



Samling av minnesanteckningar från KTHs borrhålsgrupp, åren 2006-2014

Skolan för industriell teknik och management
Institutionen för energiteknik
Avdelning för Tillämpad termodynamik och Kylteknik
SE-100 44 STOCKHOLM

Finansierad av:



Genom forskningsprogrammen

EFFSYS 2

Effektivare kyl- och värmepumpssystem



Resurseffektiva kyl- och värmepumpssystem

I samarbete med:

A-Energi AB, COOLY AB, ETM Kylteknik AB, Brage Broberg, Klas Andersson, Lundagrossisten, Manil Bygg och Fastigheter, NOWAB, Nordahl Fastigheter, Palne Mogensen AB, Thorén VP, Tommy Nilsson, Alska Rör

ABB



GEAWELLTECH



HydroResearch



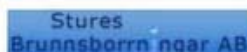
MuoviTech



EKOFEKTIV



COMSOL



uponor

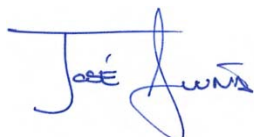
VIESMANN

WILO

Förord

Vi har alltid beundrat hur detaljerade och precisa minnesanteckningarna från våra möten är. Mycket av detta är tack vare Palne Mogensens noggrannhet och hans äkta vilja att bidra till projektet. Tack så mycket Palne, ännu en gång, för din dedikation under alla dessa år. Tommy hade alltid en idé om att det skulle bli en bok av alla minnesanteckningar. Detta dokument är ett steg närmare Tommys idé. Dokumentet ger en historisk bild av projektet, samt en kronologisk och detaljerad beskrivning av hur projektet (inom EFFSYS2 och EFFSYS+) gått från en idé till att resultera i många publikationer, en doktorsavhandling, och inte minst en forskningsgrupp inom geoenergi. Minnesanteckningarna är, en efter en, konsekventa och sammanhängande, och alla som fortsätter att forska inom samma ämne och samma anläggningar har mycket att hämta härifrån.

Får önska er alla en trevlig läsning,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "José Luna". The signature is stylized with a large, sweeping initial "J" and a long, horizontal stroke extending to the right.

En bakgrundshistoria

I slutet av 1990-talet blev jag utsedd till beställarens kontrollant, vid byggandet av en bergvärmeanläggning med 17 borrhål för 33 kedjehus. I samband därmed kontaktade jag: Bosse Nordell LTU, Göran Hellström LTH och Åke Melinder KTH om flöden m.m. och hur man kan att uppnå bästa värmeupptagning.

Åke talade om att vid turbulent strömning i vanliga U-rörs kollektor blir värmeövergången, mellan köldbärarvätskan och ledningens innervägg, flera gånger bättre än vid laminär strömning, vilket innebär bättre värmeupptagning ur borrhålen. Han skickade över ett utdrag ur en forskningsrapport (Björn Kyrks ex-jobb) där Åke varit delaktig, utförd i en på KTH uppbyggd anläggning (R18:1989 BFR inkl. ett diagram som visade, att vid *icke störd strömning* skedde övergången till turbulent strömning vid $c:a Re$ 3000, i stället för vid det allmänt kända Re 2300 som gäller vid störd strömning). Jag drog slutsatsen att man i kollektorer, där de enda störningarna finns i toppen och botten, bör räkna med Re 3000 för att säkerställa turbulent strömning i hela ledningen.

Efter att ha uppmärksammat att så gott som samtliga värmepumpinstallatörer och även flera fabrikanter, som jag kommit i kontakt med, hade ytterst vaga begrepp om betydelsen av turbulent- resp. laminär strömning i borrhålen och vid vilka flöden övergången sker, frågade jag mig varför man i branschen inte tagit vara på ovanstående forskning. För att möjliggöra minskade uppvärmnings-kostnader för bostäder och för branschens skull ansåg jag att något borde göras.

I början av 2005 kontaktade jag SVEPs VD Martin Forsén och bad honom verka för att man vid utbildning av värmepumpinstallatörer (och även fabrikanter), skulle informera om laminär/turbulent strömning enligt Björn Kyrks forskningsrapport från 1989. Efter några månader kontaktade Martin mig och frågade om jag ville ingå i en referensgrupp för ett fältmässigt forskningsprojekt om "strömningar i energibrunn", som han avsåg att initiera. Jag accepterade och lovade att hålla utkik efter en lämplig anläggning. Någon månad senare blev jag kontaktad av Mathias Nilsson, som skulle installera bergvärme i sin flerbostadsfastighet i Mariehäll och borra flera hål. Jag informerade honom om Martins planer och Mathias blev mycket intresserad och erbjöd sig att ställa upp med sin anläggning, om han fick tackning för ev. extrakostnader.

Efter tips från Martin kontaktade jag Peter Hill m.fl. på KTH och fick veta att min frågeställning var intressant. Peter Hill informerade om vilken utrustning han ville ha monterad och föreslog att projektet skulle bli ett ex-arbete. Jag talade med Martin som tyckte att förslaget var bra. Mathias hade varit i kontakt med Peter Andersson på Viessmann, som han upplevde som kunnig, intresserad och seriös värmepumpleverantör. Jag berättade för Peter Andersson om planerna för projektet och Mathias funderingar över extrakostnaderna. Peter Andersson sade att projektet är intressant för oss och att den anläggning som Viessmann avser att leverera bör få turbulent strömning i borrhålen. "Kostnaderna för den extrautrustning som behövs för forskningens genomförande är inte något problem. Viessmann ställer upp som sponsor, så det behöver Mathias inte oroa sig för". Jag vidarebefordrade Viessmanns löften till Mathias. Därefter gavs klartecken för projektet.

För att säkerställa turbulent strömning i anläggningens 7 borrhål, konstruerade vi en separat borrhålskrets med en extra cirkulationspump. Ett av hålen försågs med termoelement på flera djup. Efter en tid (hösten 2005) informerade Peter Hill om att en elev, Sam Beaumont från England, kunde tänka sig att använda anläggningen vid sitt examensarbete och utföra fältmässig forskning betr. strömningar i energibrunn och dessas betydelse för bergvärmeanläggningar. När Sam Beaumont redovisat sitt examensarbete kom en examensarbetare från Canada, Maral Kassabian, som även forskade på anläggningen i Mariehäll. Då både Sams och Marals forskningsresultat samstämmigt antydde både turbulent och laminär strömning i borrhålen med stor variation i värmeupptagningen, ville vi ha och fick ett doktorand-projekt. Doktoranden, numera teknologie doktor och ansvarig för några borrhålsprojekt på KTH Energiteknik, är José Acuña.

