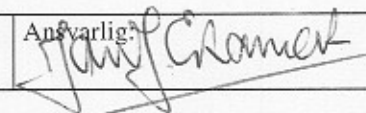


Rapport nr.: 2001.098		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
<b>Tittel:</b> Grunnvannsundersøkelser for energiuttak fra løsmassebrønner ved Vefsn sykehus, psykiatrisk avdeling €			
<b>Forfatter:</b> Bernt Olav Hilmo og Helge Skarphagen		<b>Oppdragsgiver:</b> Intekno as	
<b>Fylke:</b> Nordland		<b>Kommune:</b> Mosjøen	
<b>Kartblad (M=1:250.000)</b> Mosjøen		<b>Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)</b> 1826-I Mosjøen	
<b>Forekomstens navn og koordinater:</b> Vefsn sykehus, psykiatrisk avdeling		<b>Sidetall:</b> 14	<b>Pris:</b> 65
<b>Feltarbeid utført:</b> september 2001		<b>Rapportdato:</b> 23.10.2001	<b>Prosjektnr.:</b> 277100
		<b>Ansvarlig:</b> 	
<b>Sammendrag:</b> <p>Norges geologiske undersøkelse har på oppdrag fra Intekno as utført en grunnvannsundersøkelse ved Vefsn sykehus, psykiatrisk avdeling for vurdering av muligheter for grunnvarmeuttak fra energibrønner i løsmasser. Oppdragsgiver vil vurdere grunnvarme fra opp-pumpet grunnvann som et alternativ til oppvarming av planlagt nytt bygg ved sykehuset. Det foreligger ingen konkrete data på effektbehov.</p> <p>Løsmassene i det aktuelle området består av elveavsatt sand og grus, men ut fra tidligere løsmassekartlegging ble det ansett som sannsynlig at det var finkornige marine avsetninger under. For å kunne foreta en sikker vurdering av mulighetene for grunnvannsuttak ble det avtalt å gjøre to sonderboringer.</p> <p>I borehull 1 ble det påvist over 21 m med sand og grus. Testpumping av en undersøkelsesbrønn indikerte løsmasser med middels vanngjennomgang i hele profilet. På bakgrunn av grunnvannets fysisk-kjemiske kvaliteten forventes det ikke særlige driftsproblemer som følge av korrosivt vann eller utfellinger på varmeveksler etc.</p> <p>I borehull 2 ble det påvist hovedsakelig finsand, og muligens leire fra ca. 18 m dyp. Massene er her for finkornige til uttak av grunnvann.</p> <p>Ut fra grunnvannsundersøkelsene vil vi anbefale en videreføring av undersøkelsene i form av nedsetting av en fullskala produksjonsbrønn for lang tids prøvepumping. En nøyaktig bestemmelse av mulige uttaksmengder, grunnvannstemperatur og dermed effektuttak pr. brønn, kan først gjøres på bakgrunn av resultatene fra denne prøvepumpingen.</p>			
Emneord: Hydrogeologi	Grunnvann	Grunnvarme	
Sonderboring	Grunnvannskvalitet	Grunnvannsbrønn	
Kvartærgeologi		Fagrapport	

## **INNHold**

1.	INNLEDNING .....	4
2.	BESKRIVELSE AV LØSMASSENE I OMRÅDET .....	4
3.	RESULTATER.....	4
3.1	Undersøkelsesboringer .....	4
3.2	Grunnvannstemperatur .....	4
3.3	Grunnvannskvalitet.....	5
4.	ANBEFALINGER .....	5
5.	REFERANSER.....	6

## **TEKSTBILAG**

1. Dimensjonering av energibrønner basert på opp-pumpet grunnvann

## **DATABILAG**

- 1 Boreprofiler av undersøkelsesboringer
- 2 Fysisk-kjemiske analyser av grunnvann

## **KARTBILAG**

1. Kart i M 1 : 1700 som viser plasseringen av undersøkelsesboringene

## **1. INNLEDNING**

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har på oppdrag fra Intekno as utført en grunnvannsundersøkelse ved Vefsn sykehus, psykiatrisk avdeling. Formålet med undersøkelsen er å vurdere muligheten for grunnvarmeuttak fra energibrønner i løsmasser som et alternativ energikilde til et planlagt nytt bygg ved sykehuset. Det foreligger ingen konkrete data på effektbehov. I tekstbilag 1 er det gitt en beskrivelse av grunnvarmeuttak fra opp-pumpet grunnvann og hvordan man dimensjonerer grunnvannsbrønnene.

