



RAPPORT LNR 5277-2006

Høyskolen i Hedmark - forundersøkelse for ny energibrønn

Resultater og anbefalinger



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21
NO-0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

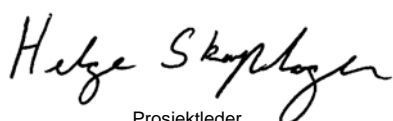
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Høyskolen i Hedmark - forundersøkelse for ny energibrønn. Resultater og anbefalinger	Løpenr. (for bestilling) 5277-2006	Dato 28.09.2006
	Prosjektnr. Undernr. 25308	Sider Pris 19
Forfatter(e) Helge Skarphagen	Fagområde Grunnvann	Distribusjon
	Geografisk område Rena	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statsbygg	Oppdragsreferanse 26090-1
--------------------------------------	-------------------------------------

Varmepumpeanlegget på Høyskolen i Hedmark, avdeling Rena, har problemer med jernutfellingene i varmpumpens varmeveksler. Regelmessig rensing med en blanding av sitronsyre og oksalsyre ble testet som en vedlikeholdsmetode, men ble funnet å være for arbeidskrevende. Prøveboringer med påfølgende vannanalyser viser at det er sannsynlig å unngå utfellingene av jern ved å anlegge en ny dypere brønn som utelukkende trekker på oksygenfritt grunnvann. Kretsløpet fra oppumping og videre gjennom varmeveksleren frem til infiltrasjon, må holdes under overtrykk, for å minimalisere jernutfelling ved trykkfall.

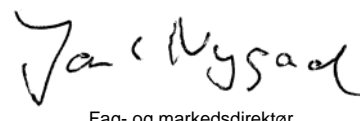
Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. grunnvann	1. Ground water
2. energi	2. Energy
3. varmpumpe	3. Heat pump
4. jernutfelling	4. Iron fouling



Prosjektleder
Helge Skarphagen



Forskningsleder
John Rune Selvik
ISBN 82-577-5005-0



Fag- og markedsdirektør
Jarle Nygaard

Høyskolen i Hedmark - forundersøkelse for ny
energibrønn.
Resultater og anbefalinger

Forord

Den foreliggende rapporten er utarbeidet av NIVA etter bestilling av 10.05.2006 fra Statsbygg. Bakgrunnen for oppdraget er at det grunnvannsbaserte varme- og kjøleanlegget ikke har fungert som følge av varmeveksleren går tett pga av utfellinger. Varmepumpeanlegget har ikke fungert tilfredsstillende siden det ble anlagt i 1994. Flere konsulenter har sett på saken uten at man har kommet frem til en brukbar løsning. Helge Lunde, Thermoconsult kontaktet Niva for å få råd med hensyn til den vanskelige grunnvannskvaliteten.

Prosjektet er en utfordrende anledning til å omsette teoretisk kunnskap om til praktisk varme og kjøling, som i tillegg er miljøvennlig

Jeg vil takke Thermoconsults Helge Lunde som involverte meg i arbeidet og Statsbyggs Tarald Eng-Øvermo for god hjelp ved gjennomføringen av prosjektet.

Oslo, 28. september 2006

Helge Skarphagen

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
2. Beskrivelse av prøvetaking og resultater	7
2.1 Sonderboringer	7
2.2 Rørdriving	8
2.3 Vannanalyser	9
3. Drøfting av resultatene	10
3.1 Infiltrasjonsbrønnen	11
3.2 Termisk gjennombrudd	11
4. Anbefalinger	12
5. Forbehold	13
Vedlegg A. Observasjoner sonderboring	14
Vedlegg B. Utskrift av boreparametre	16
Vedlegg C. pH / EH i oppumpet grunnvann	17
Vedlegg D. Utskrift av vannanalyser	18
Vedlegg E. Utskrift av trykktapsberegning	19

Sammendrag

Årsaken til at varmeveksleren tidligere har gått tett, er sannsynligvis at grunnvannet som pumpes opp fra den eksisterende brønnen trekker på en vannkvalitet bestående av en blanding av oksygenrikt øvre skikt i grunnvann, og det dypere liggende, jernholdige og oksygenfrie laget. Det er et velkjent fenomen at slikt blandingsvann kan forårsake utfellinger.

Formålet med prøveboringene var å finne sand og grus med tilstrekkelig permeabilitet og som samtidig er tilstrekkelig dypt nok nede, slik at høyereliggende oksygenholdig grunnvann ikke kan bli blandet inn i vannet ved pumping. Det ble utført sonderboringer og nedsetting av en 2" sandspiss for uttak av grunnvann til analyse og feltmålinger.

Det ble påvist at grunnvannet var fritt for oksygen på 12 m dyp. Det er derfor å forvente at en ny 200 mm grusbrønn, med filter fra 17 til 23 m dybde ikke vil trekke på oksygenholdig, overflatenært grunnvann. Ved å holde et overtrykk i kretsen fra pumpebrønnen gjennom varmeveksleren og ned i infiltrasjonsbrønnen, er det å forvente at jern i liten grad vil felle ut og forårsake problemer. Jernutfellinger kan også forekomme som følge av trykkfall og man må derfor unngå trykkfall i alle deler av systemet. Utløpet må føres ned mot bunnen av infiltrasjonsbrønnen og utstyres med en strupeventil som sikrer at man har minimum ca 6 m vannsøyles overtrykk gjennom hele pumpekretsløpet. Spesielt viktig er det at overtrykket er tilstrekkelig inne i varmeveksleren.

