvannstype	Grunnvann fra fjell
Avstand mellom KI og uttak	-
Teoretisk oppholdstid	-

Merknader:

Råvannet inneholder jern, mangan og noe humus. Vannet pH-justeres før lufting for å optimalisere oksidasjon og felling av mangan. Deretter går vannet via sandfilterbassenger til infiltrasjon i Sander-akviferen.

Noe av vannet infiltreres direkte fra sandfilterbassengene, men det meste går via en infiltrasjonsbrønn.

Det har vært endel problemer med dette anlegget pga. råvannets kvalitet, men også fordi det i ettertid har vist seg at man ikke hadde tilstrekkelig kjennskap til den akviferen hvori man skulle infiltrere vannet.



Datablad for Rakkestad vannverk

Vannverk:	Tynset - forsøksanlegg	Etabl.år: 1989
Kommune :	Tynset	
Kontakt:	Tynset kommune, Teknisk etat eller GEOfuturum as, Ås	
Årlig vannuttak	(ikke utbygd)	
Kunstig infiltrert volum	ca. 600.000 m ³	
Infiltrasjonsprinsipp	basseng	
Råvannstype	elvevann (Auma)	
Avstand mellom KI og uttak	ca. 80 meter	
Teoretisk oppholdstid	14-30 døgn	
Merknader:		
<p>Prøvedrift ble startet høsten 1989 og pågår fortsatt (april 1992). Det infiltrerte vannet mater en naturlig kilde.</p> <p>Anlegget vurderes utbygd for å forsyne Tynset sentrum.</p> <p>Bassenget er anlagt ved kanten av en mektig grusterrasse med en umettet sone på 18-20 meter. Belastningen på filterflaten er ca. 0,12 m/t.</p> <p>Råvannskvaliteten varierer betydelig over året. Sterk gjenslamming skjer i forbindelse med flommer i elva. Årsaken er erosjon av organisk materiale fra elvebredder og fra elveleiet, samt tilsig fra myrbekker.</p> <p>Forsøksperioden gav verdifulle erfaringer med kunstig infiltrasjon i kaldt klima og kaldt råvann (periodevis = 0°C). Vannet tilføres bassenget ved selvføll.</p>		

Datablad for forsøksanlegg på Tynset

GRUNNVANN I NORGE (GiN)

Programmet Grunnvann i Norge (GiN) ble initiert av Miljøverndepartementet (MD) i 1989. I 1991 overlot MD ansvaret for videre engasjement i programmet til Statens Forurensningstilsyn (SFT). GiN er idag et samarbeidsprogram mellom Norges geologiske undersøkelse (NGU) og SFT for å fremme økt bruk og bedre vern av grunnvann. Det finansieres av Næringsdepartementet v/NGU, Statens Forurensningstilsyn, Kommunaldepartementet og Landbruksdepartementet. I tillegg bidrar Universitetet i Bergen, Sogn og Fjordane Distrikthøgskule, Telemark Distrikthøgskule m.fl.

GiN omfatter metodeutvikling, oversiktskartlegging, registrering og vurdering av grunnvannsforekomster og forurensningstrusler, i tillegg til informasjonstiltak overfor kommuner og fylkeskommuner. Kontaktpersoner for programmet finnes i fylkeskommunene og de fleste av landets kommuner.

Programmet har en sentral programgruppe med representanter fra SFT (seksjonsleder Oddvar Lindholm, leder, og overingeniør Tor Johannessen), Vassdragsvesenet (sjefingeniør Øystein Aars), Statens Institutt For Folkehelse (seksjonsleder Truls Krogh), Sør-Trøndelag fylkeskommune (avdelingsingeniør Gleny Foslie), Kommunenes Sentralforbund (teknisk sjef Einar Melheim) og Geofuturum a/s (siv.agr. Svein Ole Åstebøl). NGU har ansvaret for koordinering og praktisk gjennomføring av programmet.

GiN ledes av sjefingeniør Knut Ellingsen (NGU). En referansegruppe er opprettet med representanter fra 12 andre institusjoner som har tilknytning til grunnvann. Program- og referansegruppe i tillegg til fylkesansvarlige geologer i GiN og noen enkeltpersoner fungerer som fast høringsinstans for veilederne.

Tidligere utgitte GiN-veiledere:

1. Grunnvann fra hovedplan til prøvepumping
2. Grunnvann i arealplanleggingen
3. Grunnvannsundersøkelser i løsmasser
4. Grunnvann: Planlegging - Økonomi
5. Grunnvannsanlegg - Eksempler
6. Grunnvatn i fjell til spreidd busetnad

Planlegges utgitt høsten 1991:

7. Grunnvannsbeskyttelse
8. Grunnvannsforekomster i Norge
9. Grunnvann. Anbud og nedsetting av brønn
10. Grunnvannsanlegg - EDB-basert drift og fjernkontroll
11. Grunnvann. Kunstig infiltrasjon
12. Grunnvannskvalitet. Noen problemer og tiltak
13. Grunnvann. Kontroll, vedlikehold og rehabilitering av brønn