Undersøkelsene omfattet to sonderboringer med nedsetting av Ø36 mm undersøkelsesbrønn med 1,2 m langt slisset filter for kapasitetstesting og prøvetaking av grunnvann. For vurdering av faren for utfelling eller korrosjon i varmeveksler ble det tatt tre grunnvannsprøver som ble analysert på fysisk-kjemiske parametere.

Boringene som ble utført med en beltegående borerigg av typen HAFO, ble foretatt den 24.09.01.

## **2. BESKRIVELSE AV LØSMASSENE I OMRÅDET**

Det aktuelle området ligger på ei elveslette på nordsida av elva Skjerva og like øst for Mosjøen sentrum. Løsmassene i området er tidligere kartlagt i M 1 : 20 000 (Alstadsæter, 1981 og Alstadsæter og Hollund, 1981). I følge kartene består løsmassene av elveavsatt sand og grus, men kvartærgeologer anser det som sannsynlig at det er finkornige marine avsetninger under. For å kunne foreta en sikker vurdering av mulighetene for grunnvannsuttak ble det avtalt å gjøre undersøkelsesboringer.

## **3. RESULTATER**

### **3.1 Undersøkelsesboringer**

Plasseringen av boringene er vist i kartbilag 1, mens databilag 1 viser boreprofilene. I borehull 1, som ble boret nærmest elva viste sonderboringen over 21 m med sand og grus. Det ble satt ned en undersøkelsesbrønn som ble testpumpet i tre nivåer for kapasitetsvurdering og prøvetaking av grunnvann. Kapasiteten varierte mellom 0,33 og 0,4 l/s. Dette indikerer masser med middels vanngjennomgang.

I borehull 2 ble det påvist ca. 8 m sand over finsand/silt og muligens leire fra ca. 18 m dyp. Også her ble det satt ned en undersøkelsesbrønn som ble testpumpet på nivå 5,7 m, men massene var for finkornige til uttak av grunnvann.

### **3.2 Grunnvannstemperatur**

I tillegg til brønncapasitet har også grunnvannstemperaturen betydning for effektuttaket av en energibrønn basert på opp-pumpet grunnvann. Det ble ikke målt temperatur på opp-pumpet grunnvann fra undersøkelsesbrønnene, fordi oppvarming i sugepumpa ville gitt feil verdier. Som regel er grunnvannstemperaturen litt høyere enn årsmiddeltemperaturen på grunn av snøisolasjon. I Mosjøen-området antas derfor en grunnvannstemperatur på 4,5-5 °C. I



motsetning til lufttemperaturen, har grunnvann på større dyp enn 10 m vanligvis stabil temperatur hele året.

### 3.3 Grunnvannskvalitet

Det er særlig to geokjemiske forhold som er viktige ved energiutnyttelse direkte fra grunnvann. Disse er vannets innhold av utfellbare ioner og vannets korrosive egenskaper. Problemer med kjemisk utfelling i varmepumpesystem er hovedsakelig knyttet til utfellingsprodukter av karbonater, jern og mangan. Det kan særlig oppstå problemer der hvor vannet går gjennom en fordamper eller varmeveksler (varmepumpe) og i brønner der vannet infiltreres tilbake til magasinet (se tekstbilag 1). Korrosjon av metallrør kan være elektrokjemisk eller bakteriell. Grunnvann med lav pH-verdi og høy alkalitet er spesielt ugunstig da dette viser at vannet har høy konsentrasjon av fri "aggressiv" CO<sub>2</sub>, som hindrer karbonatfelling og øker løseligheten av ulike metallioner. Vannets korroderende evne er også avhengig av innhold av løst oksygen, løst karbondioksyd, løste salter og svovelsyre, samt strømningshastighet og temperaturforhold.

I tillegg kan finpartikler i suspensjon i grunnvannet skape problemer grunnet tilstopping av varmepumpesystemet.

Ved testpumping av undersøkelsesbrønnen i borehull 1 ble det tatt tre grunnvannsprøver fra 4,7-5,7 m, 10,7-11,7 m og fra 16,7-17,7 m. Vannanalysene er vist i databilag 2. Grunnvannet har lavt fargetall, men høy turbiditet på grunn av høyt partikkelinnhold som følge av stor filteråpning og kort pumpetid. Grunnvannets pH-verdi ligger mellom 7,5 og 8. Innholdet av lett utfellbare elementer som jern og mangan er lavt (< 0,02 mg Fe/l og < 0,04 mg Mn/l), mens innholdet av kalsium er relativt høyt (ca. 50 mg/l).