Det anbefales å investere i en ny pumpebrønn og benytte den gamle pumpebrønnen som infiltrasjonsbrønn.

Summary

Earlier problems concerning iron precipitation in the heat exchangers ground water circuit caused operational defects for the heat pump that was installed in 1994 at the Hedmark University College. The groundwater from the well was characterised as a mixture of oxygen rich shallow and deeper iron rich water without oxygen. The mixed water qualities caused severe and rapid iron precipitation that clogged the heat exchanger within days.

Niva suggested utilizing groundwater from the deep anoxic zone and avoid any mixing with groundwater from the shallow oxygen containing layer.

The ground water potential was investigated in glacial sand and gravel deposits to determine if it would be possible to find ground water without oxygen. Different methods determined the oxygen rich layer and a new deeper well were designed to avoid the oxygen rich water.

It's recommended to invest in a new groundwater well for extraction of water and use the old one as for infiltration . The discharge down at the bottom of the infiltration well, must be equipped with a valve that keeps the pressure above 6 m water column throughout the whole ground water pumping circuit.

Title: Hedmark University College – pilot study for a new energy extraction well. Result and recommendations.

Year:2006

Author:Helge Skarphagen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-50005-0

1. Innledning

Statsbygg har i en årrekke hatt problemer med jernutfelling i varmeveksleren til varme- og kjøleanlegget på Høyskolen i Hedmarks bygg på Rena. I samarbeide med Helge Lunde i Thermoconsult as ble det vurdert mulige tiltak for å håndtere utfellingsproblemet. Miljøvennlige og rimelige organiske syrer til rensing av varmeveksleren ble forsøkt, men ble vurdert å være for arbeidskrevende å skulle utføre relativt hyppig. Det ble derfor besluttet å vurdere tiltak som kan eliminere eller sterkt redusere jernutfellingen. Etter forslag fra NIVA ble det besluttet å utføre forundersøkelser som grunnlag for en anbefaling om endringer av det grunnvannsbaserte varme- og kjøleanlegget.

Forundersøkelsen har bestått i sonderboringer i tre punkt for utvelgelse av lokalitet for en ny energibrønn. Det mest lovende sonderpunktet ble nærmere undersøkt for å påvise gradienter i oksygeinnhold og jerninnhold i vannet. Målinger og observasjoner danner grunnlaget for rapportens anbefaling.

2. Beskrivelse av prøvetaking og resultater

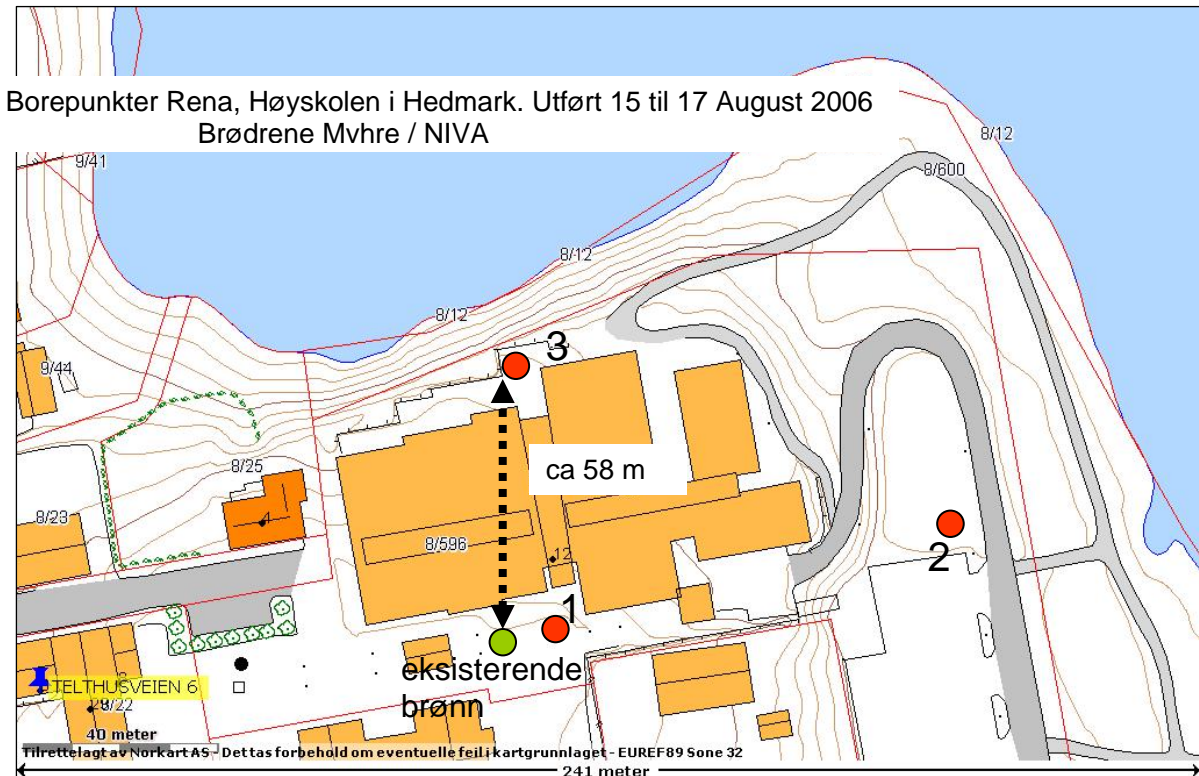
2.1 Sonderboringer

Det ble utført sonderboringer i punktene 1, 2 og 3 som vist på kartet. Detaljerte resultater fra sonderboringen er vist i vedleggene A og B.