Täby den 20 augusti 2014
Tommy Nilsson

EFFSYS 2

Effektivare kyl- och värmepumpssystem

Effektivt utnyttjande av
energibrunnar för värmepumpar

Från:

2006-12-01

Till:

2010-06-30

Referensgruppsmöte energibrunnar 2006-12-20

Referensgruppen till projekten: **Effektivt utnyttjande av energibrunnar.**

Deltagare:

Göran Hellström, LTH (via telefon)
Peter Hill, handledare, KTH
Maral Kassabian, examensarbetare, KTH
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Björn Kyrk, konsult
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Mathias Nilsson, fastighetsägare
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Mikael Nordahl, fastighetsägare
Jan-Erik Nowacki, SVEP, KTH
Björn Palm, examinator och projektledare, KTH
P A Toernsaeter, Viessmann Värmeteknik AB

Tommy Nilsson öppnade mötet och hälsade välkommen. Utskickad agenda antogs.

1 Meddelanden

Mikael N presenterade sig själv och sitt hus, 19 lägenheter à 40 m², Lidköpingsvägen 3, Hammarbyhöjden.

En doktorandtjänst på projektet har utannonserats.

Projektet **Effektivt utnyttjande av energibrunnar för värmepumpar** är godkänt av Energimyndigheten och i princip i hamn ekonomiskt. Björn P presenterade projektets sponsorer och deras utlovade bidrag.

2 Delresultat från examensarbetet, Säterivägen 17, Mariehäll

Maral K presenterade hittills erhållna mätresultat. Inledningsvis temperaturmätningar på borrhål 7, 50 tim efter avstängningstillfället, för att kontrollera om nämnvärd inbördes avvikelser förekommer. Termoelementen sitter parvis, förskjutna 0,5-1 m, på nedåt- resp uppåtgående grenen av U-slangen, på 5; 15; 75 och 160 (ensamgivare) meters djup från markytan. Temperaturerna sjönk mot djupet utom för den nedersta givaren som visade ungefär samma temperatur som på 15 m djup. Givarna visade god överstämmelse inbördes.

Innan mätserierna påbörjades sänktes halten frysskyddsvätska i köldbäraren från 27 % (vikt) till 22 % för att öka Re-talet vid maxflöde. Frysskyddsvätskan består huvudsakligen av etanol med 9 – 11 % butanol och isopropanol. Köldbärarens verkliga viskositet hade inte bestämts och viskositetsvärden hade beräknats med hjälp av Åke Melinders data. Maral skulle få hjälp med att ta sig an institutionens Höppler-viskosimeter och titta på detta.

Borrhålet är 133 – 142 mm i diameter och värmeupptagaren är en U-slinga av PEM 40x2,4 mm. Mätgivarna består av termoelement typ T (koppar/konstantan), som hålls fast mot slangen med hjälp av en aluminiumfolie, därefter ca 20 mm cellgummiisolering (4 lager Armaflex-tejpisolering) och ovanpå denna 3 mm krympslang. Termoelementens ledningar drogs i VP-rör med 16 mm diameter, som tejpadades med jämna mellanrum mot PEM-slangen. Inga särskilda anordningar för att positionera U-slangen vare sig inbördes mellan skänklarna eller relativt borrhålsväggen. Det ansågs att termoelementen satt på den sida av av PEM-slangen, som är någorlunda väl vänd mot borrhålsväggen.

Maral K redovisade mätresultat från 2 försök vid laminära Re-tal kring 1 500 och 2 försök vid Re-tal kring 6 000 (2006-12-11 resp 2006-12-18). Den första mätserien inom respektive grupp togs efter ca 1 timmes cirkulation, medan den andra, med något ändrat flöde, togs efter ca 1 tim (-12-11) resp efter 10-15 minuter (-12-18). I synnerhet vid de senare försöken, med $Re = ca\ 6000$ resp $ca\ 5800$, erhöles stora variationer dels mellan mätserierna, dels i värmeupptagningen längs slangen (framräknad med hjälp av uppmätta temperaturdifferenser mellan konsekutiva givare). Skillnaden i värmeupptagning mellan nedåtgående och uppåtgående gren var mycket stora, i ett fall ca 4 ggr högre per m ledning mellan de nedre givarna i den uppåtgående än motsvarande del av den nedåtgående, med ofta negativt värmeinflöde högre upp i den uppåtgående grenen. Temperaturskillnaderna mellan temperaturgivarna var små (0,0-0,3 K). Diskussion kring mätresultaten varvid bl a påpekades att 10-15 minuter var en alldeles för kort tid för att kortvariga transienter skulle hinna försvinna och mätvärdena representera ett mera stadigvarande uttag av värme från berget. Framkom också att vid borrningen hade borrhålsfältet haft mycket stort vattenflöde, det är således möjligt att vattencirkulation förekommer i borrhålen.

Påpekades att det höga statiska vattentrycket i botten på borrhålet bör leda till att cellgummiisoleringen där är hårt komprimerad. Framkom också att appliceringen av termoelementen och nedsänkningen av värmeupptagaren i borrhålet hade varit förenad med stora praktiska svårigheter.

3 Borrhål i Haninge

Mattias N presenterade anläggningen på sin tomt vid Nordenskiölds väg 53, Haninge. Det nybyggda huset har en boyta på 160 m², en pool (4x8 m) samt varmgarage. Värmepumpen blir en Viessmann 17 kW, kompletterad med 9 m² solfångare. 2x220 m borrhål med 1 meters avstånd upptill. Hålen är gradade på så sätt att de ligger i ett lutande plan och dessutom är gradade från varandra i detta plan. Avståndet mellan hålen nedtill är okänt. Påpekades att influensen mellan hålen kunde bli stor och diskuterades om hålen borde mätas in.

4 Anläggningen i Hammarby

Mikael N presenterade förslaget till borrhplan som innebär två hål vid husets gavel och 3 hål vid husets långsida. Föreslogs att borra ytterligare ett ”forskningshål”. Brage B avser att borra i januari och bråttom med att lämna in en kompletterande ansökan om forskningshålet.

5 Övriga frågor, nästa möte

Diskussion om den av Herbert Henkels nämnda metoden med temperaturmätning via optisk fiber kunde vara något för projektet. Björn P lovade att följa upp.