Strengt grenseverdier for fysisk-kjemiske parametere er av liten interesse siden store vannuttak kan endre vannkvaliteten, og mikroorganismer kan forårsake problemer under svært forskjellige forhold. Allikevel finnes det forskjellige grenseverdier for innhold av lett utfellbare elementer i vann som skal brukes i et varmepumpeanlegg. Gustafsson et al. (1983) oppgir 0,3 mg Fe/l og 100 mg Ca/l som grenseverdier. Ut fra disse grenseverdiene, samt vannets høye pH-verdi og relativt lave innhold av andre løste salter, vurderes grunnvannskvaliteten å gi små driftsproblemer i et varmepumpeanlegg, men sikre vurderinger av dette kan først gjøres på bakgrunn av vannanalyser fra langtids prøvepumping.

## 4. ANBEFALINGER

På grunnlag av grunnvannsundersøkelsene vil vi anbefale en videreføring av undersøkelsene i form av nedsetting av en fullskala produksjonsbrønn for lang tids prøvepumping. En nøyaktig bestemmelse av mulige uttaksmengder, grunnvannstemperatur og dermed effektuttak, kan først gjøres på bakgrunn av resultatene fra denne prøvepumpingen. Det hadde vært en fordel med flere og dypere sonderboringer for å finne gunstigste brønnplassering og for å velge riktig brønndimensjonering. I og med at området for brønnplassering er såpass lite vil vi likevel anbefale at det settes ned rørbrønn ved borehull 1 med følgende spesifikasjoner:

Dyp:	min. 22 m
Brønndiameter:	min. Ø170 mm
Filterlengde:	min. 8 m
Filteråpning:	1 mm.

Filterplasseringen må bestemmes på bakgrunn av en bedømmelse av løsmassene under nedboring av foringsrøret. For å oppnå høyest kapasitet og mest mulig stabil og høy temperatur bør filteret plasseres så dypt som mulig.

Brønnen bør prøvepumpes i en periode på ½ - 1 år for sikker vurdering av kapasitet, grunnvannstemperatur og grunnvannets fysiske-kjemiske egenskaper. Behovet for flere uttaksbrønner og om returvannet kan infiltreres i grunnen må vurderes på bakgrunn av disse resultatene.

Selve brønnboringen må gjøres av brønnboringssfirma, men NGU kan gjerne bidra med gjennomføringen av prøvepumpingen, samt råd og veiledning ved eventuell videre utbygging av grunnvarmeanlegg.

## 5. REFERANSER

Alstadsæter, I. 1981: *MOSJØEN, kvartærgeologisk kart DMN 181182-20*. Norges geologiske undersøkelse.

Alstadsæter, I. & Hollund, H. J. 1981: *OLDERSKOG, kvartærgeologisk kart DOP 181182-20*. Norges geologiske undersøkelse.

Gustafsson, G. (1983): *Brunnsystem for värmelagring och värmeutvinning i akviferer*. Byggeforskningsrådet. Rapport R39:1983.

## DIMENSJONERING AV ENERGIBRØNNER BASERT PÅ OPP-PUMPET GRUNNVANN

Teksten er skrevet på bakgrunn av kapittel 5.4 *Dimensjonering av åpent grunnvarmeanlegg* i hovedoppgaven *Kartlegging av potensialet for grunnvarmeutak fra løsmasser i Elverum*, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU, Fakultet for geofag og petroleumsteknologi (Kalskin, R. 1998).

### Beregning av effektuttak

Det mulige effektuttaket fra grunnvann kan beregnes ut fra følgende formel:

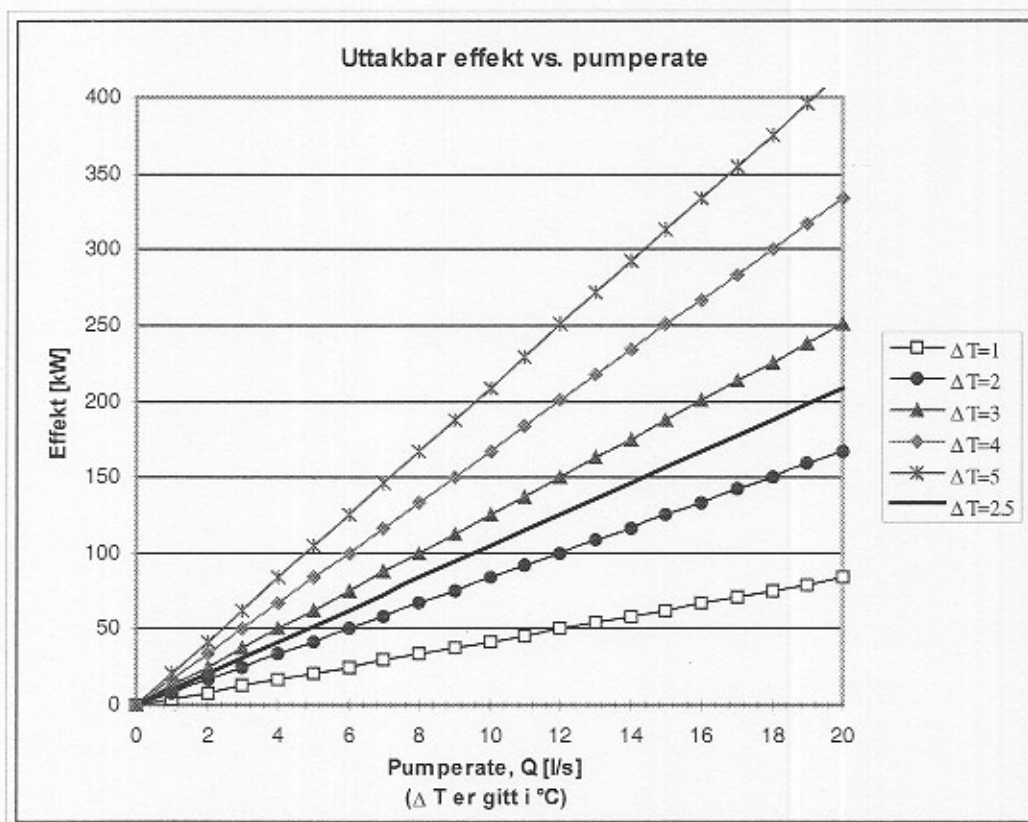
$$\text{Effekt} = C_p \times Q \times \Delta T \quad (\text{Andersson et al., 1982})$$

Der  $C_p$  er vannets spesifikke varmekapasitet = 1,16 kWh/m<sup>3</sup> °C

Q er uttatt mengde grunnvann pr tidsenhet [m<sup>3</sup>/h]

$\Delta T$  er  $T_{\text{inn}} - T_{\text{ut}}$ , temperaturforskjell mellom grunnvann inn til og ut fra varmpumpe.

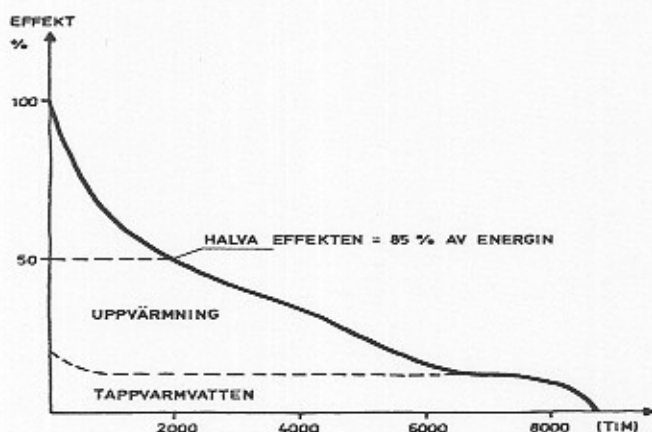
I figur 1 er effektuttaket pr. brønn beregnet ut fra pumperaten og temperaturdifferansen,  $\Delta T$ . Tilgjengelig grunnvann og grunnvannstemperaturen er derfor de to viktigste forholdene ved dimensjonering av et varmpumpeanlegg. I tillegg er vannkvaliteten viktig for driften av slike anlegg.



Figur 1. Mulig effektuttak gitt i [kW] fra grunnvann som funksjon av pumperate og temperatursenkning. (Andersson et al., 1982).



Ved bruk av varmepumpen til normal boligoppvarming og oppvarming av varmtvann, inntreffer høye effektbehov kun enkelte dager i året. På bakgrunn av dette dimensjoneres et varmepumpeanlegg sjelden slik at anlegget kan dekke hele effektbehovet. Ved å dimensjonere varmepumpen for cirka 50-60% av det maksimale effektbehovet, dekkes 80-90% av energibehovet. Topp belastningen, dekkes med en annen energikilde, for eksempel olje, biobrensel, ved eller elektrisitet. Figur 2 viser effektbehovet for oppvarming og varmtvannsberedning over et år. Man kan se at halve effekten dekker 85% av det totale energibehovet.



Figur 2. Sammenheng mellom effekt og energibehov til en vanlig husholdning. (Andersson, O. et al., 1982).

### Brønn- og filterdimensjonering

Både brønn- og filterdimensjonering gjøres på grunnlag av detaljundersøkelser. Tabell 1 viser en generell oversikt over hvilke brønn- og pumpedimensjoner som er nødvendig ved de forskjellige uttaksmengdene av grunnvann.

Tabell 1. Brønn- og pumpedimensjoner ved uttak av grunnvann.