Punkt 3 pekte seg ut som det klart gunstigste og det ble besluttet å drive ned 2" rør for opptak av vann og sandprøver fra dette.



Figur 1. Boreriggen som ble benyttet til forundersøkelsene.



Figur 2. Kartutsnitt over skolens nærområde med angivelse av borepunkter.

2.2 Rørdriving

I borekanalen etter sonderboringen ble det satt ned en spiss med ca 2mm slisser i den nederste meteren. Det ble skjøtet på 2 m rørlengder med gjengede muffert som ble sveiset i tillegg, for å bedre styrken på rørstrengen. Grunnvannstand ble observert på ca 9 m dyp og første prøve ble tatt på intervallet 10 til 11m dybde. Som en følge av at grunnvannet står dypere enn 7 m, kan ikke sugepumpe til prøvetagningen benyttes. Røret ble rensplyt med kommunalt vann som inneholder løst oksygen. En liten senkepumpe (Grundfos MP2) ble benyttet til å ta opp grunnvannsprøver. Med vannet kom det opp noe sand. På enden av pumpe slangen var det satt på en lufttett målecelle med elektroder for måling av pH og EH (mV). Etter ca 20 minutter var måleverdiene relativt stabile fra intervallet 10 -11 m. Det var ikke spesiell lukt fra vannet.



Figur 3. Foto av målecelle

De neste prøvene fra 12-13 m og 13,9 -14,9m luktet kraftig av hydrogensulfid H_2S . Ettersom det oksygenholdige spylevannet ble pumpet ut viste feltmålingene av vannet stadig mer ”stagnerende” vannkvalitet.

Vedlegg E viser en detaljert oversikt over feltmålingene.

Rørdrivingen lot seg ikke gjennomføre til større dyp enn 14,9 m på grunn av grov sten.

2.3 Vannanalyser

Vannanalysene som ble tatt og senere analysert ved NIVAs laboratorium. Bestemmelse av oksygen ble utført med en ”modifisert Winkler metode, NIVA-metode nr. F1-3”

Oksygenanalysen underbygger i hovedsak feltobservasjonene. - Oksygenholdig grunnvann i toppen som ganske snart går over i anaerobt stagnerende vann litt dypere. Litt overraskende var det at direkte titrering for bestemmelse av hydrogensulfid viste verdier under deteksjonsgrensen. Dette kan skyldes interferens eller det faktum, at nesen er meget følsom for lukten av hydrogensulfid og kan kjenne lukten av dette selv ved meget lave verdier. Det foreligger ikke særlig grunn til å bruke ytterligere tid på dette, ettersom lukten i seg selv er god nok indikator på at hydrogensulfid er til stede. Analyse på grunnstoffet svovel, ble gjort på ICP, og viser tilnærmet samme verdier i alle tre prøvene. Jern ble også målt på ICP og som forventet var jerninnholdet betydelig høyere i de to nedre prøvene sammenliknet med den øvre oksygenholdige prøven (se vedlegg D). Dette er ”helt etter læreboka”. Den høyeste jernverdien er fra 14-15 m og viser 2,47 mg/l. En relativt høy verdi, men samtidig betydelig lavere enn det som blir brukt til energiuttak i Sverige og Nederland. Dette er omtalt i IEA-ECES veilederen: ”Well and Borehole Failures in UTESS”. På side 22 oppgis det at vanlige jernverdier i Nederland ligger mellom 3 - 40 mg/l. Denne veilederen har Statsbygg fått kopi av tidligere.