Nästa möte bokades preliminärt till 2007-01-31 kl 10:00. Det blir ett stort möte till vilket även sponsorerna skall inbjudas och deltagarna bör avsätta minst 5 timmar till mötet.

6 Synpunkter efter mötet

Palne M har funderat kring mätresultaten och i ett meddelande 2006-12-21 till Maral K, Peter H och Björn P föreslagit att man dels går igenom vilken mätnoggrannhet som kan förväntas av mätutrustningen samt att man gör en betraktelse över ev temperaturvariation i radiell led i köldbäraren.

Palne Mogensen

Till sponsorer och referensgruppsledamöter
UTKAST

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Sponsors- och Referensgruppsmöte, 2007-01-31

Deltagare:

Per Backlund, COMSOL
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Jens Eriksson, Thermia AB
Olle Hellman, Avanti System AB
Göran Hellström, LTH
Peter Hill, handledare, KTH
Gustav Jansson, SWECO
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Maral Kassabian, examensarbetare, KTH
David Kroon, Nibe
Björn Kyrk, konsult, Cooly
Roger Lasser, Högalids Elektriska
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Björn Palm, examinator och projektledare, KTH
Ove Platell, Lowte
Peter Platell, Lowte
Branko Simanic, SWECO
Martin Thorén, Thorén Energiprodukter AB
P A Toernsaeter, Viessmann Värmeteknik AB
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eureftec AB

Anmält förhinder:

Jim Fredin, IVT AB
Martin Forsén, SVEP
Rickard Granath, Uponor Infrastruktur
Mats Helander, SWECO
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Lars Larsson, Aska Rör
Dan Magnusson, Extena AB
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Bosse Nordell, LTU
Claus Schön Poulsen, DTI, Danmark

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Utskickad agenda antogs med förändringen att pkt 6 flyttades upp till efter pkt 2. Palne M utsågs att föra minnesanteckningar från mötet med assistans av Jan-Erik N.

2 Bakgrund

EFFSYS 2-projektet, **Effektivt utnyttjande av energibrunnar**, är nu formellt igång. Tidigare har två examensarbeten bedrivits inom området, vilket ger en flygande start för projektet.

Det första examensarbetet utfördes av Sam Beaumont från England. Han gjorde temperaturmätningar på ett borrhål i Mariehäll där vardera skänkeln i värmeupptagningsslangen försetts med termoelement mot slangens yttervägg, som värmeisolerats över givarna med 20 mm cellgummi och därefter 3 mm tjock krympslang som mekaniskt skydd. Givarna är placerade parvis på 5; 15; 75 m djup och längst ner en ensam givare på 160 m. Mätresultaten indikerade att värmeupptagningen, i nedre delen av borrhålet, blev flera gånger större på uppvägen efter

vändningen vid botten än i motsvarande del av den nedåtgående skänkeln. Uppnått Reynolds tal max 3 900.

Nästa examensarbetare, Maral Kassabian, (född i Bahrain, uppvuxen i Canada, studerar där Mechanical Engineering och gör sitt examensarbete på KTH t o m mars). Hon fortsätter mätningarna på borrhålet i föregående stycke, där halten frysskyddsvätska (huvudsakligen etanol) efter en tid sänktes, från ca 27 till ca 22 volym%, för att nå högre Re-värden. Preliminära mätresultat indikerar att en kraftig termisk kortslutning föreligger mellan de båda skänklarna i hålets övre del. Maral K hade fått kritik vid ett tidigare referensgruppsmöte att väntetiden varit för kort efter ändring av strömningsparametrar. Nya mätningar, med väntetid på 20 resp 55 min, visade att resultaten blev i stort sett desamma.

Hon hade även mätt på borrhålet under återhämtning (avstängt 96 min) och erhöll därvid temperaturkurvor för givarparen, som inte konvergerade mot samma temperatur, vilket borde vara fallet.

3 Information om energimyndighetens beslut

Björn P redovisade: STEM (Statens Energimyndighet) har utlovat 3,2 MSEK till projektet, men kräver medfinansiering med 150 % från industrin. Projektet har nu fått in 5,4 MSEK i löften om bidrag från denna. Projektid 2006-12-01/2010-06-30. Det har framkommit att ett liknande projekt pågår i Luleå, som vi måste avgränsa oss mot (**Ny borrhålsvärmväxlare och termisk responstest**). En doktorand är igång på projektet, som studerar vattenrörelser i borrhålet, simulerar konvektion i hålet plus sprickor i berget. Bo Nordell är handledare och mest handlar det tydligen om vad som sker i berget. Björn P anser att vi ska koncentrera oss på hålet med värmeupptagare och låta Luleå koncentrera sig på berget och redovisade delmomenten i KTH-projektet (Som Björn P ser det, är det högst två av dessa som kan beröras.):

- Kartläggning av kortslutningseffekter (intern värmeöverföring) i kollektorn och av metoder för att undvika dessa.
- Undersökning av prestanda för olika utföringsformer på kollektorerna.
- Kartläggning av metoder för att säkerställa turbulent flöde utan att orsaka onödigt höga pumpeffekter, dvs optimering av flödet.
- Kartläggning av inverkan på prestanda och kostnad av utförande av borrhålet/borrhålen.
- Undersökning av värmeupptagning med tvåfas termosifon (själv-cirkulation).
- Undersökning av det dynamiska samspelet mellan värmeöverföringen i kollektor/borrhål och värmeledningen i omgivande berg.
- Undersökning av effekten av återlagring i olika typer av energibrunnar.

Termosifon har använts på kontinenten på korta borrhål och vi ska försöka få tag på resultaten.

Återlagring skall studeras för att se om det är ekonomiskt motiverat. Förhoppningen är att få fram bättre modeller. Mariehäll, Vega och Hammarby är tre platser där projektet kan genomföras.

En energilagringkonferens kommer att hållas i Sverige under 2009.

4 Simuleringsmodeller hos COMSOL

Per Backlund, COMSOL, redovisade COMSOLs stora utbud av FEM-beräkningsmodeller inom multifysik och de simuleringsmöjligheter som dessa erbjuder. Modellernas användargränssnitt är utformat så att även icke-expert ska kunna använda modellerna. COMSOL önskar vara bollplank i modelleringsfrågor. Björn P nämnde att KTH har en generell licens för COMSOL-programmen.