Uttaksmengde [l/s]	Rørdiameter [mm]	Pumpestørrelse [mm]
>15	Ø 225	Ø 200
5-15	Ø 175	Ø 150
1-5	Ø 125	Ø 100

På bakgrunn av sonderboring som viser løsmassefordelingen, prøvepumping og resultater fra kornfordelingsanalyser i de forskjellige nivåene i grunnvannsreservoarets vertikalprofil, kan plasseringen av filteret og filterdimensjonen bestemmes. Filteret plasseres ned mot bunnen av et vannførende lag med størst mulig mektighet under grunnvannsspeilet. Et tykt vannførende lag dypt i akviferen vil være gunstig.

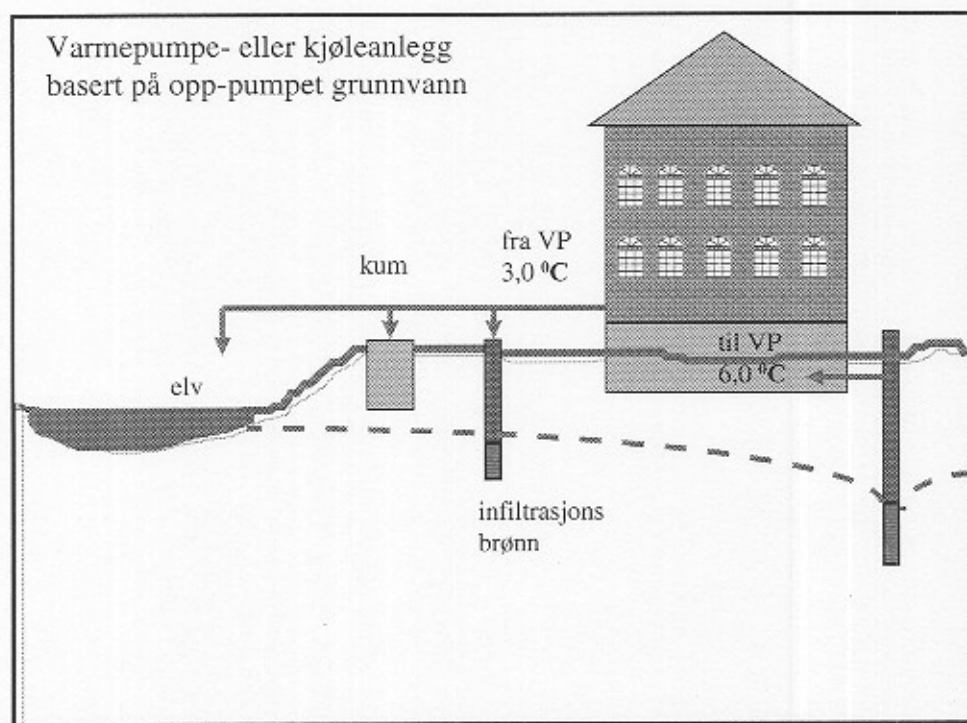
### Returvann fra åpne grunnvannssystem

Grunnvann som pumpes opp og avgir energi i form av varme til et varmepumpesystem må returneres på en eller annen måte. Grunnvannet kan returneres på mange forskjellige måter og til forskjellige resipienter, både på overflaten og i grunnen. Den største returvannmengden vil produseres i løpet av den kaldeste delen av vinteren, og grunnvannsresipienten må være slik at den kan ta i mot alt returvannet fra varmepumpen på dager med ekstreme værforhold. Høst og vår vil returvannmengden være betydelig mindre enn om vinteren. Generelt kan vi dele

metodene for å kvitte seg med returvann fra åpne grunnvannssystem inn i enkeltbrønn-system og flerbrønn-system. Disse metodene vil bli nærmere beskrevet nedenfor.

### Enkeltbrønn-system

Et enkeltbrønn-system er den teknisk sett enkleste løsningen. Prinsippet er å føre returvannet ut i åpent vann, i avløpssystemet eller tilbake til grunnvannsmagasinet, jmf. figur 3. Hovedpoenget er at systemet benytter seg av én brønn, nemlig produksjonsbrønnen. I kystnære områder, langs elver, innsjøer eller andre vannbasseng, hvor ingen større investeringer til utførselsledning er nødvendig, vil et enkeltbrønn-system være økonomisk gunstig selv for små anlegg. Det er derimot viktig å være klar over at man i de fleste tilfellene trenger utslippstillatelse for å gjøre dette. Selve transporten av returvannet må være slik at problemer med erosjon og sedimentering unngås. Dessuten må returvannutslipp i nærheten av eksisterende grunnvannsforsyninger nøye vurderes med tanke på faren for bakteriespredning. Kalde og grunne returvannutslipp kan tenkes å medføre "sen vår" på jordbruksarealer. Setningsskader på bygninger kan komme som et resultat av grunnvannssenknings i finkornede løsmasser. En annen betydelig usikkerhetsfaktor, er risikoen for rask og kontinuerlig nedtapping eller trykksenkning av grunnvannsmagasinet. Dette kan teoretisk forekomme i tilfeller der grunnvannsmagasinet er begrenset av negative hydrauliske grenser som fører til at utlekkingen er større enn den naturlige infiltrasjonen. Ved hjelp av prøvepumping kan de hydrauliske vilkårene analyseres og de langsiktige driftsforholdene forutses.