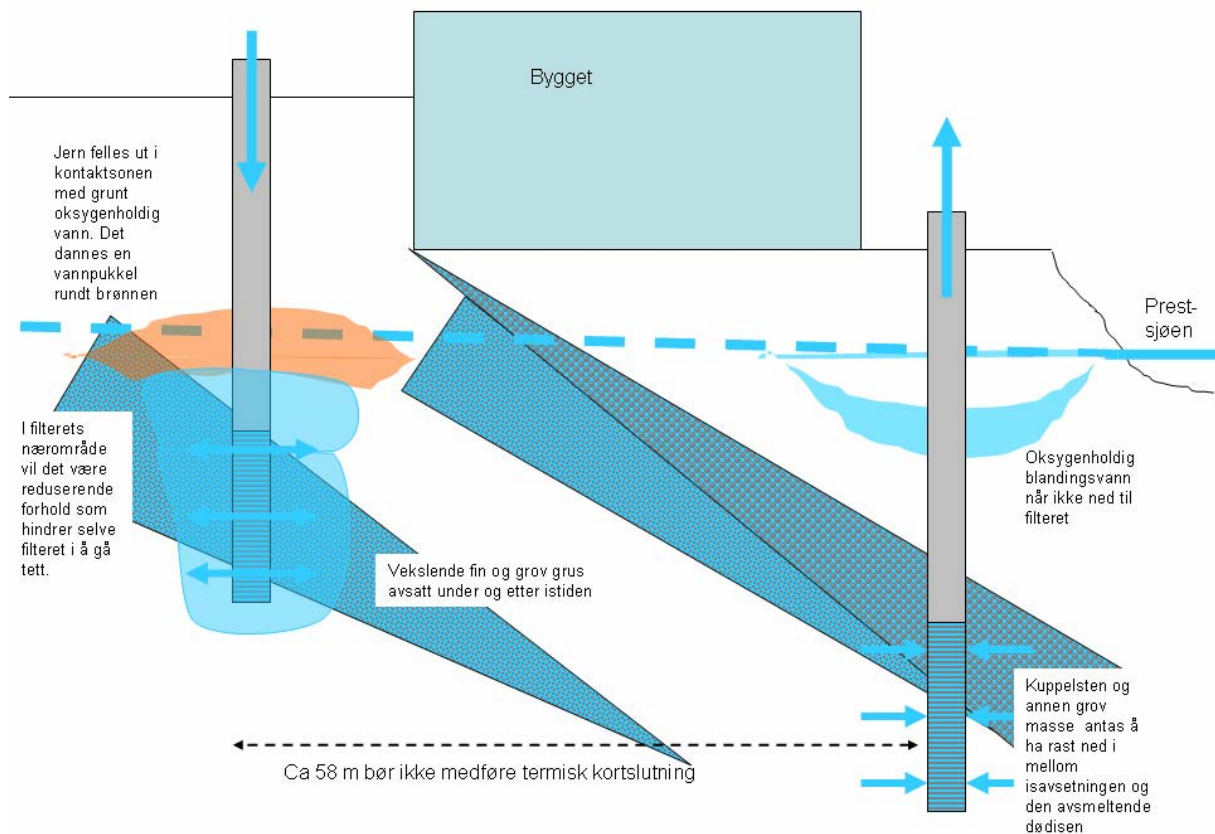
3. Drøfting av resultatene

Det stagnante grunnvannet fra den nye brønnen lukter av hydrogensulfid og en infiltrasjon av utslippsvannet på overflaten er urealistisk fordi det kan forventes, problemer med lukt fra et anlegg i full drift. En løsning som baserer seg på infiltrasjon av det oppumpede vannet ned i en egen infiltrasjonsbrønn vil sannsynligvis løse det forventede luktproblemet. Hydrogensulfid og andre løste gasser vil ikke drives av så lenge trykket i vannet opprettholdes i hele systemet fra senkepumpen i produksjonsbrønnen, via varmeveksleren og ned i infiltrasjonsbrønnen.

Kontakt med oksygen og trykkfall kan medføre jernutfelling og foreslått systemdesign søker å minimere risikoen for utfelling av jern. Faren for utfelling av jern i varmeveksleren vil i beste fall elimineres, eller reduseres betydelig, dersom tilførselen av oksygenholdig grunnvann opphører, dvs. man må unngå blanding av vann med oksygen med det oksygenfrie vannet fra dypere deler av brønnen. Hvis trykket i systemet er høyere enn atmosfæretrykket i hele systemet vil man unngå at oksygen fra lufta kommer inn i kretsløpet. Det er ca 13 m ned til vannspeilet i den eksisterende brønnen. Med et helt fritt avløp ned i brønnen vil det oppstå et hevertbetinget undertrykk i utløpsrøret som kan forplante seg helt inn i varmeveksleren. For å unngå slike lave trykk er det viktig å sette en neddykket struping i enden på infiltrasjonsrøret/slangen og føre denne ned mot bunnen av brønnen.

Ved å lage anlegget som beskrevet over, har man ivaretatt de to viktigste parametrene som styrer jernutfellinger i grunnvann: - oksygentilgang og trykkavlastning. Dannelse av biofilm fra jernbakterier og utfellinger som skyldes temperaturendringer kan også medføre problemer knyttet til jerninnholdet i vannet, men dette anses å være et mindre risikomoment i dette tilfellet.

Prestsjøen er av kvartærgeologer registrert som en dødisgrop. I åpningen som oppstod mellom sedimentene som omga islegemet og selve isen ved avsmeltingen, har det sannsynligvis vært store vannhastigheter og muligheter for utrasing av grove masser. Dette medfører at det i skråningen ut mot Prestsjøen kan forventes grovere sedimenter, slik som det ble observert ved boringene i punkt 3. Slike grove skrålag kan transportere vann med betydelig større hastigheter enn de øvrige mer finkornete. For å være sikker på å unngå innblanding av oksygenholdig høyreliggende grunnvann ved pumping er det viktig å plassere filteret dypt nok. På den måten får man en buffersone med oksygenfritt vann mellom filteret og det oksygenholdige vannet som følger med ned i senkningstrakten som oppstår rundt brønnen ved pumping.



Figur 4. Skisse av brønnene og deres lokalisering i forhold til grunnvannspeilet og grusavsetningene.