5 Redovisning av natura- och kontantinsatser

Björn P visade den redovisningsblankett, som skall användas, med bl a kategoriindelning av projektarbetare. Han kommer att anpassa blanketten till våra förhållanden. Nedlagd tid skall redovisas kvartalsvis per mejl till Björn P på anmodan. I princip bör all tid, som läggs på projektet kunna tas upp, även restid och smärre egna utredningar. Deltagare i projektet skall anteckna timmar och spara kvitton. En gång årligen skall en rapport signeras av projektledare och deltagare. Kontanta bidrag faktureras på företagen. Momspliktiga företag redovisar inkl moms. Erik Björk är sekreterare på EFFSYS, som så småningom får denna redovisning.

6 Information om påbörjade och förestående aktiviteter

Doktorandansökanen har resulterat i 20 svar och lämplig person bör kunna vara på plats inom några veckor. Några av de sökande är ej svenskspråkiga.

Data för de enskilda projekten redovisas på separat blad, som bifogas protokollet.

Säterivägen 17, Mariehäll. Mathias N redovisade läget för anläggningen. Uppmätt 36 000 kWh till pannrummet. Lägsta ingående köldbärartemperatur + 5 °C under vintern 2005/06. Det är i ett av dessa hål, som Sam B och Maral K utfört examensarbete.

Mathias N berättade även kort om de ofördelaktiga avdragsreglerna vid byte av uppvärmningsteknik i hyresfastigheter. Vidare ansåg han att vattenhammarborrning kommer i en framtid, vilket skulle möjliggöra betydligt djupare borrhål.

Nordenskiölds väg 53, Vega, Haninge. En rikligt bestyckad värmekollektor sätts i februari/mars. Ett 50-tal termoelement fördelas längs slangen.

Lidköpingsvägen 3, Hammarby. Borrarna under senare delen av februari, tillsammans med ett forskningshål för termosifonexperimenten.

Vår gård, Saltsjöbaden. Krävs att VP kan ta 58 °C i returtemp och leverera vid 65 °C framledningstemp. Planering för responstest av borrhålen. Insamling av basdata pågår.

7 Diskussioner i anslutning till projekten

Nämndes att i Vattenfalls projekt i Vällingby hade man en hålavvikelse på 40 m vid 200 m djup.

Mätning av grundvattenströmmar. Sådana kan upptäckas via pumptest eller responstest och även genom salttest, varvid borrhålet fylls med saltlösning och koncentrationens avtagande med tiden registreras. Vissa tester kan bara göras när slangarna tas upp för att placera givare, vilket sker om några veckor. Påpekades att hålen skulle kunna återfyllas för att minska inverkan av

grundvattenströmning. Alla uppmanades att delta i utplaceringen av givarna (ett 50-tal) i Haninge och sättningen av slangen i hålet.

Försök med termosifonanläggningar har gjorts i Österrike i 70 m djupa borrhål. Köldbäraren bestod av CO₂. I vilken omfattning kommer tryckkärlförordningar och liknande in?

Diskussion av olika utformningar för värmeupptagaren i borrhålet. Palne M redovisade kort att det är svårt att få koaxialrör att fungera bättre än U-rör. Göran H nämnde försök i Österrike med "Spider", som har 12 yttre smårör och ett centralrör. Ove och Peter P redovisade system TIL (Thermal Insulated Leg), där målet är att få så högt termiskt motstånd som möjligt mellan ett centralt innerrör och ett antal ytterrör och samtidigt få god termisk kontakt med bergväggen. Ett antal olika konstruktioner har redovisats vid olika tillfällen, bl a i IEA-rapporter. Påpekades även att i Holland, där husen ofta står på pålar, är energipålar vanligt förekommande.

8 Uppföljning av tidigare diskussioner

Noggrannhet hos temperaturgivare. KTH Kylteknik använder nästan enbart termoelement och erfarenheterna av deras noggrannhet är goda. Nämnades att den tidigare diskuterade optiska mätmetoden har noggrannhet av $\pm 0,05$ K. Själva optokabeln kostar 50 SEK/m, medan däremot mätutrustningen är mycket dyr, 100 000-tals kronor, denna skulle dock kunna hyras vid mättillfällena.

Palne M undrade om man hade tittat på mätnoggrannheten hos termoelementen i den aktuella uppställningen. Det är ju frågan om temperaturskillnader i storleksordningen 10-dels grader och som standard brukar termoelement anses ha en noggrannhet som inte är bättre än $\pm 0,5$ grader. Peter H nämnde hade de haft goda erfarenheter av termoelement, men medgav att temperaturskillnaderna i detta fall var i minsta laget. Ove P förespråkade Pt100-givare. Hans erfarenhet i Sigtuna är att de varit helt stabila över 30år. Viktigt dock att använda fyrledarkoppling vid långa mätledare.

9 Övriga frågor

Diskuteras om värmepumpar med varvtalsreglering skulle kunna ingå i projektet. Bedömdes att detta får bli ett annat projekt.

10 Nästa möte

Föreslogs att nästa möte bör hållas när Maral K skall redovisa sitt examensarbete. Webben bör användas mera för att underlätta för dem som bor långt bort.

Palne Mogensen

Till sponsorer och referensgruppsledamöter

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Sponsors- och Referensgruppsmöte, 2007-04-03

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Brage Broberg, Brobergs Brunnborrning
Jens Eriksson, Thermia AB
Martin Forsén, SVEP
Jim Fredin, IVT AB
Rickard Granath, Uponor Infrastruktur
Olle Hellman, Avanti System AB
Göran Hellström, LTH
Peter Hill, handledare, KTH
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Björn Kyrk, konsult, Cooly
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Björn Palm, examinator och proj-ledare, KTH
Ove Platell, Lowte
Martin Thorén, Thorén Energiprodukter AB
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eufreftec AB

Anmält förhinder:

Per Backlund, COMSOL
Mats Helander, SWECO
Gustav Jansson, SWECO
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
David Kroon, Nibe
Lars Larsson, Aska Rör
Roger Lasser, Högalids Elektriska
Dan Magnusson, Extena AB
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Bosse Nordell, LTU
Peter Platell, Lowte
Branko Simanic, SWECO
Claus Schön Poulsen, DTI, Danmark
P A Toernsaeter, Viessmann Värmeteknik AB

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Översända agenda hade ändrats något och ny agenda delades ut. Inga ändringar gjordes på den nya agendan.

2 Val av sekreterare för minnesanteckningar

Palne M utsågs att föra anteckningar.