Figur 3. Forskjellige måter å kvitte seg med returvann. (Hilmo et al, 1998).

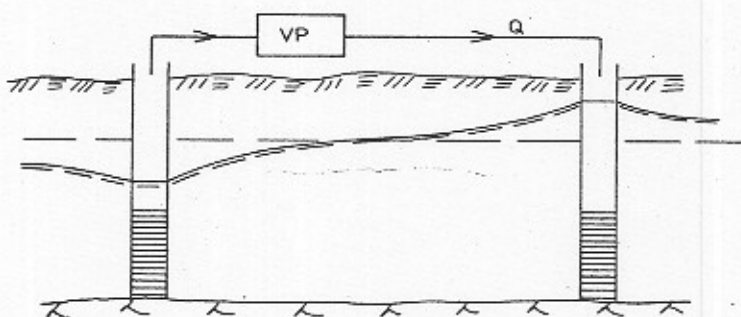
Returvannet kan infiltreres i store kunstige vannbassenger. På denne måten kan problemer med tapping og trykksenkning av grunnvannsmagasinet unngås. For at et kunstig infiltrasjonsbasseng skal fungere tilfredsstillende, må bassengbunnen bestå av sand og grus med høy permeabilitet. Bassenget må vedlikeholdes regelmessig for å opprettholde infiltrasjonshastigheten. Finstoff, mikrobiologisk og bakteriologisk aktivitet vil stadig tette igjen infiltrasjonsbassenget.



En siste måte å kvitte seg med returvannet på, er å benytte seg av det offentlige vann- og kloakksystemet. Det er nødvendig med tillatelse fra bestemmende instanser for å sende returvannet i vann- og avløpsledningene. Vanligvis vil ledningsnettene være for dårlig dimensjonert til å ta i mot store mengder returvann fra åpne grunnvannssystemer. Et annet problem er at økt vannmengde kan forringe renselanleggets effektivitet og dermed øke anleggets driftskostnader. Her vil man ha en risiko for senket grunnvannsstand og trykksenkning. Det vil som regel være en dårlig løsning å sende returvannet i vann- og kloakksystemet.

### Flerbrønn-system

Den vanligste systemløsningen ved bruk av opp-pumpet grunnvann som varmekilde er å benytte seg av flere brønner, brønner for uttak (produksjonsbrønn) og brønner for infiltrasjon etter utvinning av varme. Figur 4 viser en prinsippskisse av et flerbrønn-system som kan benyttes både til varme- og kjøleformål ved å snu prosessen den ene eller andre veien. Fordelen med flerbrønn-systemet er at systemet blir en "sluttet krets", og man får ingen betydelige miljøkonsekvenser. Samtidig opprettholdes det hydrauliske trykket i formasjonen. Det oppnås hydraulisk likevekt, noe som forenkler dimensjoneringen av komponentene i systemet, for eksempel varmepumpen. Den største ulempen med flerbrønn-systemet er at investeringskostnadene blir høyere enn for enkeltbrønn-system. Erfaring har vist at driftskostnadene er høyere, blant annet som følge av tilstopping av infiltrasjonsbrønnen på grunn av utfelling eller finpartikler i suspensjon.