3.1 Infiltrasjonsbrønnen

Når det gjelder infiltrasjonsrøret som skal ned i den opprinnelige brønnen bør det vurderes å benytte en lettvent 100 mm flatslange fra Mandals Reberbane. Flatslanger er mye enklere å håndtere og gjør det enkelt å skifte innsnevringen i bunn hvis trykket avviker fra det beregnede. Slanger som permanent ”stigerør” er beskrevet på : www.wellmaster.com.au

Forslag til innsnevring er basert på online kalkulatoren ”www.pressure-drop.com”

Se vedlegg E

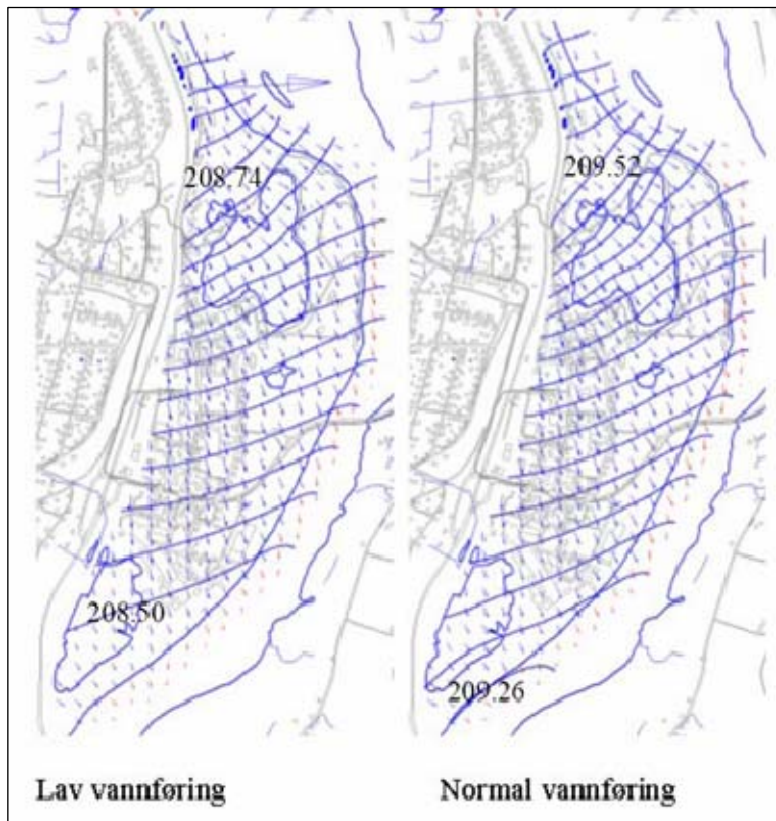
3.2 Termisk gjennombrudd

Det har ikke blitt foretatt nøyaktig nivellering av vannspeilet. Basert på høydene på gårds plass og terrasse, tatt fra byggetegningene finner man at vannspeilene i den opprinnelige brønnen og i røret som er satt ned i punkt 3 er tilnærmet likt. For å finne den virkelige gradienten må man i tillegg ha satt ned et peilerør til, for å kunne lage et ”trekantediagram”. Kostnadene ved dette anses ikke verdt nytten. Man vet at det er grove masser med god permeabilitet på stedet. Dette er observert, både ved sonderboringene og ytterligere dokumentert ved at avsenkningen inne i brønnen bare var på 2,15 m, ved et uttak på 52 m³/h, under prøvepumpingen som ble utført 25 oktober 1994. Med slike betingelser kan man forvente at det termisk ”tappede” vannet vil fortynnes ut i store volumer med naturlig temperert vann og i liten grad gå direkte fra infiltrasjonsbrønn til pumpebrønn.

Hvis man legger til grunn NVEs grunnvannsmodellering:

”Miljøbasert vannføring Rapp 03-04 Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z) Rapport 3. Grunnvannsmodellering Forf.: Hervé Colleuille, Wai Kwok Wong Panagiotis”

På side 59 i denne rapporten er det vist en utskrift av modellert vannstrømning i regionen rundt Prestsjøen. Utsnittet av figuren viser en regional syd-østgående grunnvannsbevegelse. 2 cm ekvidistanse mellom linjene. Dette gir en indikasjon på at faren for termisk gjennombrudd er lite sannsynlig, ettersom den naturlige gradienten fører infiltrasjonsvannet vekk fra pumpebrønnen.



Figur 5. NVEs modellerte grunnvannsgradient for området.

4. Anbefalinger

Det anbefales å etableres en ny 200 mm brønn i punkt 3 (sjøsiden av høyskole-bygget) som må kunne ta en 150mm pumpe.

Brønnen bør bestykes med et 200 mm kontinuerlig slissefilter med åpning 0,7 mm åpning. 6 m filter settes i intervallet 17 -23m. Som følge av at det ikke var mulig å drive ned 2" rør for grusprøver gjennom de grove massene, har man kun sonderingboringen til å bestemme kornstørrelsen. Filterets endelige lengde og plassering kan komme til å bli justert på bakgrunn av massene som kommer opp ved drivingen av arbeidsrøret. Prinsippet blir å få satt filteret godt under sonen med oksygenholdig grunnvann.

Det oksygenfrie vannet har innhold av hydrogensulfid (H₂S) og hele brønnen (stigerør + filter) må derfor utføres i syrefast stål.