3 Minnesanteckningar från föregående möte 2007-01-31

Inga ändringar föreslogs.

4 Intryck från Marals slutredovisning

Den muntliga presentationen ansågs excellent. Rapportens resultat är delvis motstridiga och kan inte läggas till grund för någon utsaga om övergång från turbulent till laminärt flöde i slangen (Palne M). I varje fall bör man kunna dra slutsatsen att det blir turbulent flöde efter vändningen vid botten (Tommy N). Man borde kunna utgå från att givarna har samma avvikelser från en mätning till nästa (Tommy N). Olyckligt val av experimentanläggning med borrhål, som troligen är påtagligt störda av vattengenomströmning (Palne M). Rapporten indikerar en påtaglig kannibalism på värmeupptagningen mellan uppåtgående och nedåtgående slangar. Vid högre värmeuttag förväntas denna effekt minska, relativt sett (Göran H).

5 Information om redovisning till Energimyndigheten

Repetition av den information som gavs vid föregående möte. Först på anmodan av Björn P skall tidredovisning skickas in enligt tidigare utsänd förlaga. En gång årligen kommer projektledare hos sponsorer att få göra en signerad sammanfattande redovisning av insatstimmar och kostnader. Sponsorer som lämnar pekuniära ersättningar kommer att faktureras genom Björn Ps försorg.

6 Information om påbörjade och förestående aktiviteter

6a Doktorand

José Acuna har nyligen blivit utsedd som doktorand på projektet. Han kom från Venezuela för nio år sedan. Han har en magisterexamen därifrån och håller nu på att avsluta en andra magisterexamen på KTH. Som en del av sina kurser arbetar han med utvärdering av en värmepump med borrhålslager på Vår gård, Saltsjöbaden. E-post: josea@kth.se.

6b Färdigställda och nära förestående installationer

En mera utförlig projektbeskrivning av Mariehäll, Vega, Hammarby samt Vår gård, daterad 2007-03-30, delades ut (bifogas protokollet). Brage B utlovade borrhålsprotokoll för projekten. Genomgång av de olika projekten: Säterivägen 17, Mariehäll är den anläggning där Sams och Marals arbeten genomfördes. Utrustningen kommer att finnas kvar och kan lätt startas upp igen.

Nordenskiölds väg 53, Vega, Haninge. Hålen är borrhåls och slangar satta och anläggningen är i drift sedan 2006-12. Håldiameter är 140 mm. Responstest sker med samma utrustning, som används på Lidköpingsvägen 3 i Hammarby, efter avslutat test där.

Lidköpingsvägen 3, Hammarby. Håldiameter är 140 mm och borrhålsdjupen skall vara 250-260 m. Göran H, som skall utföra responstest i ett av hålen, skall lämna uppgift om önskad slangdimension. Responstestet beräknas ske i slutet av april.

Vår gård, Saltsjöbaden. Anläggningen är i drift sedan 2006 och är synnerligen väl instrumenterad. Mätningar utförs av SWECO.

6c Mätning av grundvattenströmning m m

Olika metoder diskuterades. Ove P rapporterade att ett stort borrhålsfält ligger outnyttjat vid Stora Skuggan. Där mättes grundvattenströmningen genom att tillsätta saltvatten i borrhålen och åtföljande resistivitetsmätning. Rapport finns antagligen hos Ove P; mätningarna utfördes av Yngve Gustavsson, professor i vattenteknik. Hålen var mestadels "torra". Med saltmetoden skulle man kunna bestämma om grundvattenströmningen påverkas av samtidigt värmeuttag.

En annan metod är flödesloggning i borrhål, vilket skulle kosta 20-30 kKr för ett 200 m hål med 2 m mellan mätpunkterna.

Diskuterades även om borrhålets krökning borde mätas upp. Kaxprover ej tagna vid borrhållningen. Bergarten angavs till gnejs och granit för Vega.

6d Diskussion om mätmetoder, instrumentering, fiberoptik m m

En artikel om temperaturmätning med optisk fiber har tidigare skickats ut till gruppen. Fibern har en utvändig diameter på 3 mm och kostar 25-30 Kr/m. Till fibern kan 2 olika instrument kopplas med följande egenskaper:

Instrument 1: 500 kKr, upplösning: i temperatur 0,05 K, i längd 1 m

Instrument 2: 200 kKr, upplösning: i temperatur 0,5 K (abs), i längd 2 m

Instrumenthyra ca 15 kKr/vecka.

Vill man mäta på flera kablar tillkommer multiplexutrustning eller alternativet att trå slangen flera gånger upp och ner i hålet, max mätlängd uppges till 2-3 km. Föreslogs att dra en kabel i röret och åtminstone en i hålet. Slangarna skulle hållas isär med hjälp av distanselement, som samtidigt får hålla fiberkabeln. För kompletterande temperaturmätningar föreslogs att på några punkter använda Pt-100-givare och i övrigt termoelement, som skall kalibreras innan de appliceras vid mätpunkterna. Peter H ansvarar.

Beslöts att mätprogrammet bör utarbetas av en särskild grupp och följande personer anmälde sig till denna:

Brage Broberg

Olle Hellman

Göran Hellström

Carl Johansson

Peter Hill

Palne Mogensen

Tommy Nilsson, sammankallande

Björn Palm

6e Diskussion om isolering av uppåtgående rörledning, kollektortyper m m.

UPONO tillverkar isolerade rör, som isolerad med skummad polyeten och därefter försetts med ett korrugerat plasthölje. Isolertjocklek 8 mm och en medeldiameter för höljet på 63 mm. Påpekades att vid de höga tryck som uppstår i borrhålet kommer luften att komprimeras i porerna och isoleringen tryckas samman. Vidare uppstår en stor lyftkraft och isoleringen måste tyngas ned med vikter.

Diskussion om olika kollektortyper och bl a diskuterades frågan om alternativa kollektorer skulle testas såsom koaxkollektorer och multipla U-rör.

6f Termosifon

Ingen ny information fanns om termosifonprojektet.

6g Vår gård, Saltsjöbaden

Strul hittills med att få tillgång till mätvärden. Enligt SWECO beror detta på att för närvarande endast en åt gången kan logga in på mätdatabasen. Detta kommer förhoppningsvis att avhjälpas inom kort och då skall databasen kunna vara tillgänglig från KTH.