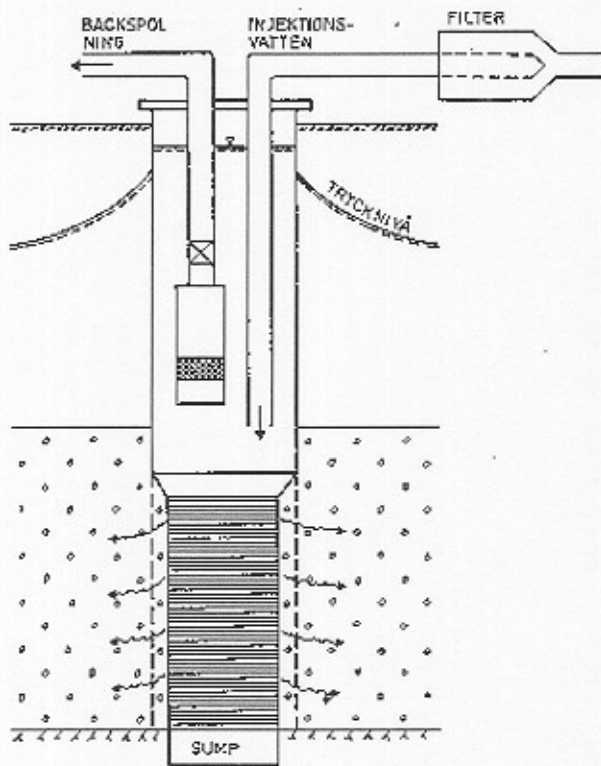


Figur 4 Prinsippskisse av tobrønn-system. (Gustafson, 1983).

Figur 2 viser hvordan en infiltrasjonsbrønn ser ut. Av figuren kan man se at infiltrasjonsvannet slippes ut på et relativt dypt nivå. Dette gjøres for å beholde et visst hydrostatisk trykk og for å motvirke syreopptak. Utseendemessig er en infiltrasjonsbrønn temmelig lik produksjonsbrønnen. Infiltrasjonsbrønnen har som regel større dimensjon og en anordning som tillater jevnlig rensing ved partikulær tilstopping (tilbakespyling). En eventuell tilstopping oppdages ved at grunnvannsstanden i brønnen øker, mens trykket holder seg konstant utenfor brønnen. Prinsippet for tilbakespyling er at ved registrering av et bestemt trykk i brønnen, vil infiltrering av vann avbrytes og brønnen utsettes for en kraftig pumping som gjør at grunnvannsstanden reduseres. På denne måten kan filter og poresystem renses for finpartikler.

En variant av flerbrønn-systemet er å infiltrere returvannet over et tett løsmasselag, for eksempel silt, på et høyere nivå i grunnvannsmagasinet. På denne måten blir nedkjølingseffekten minimal. Systemet er hensiktsmessig å bruke der grunnvannet brukes til ett formål, det vil si enten varme- eller kjøleformål. Et fleksibelt varmepumpesystem, der man

benytter seg av oppvarming vinterstid og avkjøling om sommeren, er det mest hensiktsmessig å bruke det vanlige flerbrønn-systemet med uttak og infiltrasjon av vann på noenlunde samme nivå i grunnvannsmagasinet.



Figur 2. Infiltrasjonsbrønn med injeksjonsrør og pumpe for tilbakespyling. (Andersson og Malm, 1983).