Det anbefales relativt trang slisseåpning i filteret 0,7 mm. Med dette reduseres mulighetene for at sandpartikler skal kunne komme til å blokkere varmeveksleren. Av samme årsak bør vannet kjøres forbi varmeveksleren og visuelt kontrolleres at det er fritt for sandpartikler ved mange start/stopp sykluser før vannet kjøres gjennom veksleren.

For å verifisere at jernproblemet blir løst eller i det minste blir håndterbart, foreslås en lengre prøvepumpingsperiode med oppfølging /avlesning av trykkfallet gjennom varmeveksleren. Nye investeringer i teknisk utstyr kan avvendes til perioden med prøvepumping er over. For prøveperioden kan den eksisterende grunnvannspumpen benyttes, men må flyttes fra eksisterende brønn til den nye. Prøvepumpingen kan da gjennomføres med de vannmengdene som denne pumpen kan levere mot en noe større pumpemotstand (løftehøyde + innsnevring i bunn av infiltrasjonsbrønnen) enn det som var situasjonen tidligere. Etter endt prøveperiode vil man ha et godt grunnlag for beslutninger om nye investeringer.

5. Forbehold

Det må understrekes at denne typen arbeider er forbundet med usikkerhet og man har liten erfaring med denne typen anlegg her til lands. Anbefalingene er utført etter beste skjønn.

Vedlegg A. Observasjoner sonderboring



Høgskolen på Rena

Borelogg fra sonderboring

Punkt 1

Dybde, m	Beskrivelse
6-8	20 cm. Grovt. Fine masser med høyt vanntrykk. Roterte ned uten slag.
8-10	Hardt med lavt vanntrykk. Innslag ev enkelte grove lag. Noe slag.
10-12	Grovt i toppen, tettere masser. Ingen knasing i stang men høyt vanntrykk. Slag måtte til for å komme ned.
12-14	Tette masser. Høyt vanntrykk. Ikke knasing. Slag.
14-16	Vannstand. Tette masser. Start på overgang til grøvere masser, lavere vanntrykk.
16-18	Grovt. Klarer å spyle litt, men må sette på slag. Lavt vanntrykk.
18-20	Finere masser med grove lag på 18,5 og 19,5-19,7m. Løst på slutten.
20-22	Finere og tettere masser. Spyletrykk høyt. Grove lag innimellom.
22-24	Fint og grovt. Høyt vanntrykk til 23 m. Deretter lavere trykk og grøvere masser.
24-26	Fine og tette masser. Veldig høyt vanntrykk. Siste 10 cm grøvere masse.
26-28	Grøvere lag med høyt vanntrykk. Løsere lag med lavt vanntrykk på 27m. Vanntrykket steg deretter igjen og massen ble tettere.
28-30	Fine tette lag med høyt vanntrykk. Et lite lag med grovt på 28,7m, ble fint igjen med en gang.
30-32	Tette masser med variabelt vanntrykk. Høyere trykk mot slutten.
32-34	Overgang til grøvere masser. Roterte ned med bare spyling. Finere masser på slutten.
34-36	Harde masser. Lavere vanntrykk men treg synk. Ingen slag.
36-38	Bedre synk til 37,5m. Hardt, mulig morene. Slag.