7 Information om tidigare kollektorexperiment

Palne M redovisade tidigare försök med alternativa kollektorformer för placering i smalhål med en diameter av 64 mm. Arbetet utfördes på 1980-talet och sponsrades delvis av Thermia. Borrhålen återfylldes och med en graderad blandning av kvartssand är det möjligt att erhålla bättre värmeledningsförmåga i fyllmaterialet än i det omgivande berget. Även järnfilsspån blandat med cement gav goda resultat, men besvärligt att injicera p g a att järnspånen såg ut som kommatecken och gärna krokade i varandra. Två kollektorutformningar provades, en koaxialkollektor och en multipel U-kollektor med 3 U-loopar, se figurbilaga. Bäst resultat erhöles med U-looparna. Det bör påpekas att i dessa rådde en laminär strömning. Göran H bekräftade att i en amerikansk undersökning med nio olika kollektortyper erhöles bäst resultat med 4 U-loopar.

8 Organisation av fortsatt arbete

Mätgruppen bör komma fram med förslag till mätprogram snarast.

Ett program för doktorandtjänsten kommer att tas fram under april.

9 Övriga frågor

Inga övriga frågor diskuterades.

10 Nästa möte

Beslöts att nästa möte hålls 2007-09-05 kl 10.00 på KTH.

Palne Mogensen

Projekt Effektivt utnyttjande av energubrunnar för värmepumpar

Borrhålsgruppen/mätgruppen

KTH den 4 maj 2007 kl 09.00

Minnesanteckningar

1. Ev anordnande av Göran Hellströms deltagande per tel. lyckades inte.
2. Godkännande av föredragningslista
Föredragningslistan godkändes.
3. Minnesanteckningar
Björn Palm erbjöd sig att skriva protokollet.
4. Responstest Hammarby
Responstest har gjorts i Hammarby, hål nr. 1. Utrustningen kommer den närmaste tiden att vara upptagen på annat håll.
5. Responstest Vega: När utrustningen blir ledig igen. (Färdigisolerade rör från pannrum, alt. d:o från borrhål i samband med instrumentering)
6. Besök hos Geosigma Uppsala 4 maj.
Björn Palm, Tommy Nilsson och José Acuna kommer att besöka Geosigma för att höra vad de kan göra (i första hand pumpprov) och om de är beredda att bidra till projektet på något sätt.
7. Pumpprov Hammarby Detta ger besked om vattentillrinning i berget på olika nivåer.
Pumpprovet kommer sannolikt att göras av Geosigma i hål 5 eller 6, då dessa kommer att användas för detaljerade mätningar på grund av bättre läge.
8. Pumpprov Vega: Kommer att göras i samband med instrumentering.
Eventuellt görs båda pumpproven samtidigt.
9. Mätning av borrhålsavvikelse (Hammarby: ev. 10 maj 8.00-12.00, Vega: i samband med instrumentering).
10. Fiberkabel för optisk mätning samt instrument för avläsning
Björn och Tommy har besökt företaget Hydroresearch i Täby och diskuterat mätmetodens möjligheter. Vid mötet med borrhålsgruppen diskuterades fastsättning av den optiska kabeln på slangarna. Vidare diskuterades mätning av vattentemperaturen med termoelement. Detta kan möjligen göras genom att en skarvmuff placeras över läget där termoelementet passerar genom rörväggen. Jose kommer att testa detta. Kontaktar Uponor för att få råd.

11. Hammarby: Termosifon samt möjligheter att testa kollektortyper m.m. enligt gruppmedlemmarnas önskemål, efter godkännande av fastighetsägaren Mikael. (Bör bestämmas innan vi köper in mätutrustning)
Vid mötet diskuterades främst installation av olika kollektortyper (ej termosifon). Borrhål 1 till 4 bör förses med olika typer av kollektorer. Ev kan ett hål återfyllas (med kvartssand för att kunna öppnas igen?) för att se inverkan av denna åtgärd. Uppdrogs åt José att kontakta Uponor om alternativa utformningar. Peter Platell bör kontaktas ang. möjligheten att installera deras typ av kollektor. Vidare ska Avanti kontaktas då det vid föregående möte nämndes att de har en alternativ utformning av kollektorn.
12. Mätgruppen
Behovet av att avdela en separat mätgrupp och dess ev. sammansättning diskuterades.
Borrhålsgruppen fungerar tills vidare även som mätgrupp.
Vid mötet diskuterades främst installation av olika kollektortyper (ej termosifon). Borrhål 1 till 4 bör förses med olika typer av kollektorer. Ev kan ett hål återfyllas (med kvartssand för att kunna öppnas igen?) för att se inverkan av denna åtgärd. Uppdrogs åt José att kontakta Uponor om alternativa utformningar. Peter Platell bör kontaktas ang. möjligheten att installera deras typ av kollektor. Vidare ska Avanti kontaktas då det vid föregående möte nämndes att de har en alternativ utformning av kollektorn.
13. Vega: Mätutrustning i 2 borrhål och i pannrum. Isolering i ett borrhål. Frågan diskuterades inte närmare.
14. Övriga frågor
Inga övriga frågor.
15. Nästa möte
Nästa möte kommer att hållas den 14 maj kl. 10.00 på KTH.

Till ledamöterna i Mätgruppen (fd Borrhålsgruppen)

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Mätgruppsmöte (fd Borrhålsgruppen), 2007-05-14

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Peter Hill, handledare, KTH
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Åke Melinder, forskare, KTH
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Mathias Nilsson, Manil bygg och
fastighetsförvaltning
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Björn Palm, examinator och proj-ledare, KTH

Anmält förhinder:

Olle Hellman, Avanti System AB
Göran Hellström, LTH
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Beslöts att behandla föredragningslistans pkt 10 b och c först, eftersom Åke M redan fanns på plats. Palne M utsågs att föra anteckningar.

2 Minnesanteckningar från föregående möte 2007-05-04

Inga ändringar föreslogs.

3 Prestanda för olika typer av köldbärare

Åke M visade och gick igenom ett arbetsblad i EXCEL med vars hjälp prestanda för olika köldbärare kunde jämföras. Principiell skillnad råder mellan vattenlösningar av salter resp organiska lösningsmedel i vatten. De senare har i allmänhet betydligt högre viskositet, vilket betyder att vid samma flöde i borrhålskretsen erhålls betydligt högre Re-tal (Reynolds-tal) med saltlösningar. Ingångsdata i arbetsbladet är vätskehastighet, slanglängd och inre slangdiameter samt brinevätskans typ och halt. Arbetsbladet räknar sedan ut Re-tal, värmeövergångstal vid slangväggens insida, tryckfall, pumparbete och värmetransporterande förmåga, allt som funktion av temperaturen. Resultatet visas i både tabell- och diagramform.