#### Brønnplassering, avstand mellom produksjons- og infiltrasjonsbrønn

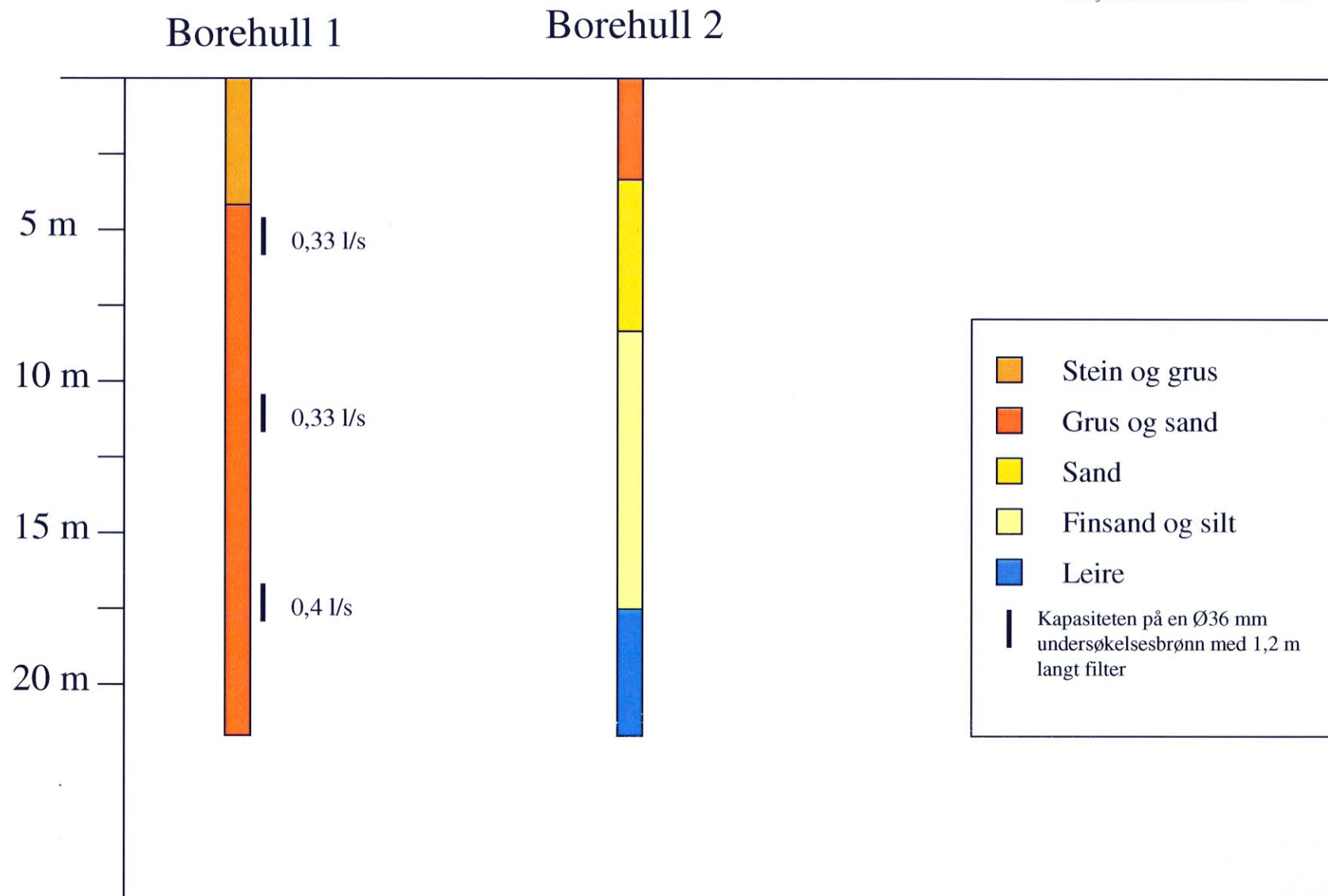
Flerbrønn-systemet forutsetter at infiltrasjonsbrønnen plasseres slik at den står i hydraulisk kontakt med produksjonsbrønnen. I tillegg må det være tilstrekkelig avstand mellom brønnene til at det ikke finner sted nevneverdig kjøleeffekt fra infiltrasjonsbrønn til produksjonsbrønn. Faktorer som er avgjørende for dimensjoneringen av avstanden mellom de to brønnene, er mektigheten av de vannførende formasjonene, geometri, strømningsforhold og hydrogeologiske egenskaper. Videre har anleggets vannkapasitet innvirkning. Hvis infiltrasjonsbrønnen plasseres nedstrøms produksjonsbrønnen, vil nedkjølingseffekten bli lavere (hvis det i det hele tatt vil være noen nedkjølingseffekt). Et annet alternativ, spesielt for større anlegg med flere produksjons- og infiltrasjonsbrønner, er å plassere brønnene på parallelle linjer med grunnvannets strømningsretning. På Gardermoen flyplass er denne løsningen benyttet, og nedkjølingseffekten vil bli noe høyere (Tokle, 1998). Det er også viktig å plassere brønnene i tilstrekkelig avstand fra private brønner. Erfaringer fra forskjellige anlegg viser at avstanden mellom produksjons- og infiltrasjonsbrønn varierer sterkt.

## REFERANSER

1. Andersson, O., Johansson, I., Perers, J., 1982: *Utnyttjande av överskottsvärme i grundvattnet vid konstjord infiltration. Förstudie*. Byggeforskningsrådet. Rapport R121:1982.
2. Andersson, O., Malm, A., 1983: *Grundvattenvärme till 212 äldre centraluppvärmda villor. Förstudie och förprojektering i Bjärred*. Byggeforskningsrådet. Rapport R20:1983.
3. Gustafson, G., 1983: *Brunnsystem för värmelagring och värmeutvinning i akviferer*. Byggeforskningsrådet. Rapport R39:1983.
4. Hilmo, B. O., Skarphagen, H. & Morland, G. 1998: *Grunnvarme en energikilde for framtiden*. Årsrapport 1998. Norges geologiske undersøkelse.
5. Kalskin, R. 1998: *Kartlegging av potensialet for grunnvarmeutak fra løsmasser i Elverum*, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU, Fakultet for geofag og petroleumsteknologi.
6. Tokle, T., 1998: *Oslo Gardermoen Airport -ammonia heat pump using ground water as heat source and heat sink*. IEA Heat Pump Centra, Newsletter. Volume 16, no.3/1998.



# Boreprofiler, undersøkelsesboringer





Kart i M 1: 1:1700 som viser plasseringen av undersøkelsesbrønnene