Punkt 2

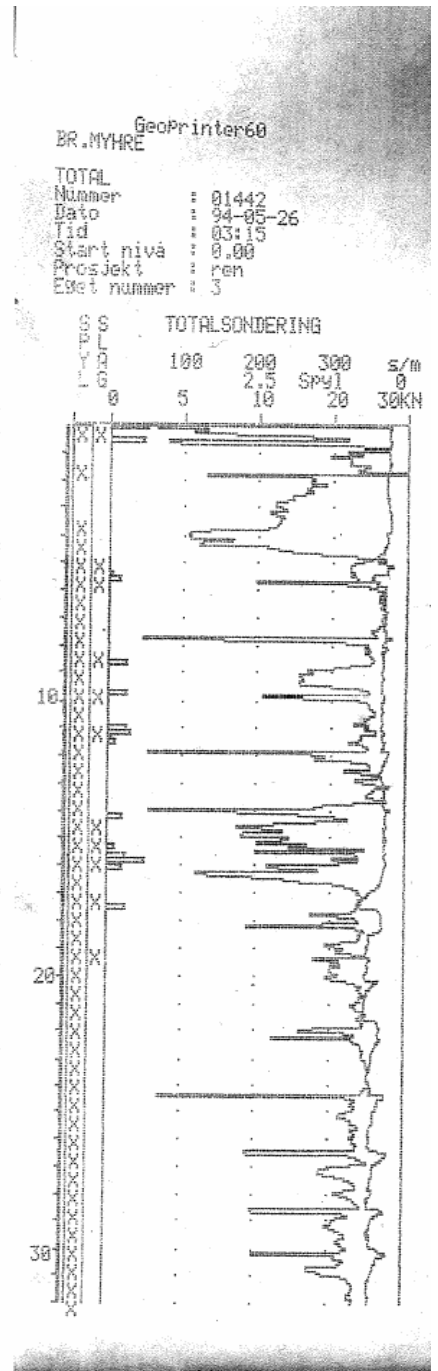
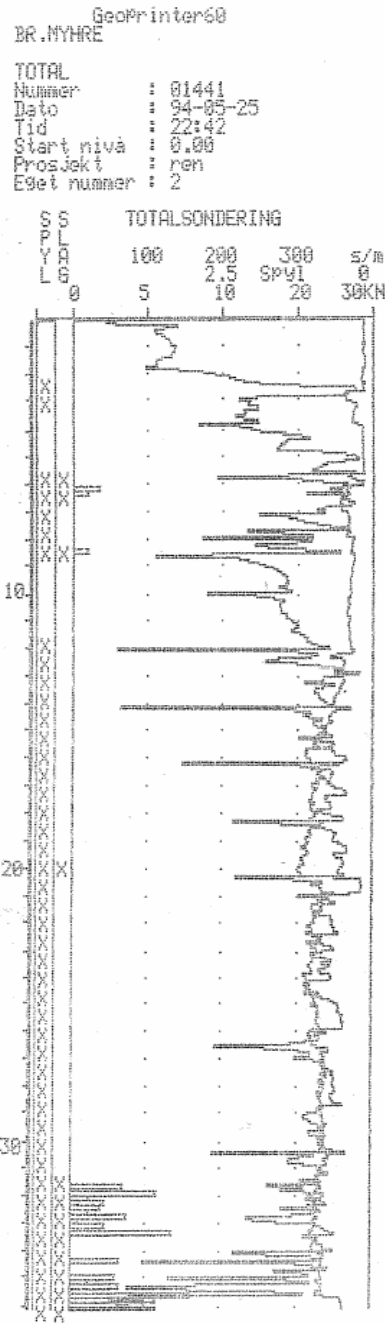
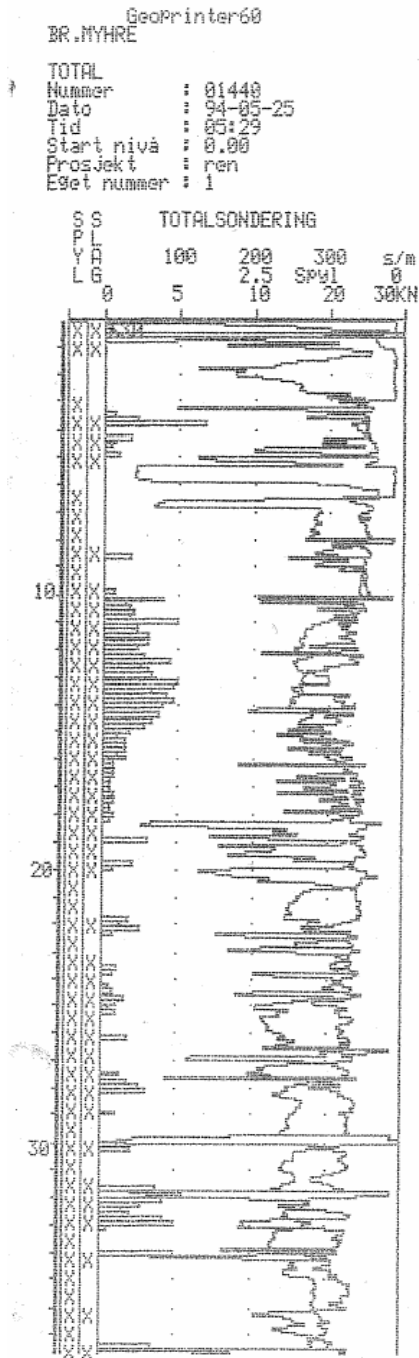
Dybde, m	Beskrivelse
0-2	Løst. Rotert ned uten spyling og slag.
2-4	2-2,5m: løst, rotert ned. 2,5: grøvere masser, knasing i stang. Satte på vann for å prøve og spyle ned. Grovt ned til 3m. Deretter rotert ned uten spyling.
4-6	Løst fra 4m. 4,5m: lite lag med grovt. 5,5m: grøvere masser. Spyling.
6-8	Grovt ned til 7. Løsere lag herfra, men fortsatt antydning til grove masser.
8-10	Grove lag til 8,7m. Deretter løsere. Knasing i stang.
10-12	Bløte masser, ikke noe grus.
12-14	Blødt ned til 12,4m. Grovt lag ned til 12,6m. Deretter løst med lavt vanntrykk.
14-16	Løst til 14,4m. Grovt lag, så løst igjen. 15,3m: grovt lag. Så finere masser, høyere vanntrykk.
16-18	Finere masser. Vanntrykk satbilt på ca. 1.

18-20	Liten variasjon nedover. Vanntrykk på 1. Mulig finere grus, kunne kanskje antyde noe knasing i stang.
20-26	Løst med samme spyletrykk. Kan høre enkelte lyder i stanga som kan tyde på at massene ikke er alt for fine.
26-28	Løst med litt lavere vanntrykk. Kan høre enkelte lyder i stanga som kan tyde på at massene ikke er alt for fine.
28-30	Trykk på 0,7 - 1. Massene ble løsere. Bedre synk.
30-32	Grove masser. Knasing i stang. Måtte bruke slag. Spyletrykk på ca. 1.
32-36	Hardere masser. Lavt spyletrykk. Må bruke mye slag for å komme ned.