Några slutsatser: Vid given vätskehastighet är pumparbetet och värmetransportförmågan i stort sett lika för salter och organiska lösningsmedel. Vid givet Re-tal däremot blir pumparbetet för salter mycket lägre genom att erforderlig hastighet är lägre. Den låga vätskehastigheten kan dock leda till obekvämt hög temperaturdifferens mellan in- och utlopp vid stora borrhålsdjup.

Diskussion om ΔT in-ut vid långa borrhål. Brage B påpekade att ΔT normalt ligger på 2-5 K och att man strävar mot att ha ca 3 K.

Diskussion kring Marals observation att köldbäraren i Mariehäll hade nästan 20 % lägre viskositet än beräknat ur Åke Ms data för ren etanol. Kan antingen bero på tillsatserna (7-9 % isopropanol och 2 % n-butanol i koncentratet) eller att koncentratet kanske är vattenhaltigt vid leverans. Åke M framhöll att just etanol har en del märkliga egenskaper; så t ex är viskositeten betydligt högre för vattenblandningar än för de rena ämnena. (Skr anm: Vid 0 °C har både ren etanol och vatten den dynamiska viskositeten 0,18 mPas, medan en 25 % (vikt) etanolblandning har ca 3,5 gånger högre viskositet vid 0 °C. Viskositeten vid 0 °C är för ren isopropanol 4,6 mPas och för n-butanol 5,3 mPas) Ansågs att det kunde vara intressant att studera detta närmare.

4 Övergång mellan turbulent och laminärt flöde i långa rör

Den ej helt avgjorda frågan om laminärt kontra turbulent flöde vid långa slanglängder utreds säkerligen bäst genom ett försök på horisontella rören, så att tryckfall m m kan mätas på ett flertal ställen längs slangen. Föreslogs att utföra försöket på taket till institutionsbyggnaderna, där slangen skulle kunna läggas ut med stor krökningsradie. Palne M förmodade att även mycket stora krökningsradie kan påverka strömningen och förordade en helt rak slang. (Skr anm: VDI Wärmeatlas anger följande formel för det kritiska Reynoldstalet

$$Re_{krit} = 2300 \left[1 + 8,6 \left(\frac{d_i}{D} \right)^{0,45} \right]$$

med d_i som innerdiameter och D som krökningsdiameter för slangen. Om denna formel är riktig skulle en krökningsdiameter på 100 m ge en ökning av Re_{krit} med 24 %! I så fall skulle rent av slangens bukter i borrhålet kunna vara av betydelse. Vid ovanstående diameterförhållande skulle vid $Re = 2000$ friktionsfaktorn öka med 20 % och vid $Re = 5000$ skulle den öka med 1,5 %)

5 Responstest Hammarby och Vega

Försöket i Hammarby är färdigkört, men ej utvärderat. José A borde kunna utvärdera detta till nästa möte.

Responstest Vega görs i samband med instrumentering. Mätgruppens medlemmar inbjuds att medverka aktivt i arbetena.

6 Besök hos Geosigma, Uppsala 2007-05-04

Företaget kan undersöka grundvattentillflöde i borrhål. Metoden utnyttjar två manschetter, som kan blåsas upp så att de tätar mot borrhålsväggen. I allmänhet grovsonderas borrhålet först med långt avstånd mellan manschetterna och där sedan grundvattentillströmning konstateras, minskas avståndet mellan manschetterna för att närmare lokalisera inflödet. Den bästa utrustningen kan konstatera flöden av storleksordningen teskedar per timme, medan den enklare utrustningen har sämre upplösning. Ett hål ska undersökas i Hammarby. Företaget efterlyste borrhålsprotokoll. Brage B lovade att åstadkomma ett sådant.

7 Pumpprov Hammarby och Vega

Ett hål skall undersökas på vardera stället.

8 Borrhålsavvikelse i Hammarby och Vega

Mätning pågår i Hammarby på hålen nr 4, 5 och 6. Mätningen måste göras i tomma hål och ett hål i Vega kommer att mätas i samband med instrumenteringen.

9 Fiberoptisk temperaturmätning

Det hade ej gått att få tag på det svenska kontor hos Schlumberger, som sysslar med fiberoptisk temperaturmätning. Förmodligen måste kontakt tas med något av Schlumbergers kontor i utlandet. Institutionen behöver kontakt med minst en leverantör till för att följa upphandlingsförfordningens bestämmelser. José A hade hittat ett företag på adressen www.tensolite.com.

Diskussion om montering av den fiberoptiska givaren, som förmodligen har utförandet med rostfri stålmantel. För montaget i slangens båda grenar har Brage B en elegant lösning med en vändkammare nedtill med diametern 100 mm, som svetsas till slangarna efter montaget av fibergivaren. Denna kammare skulle kunna göras tillräckligt lång för att ta hand om

skillnaden i termisk expansion mellan givaren och slangen. Önskvärt att dessutom ha en givare på slangens utsida eller mellan slangarna i det fall distansklammer används. Skillnaden i termisk expansion mellan fibergivaren och slangen omöjliggör troligen konventionell najning med tejp av givaren till slangen eller distansklamrarna. Inget bra förslag till lösning framkom. (Skr anm: Skillnaden i termisk längdutvidgning är i storleksordningen $0,16 \times 10^{-3}$ m/Km, vilket innebär att en fritt upphängd 260 m slang krymper 42 mm mer än den rostfria manteln för varje grads temperatursänkning).

Olle Hellman på Avanti har meddelat att de har klammer för två resp tre slangar. Ingen information fanns om hur klammern ser ut och vilka avstånd mellan klammarna på slangen, som kunde rekommenderas.

10 Hammarby. Separat pumpkrets, som möjliggör högre Re-värden

Med en separat pumpad borrhålskrets (enligt samma princip som anläggningarna i Mariehäll och Vega) skulle flödet i mätborrhålet kunna styras oberoende av hur många borrhål i övrigt som var inkopplade, antal värmepumpar i drift m m. Ansågs synnerligen önskvärt att få denna möjlighet.

11 Termosifon och kompletterande kollektorexperiment

Rahmat K har försökt att få tag på en examensarbetare för att utföra förstudie, litteratursökning och planering av projektet. Har ej fått tag på någon ännu och risk för att projektet drar ut på tiden. Om så blir fallet, föreslogs att sticka emellan med något annat experiment.