Punkt 3

Dybde, m	Beskrivelse
0-2	Løst
2-4	Løst. Lite lag med grovt.
4-6	Hardere masser. Vanntrykk på 1.
6-8	Spyles ned med lavt spyletrykk, men trenger kraft for nedskyving.
8-10	Hardt fra 8,5 - 9m. Så blødt og noe hardere mot 10m. Slag siste 20cm. Fin sand.
10-12	Grov grus/stein fra 10,3m. Lavt vanntrykk. Slag.
12-14	Grove masser.
14-16	Grove masser med stein.
16-18	Grovt. 16,5 - 17m: to finere lag. Fra 17m: Grøvere masser med tette lag. Vanntrykk steg.
18-20	Grovt på topp. Løsere nedover; antatt finere grus med vanngjennomstrømning. Trykk på 0,6.
20-22	Finere grus med lag av grovt. Vanntrykk varierte fra 0,7 - 0,9.
22-24	Grove lag på topp. Finere grus med lavt vanntrykk.
24-32	Finere grus. Lavt vanntrykk: 0,5-0,6

Vedlegg B. Utskrift av boreparametre



Vedlegg C. pH / EH i oppumpet grunnvann

17 august 2006

Statsbygg, Rena Høyskolen i Hedmark

Måling av pH / EH i oppumpet grunnvann

Instrumenter: Orion 1230 og WTW

Boringen ble utført på terrassen, på nordsiden av hovedbygget.

I sonderingshullet ble det drevet ned 2" rør med Hafo borerigg. Fra rørsippen og en meter opp var det 2 mm slisser.

Som følge av at det var ca 9 m ned til grunnvannspeilet måtte borerøret spyles med kommunalt vann for å få opp sandprøver. Denne rensylingen tilførte oksygenholdig tappevann som i noen grad påvirket de påfølgende målingene.

dyp m	Pumpetid, minutter	pH	mV (EH)
10 -11	10	6,97	212
	15	6,63	196
	20	6,61	196

Ca 2 l med finsand kom opp ved pumpingen. Vannet ble ganske fort klart

Luktet kraftig hydrogensulfid

dyp m	Pumpetid, klokken	pH	mV (EH)
12-13	11:30	6,5	113
	11:36	6,5	88
	11:43	6,5	66
	12:03	6,51	22
	12:06	6,51	16
	12:14	6,51	6
vannprøve	12:20	6,52	0

Fikk ikke opp spyleprøver i denne grove massen.

Fikk opp minimalt ved pumping . Ikke nok til grusprøveprøve

Kraftig lukt av hydrogensulfid

dyp m	Pumpetid, klokken	pH	mV (EH)
13,9-14,9	12:54	6,55	33
	13:01	6,54	-7
	13:06	6,54	-21
	13:12	6,55	-34
	13:15	6,56	-39
	13:20	6,57	-47
	13:25	6,57	-52
vannprøver	13:29		
	13:36	6,59	-63

Måtte gi opp videre rørdriking på grunn av for grov stein.

Vedlegg D. Utskrift av vannanalyser

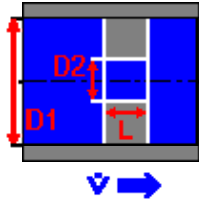
OBS!!!! Hvis tegnet m er likt en av de 2 neste tegnene μ/μ , er det noe feil i dine fonter. Enheter med mikro kan feilaktig bli milli.

Kontakt- person	Kunde- ident.	Prøvenr	Status	Merket	Prøve Tatt	Identifikasjon Type	Mottatt NIVA	O2 mg/l F 1-1	Fe/ICP mg/l E 9-5	Mn/ICP mg/l E 9-5	S/ICP mg/l E 9-5
HSK	O 26090	2006-01985	1	Rapportert	Rena HH 10-11m	20060817 fersk	18.08.2006	10,81	0,181	0,0579	1,75
HSK	O 26090	2006-01985	2	Rapportert	Rena HH 12-13m	20060817 fersk	18.08.2006	<0,10	2,35	0,703	1,6
HSK	O 26090	2006-01985	3	Rapportert	Rena HH 14-15m	20060817 fersk	18.08.2006	<0,10	2,47	0,467	1,82

Vedlegg E. Utskrift av trykktapsberegning

Element of pipe

Group: Subgroup:



Diameter of pipe D1:

Diameter of pipe D2:

Length L:

Pipe roughness:



Flow medium:

Condition: liquid gaseous

Volume flow :

Weight density:

Dynamic Viscosity:

Calculation output

Flow medium:	Water 20 °C / liquid
Volume flow::	35 m³/h
Weight density:	998.206 kg/m³
Dynamic Viscosity:	1001.61 10-6 kg/ms
Element of pipe:	Orifice thick-edged
Dimensions of element:	Diameter of pipe D1: 100 mm
	Diameter of pipe D2: 32 mm
	Length L: 2 mm
Velocity of flow:	1.24 m/s
Reynolds number:	123366
Velocity of flow 2:	12.09 m/s
Reynolds number 2:	385520
Flow:	turbulent
Absolute roughness:	
Pipe friction number:	
Resistance coefficient:	219.97
Resist.coeff.branching pipe:	-
Press.drop branch.pipe:	-
Pressure drop:	1682.33 mbar
	1.68 bar