Som tänkbara experiment på olika kollektortyper nämndes U-rör (med eller utan distanser), trippelrör (ett ned och två upp i parallell eller tvärtom), dubbelt U-rör, 3 x U-rör, koaxkollektor, TIL (Platell), Avanti (Olle Hellman har antytt att de har något), MuoviTech, Extena, Groenholland, och Brage Bs förslag. Det senare går ut på att åstadkomma rörelse på borrhålsvattnet genom att omsluta den ena skänkeln i en U-rörskollektor med en tunnväggig slang, typ brandslang, och sedan ha ett cirkulerande pumpflöde ner genom brandslangen till botten där en strypning gör att brandslangen hålls uppspänd av pumptrycket.

Beslöts att bjuda in de olika kollektortillverkarna att leverera utrustning, som de önskar få testad. Eventuell mätutrustning som skall medfölja slangen ned i hålet bekostas av tillverkaren. Projektet bjuder enbart på mätning av flöde och temperatur in resp ut. Vi bör ställa som krav att allt skall vara installerat till sista augusti 2007.

12 Mätgruppen

Beslöts att vi kallar oss mätgruppen och begreppet borrhålsgruppen upphör.

13 Mätutrustning

Peter H hade varit i kontakt med Pentronic, som ansåg att Pt100-givare måste kapslas med rostfri stålmantel i hela sin längd. Frågan om termoelement besvarades med "glöm det". Det är otänkbart kostnadsmissigt med helkapslade Pt100-givare. Föreslogs att försöka få tag på en

verkligt vattentät mätledning och ev installera en parallell extra mätledning som kontroll med samma skarvutföranden, dock utan Pt100-givare.

Diskussion om isolering av uppåtgående rörsänkel på U-rörskollektor. UPONOR har möjligen en lämplig isolering att tillgå. Beslöts att ta kontakt med UPONOR för information om trycktålighet, möjlighet att sätta på isoleringen utan att behöva skarva kollektorslangen m m.

14 Nästa möte

Beslöts att nästa möte hålls 2007-06-03, kl 13:00 på KTH.

Ytterligare ett möte bestämdes till 2007-06-20, kl 10:00.

Palne Mogensen

Till ledamöterna i Mätgruppen

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Mätgruppsmöte, 2007-06-03

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning (delvis)
Olle Hellman, Avanti System AB (delvis)
Peter Hill, handledare, KTH
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Björn Palm, examinator och proj-ledare, KTH

Anmält förhinder:

Göran Hellström, LTH
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Åke Melinder, forskare, KTH

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Mötet inleddes med att José A spelade och sjöng en venezolansk sång "Venezuela" på sin cuatro, ett fyrsträngat gitarrliknande instrument med urgamla anor. Inslaget blev mycket uppskattat.

Den nyutsända och utökade föredragningslistan godkändes utan tillägg. Punkt 7 var dubbelförd och ströks. Palne M åtog sig att föra minnesanteckningar.

2 Minnesanteckningar

Inga kommentarer gjordes till minnesanteckningarna från föregående möte 2007-05-14.

3 Responstester

I Hammarby är försöket utfört. Göran H behöver borrprotokollet för att kunna slutföra utvärderingen. Efterlystes bl a fastighetsbeteckning!

I Vega görs responstest i samband med instrumenteringen när slangarna ändå måste tas upp. Responstestutrustningen är f n i Frankrike (Nice) och beräknas komma till Sverige i slutet på juni.

4 Mätning av borrhålsavvikelser

I Hammarby har borrhålsavvikelsen i hål 4, 5 och 6 (samtliga vid husets gavel) mätts med Flexit Multi Smart, en mätutrustning som mäter hålets lutning i förhållande till jordmagnetiska fältet och således förutsätter att detta pekar i samma riktning i hela bergvolymen. Horisontalavvikelserna blev 64, 76 resp 97 m för hålen. Hålen nedre delar ligger således långt utanför tomtgränsen. Se figur i bilaga 1. Mätningen utfördes av TGB, men sponsrades av Avanti. Diskussion om mätnoggrannheten. Nämnades att felet skulle kunna bli så stort som 5-10 %.

Diskussion om orsaken till borrhålsavvikelser. Brage B påpekade att med kraftig matning får borrhålet en tendens till ökad avvikelse i mer och mer horisontell riktning allteftersom borrhningen fortskrider. Vid svag matning kan avvikelsen i stället bli att borrhålet tenderar att bli mer vertikalt. Bergets struktur eller inneboende spänningar kan leda till avvikelser i en bestämd riktning. En stor källa till avvikelser är krosszoner och släppor i berget. Jan-Erik N påpekade att med styrd borrhning kan bättre lägesprecision erhållas.

Olle H påpekade att i princip finns inga vertikala hål och det föreligger alltid en större eller mindre avvikelse, vilket leder till att slangarna har tendens att ligga an mot hålväggen och därigenom pressas tillsammans. Med hjälp av klämmor (exempelvis Avanti-klämman) skulle slangarna kunna hållas isär med bättre värmeöverföring och minskad termisk kortslutning. (Skr anm. Med slangvikterna stående på botten och slangen mer eller mindre låst upptill av foderrörslocket, skulle längdändringar i slangen orsakad av temperaturvariationer kunna leda till att slangen då och då ändrar läge i relation till borrhålsväggen.)

Hålavvikelsen i Vega mäts vid instrumenteringen då slangarna är upptagna.

5 Pumpprov Hammarby

Geosigma väntar på borrhålsprotokoll innan provet kan göras. Diskussion om olika metoder såsom tätningsmanchetter med pumpprov från utrymmet mellan dessa, propellermätning, spårmetoder (radioaktivt ämne, färg, salt). Bestämde att kontakta Geosigma (Kent Hansson), som sponsrar proven, för närmare information vad som kan vara lämpligt i vårt fall. Vi är ju intresserade av rörligheten på borrhålsvattnet i både vertikal och horisontell led.

6 Pumpprov Vega

Borrhålen i Vega provas i samband med instrumenteringen.

7 Temperaturmätning. Fiberkabel för optisk temperaturmätning inkl instrument för avläsning, termoelement samt Pt 100-givare

Kontakt har tagits med Hydroresearch (Sam Johansson) och Tensolite där ett norskt företag numera har tagit över verksamheten. De senare var i flyttningstagen och vi rekommenderades att återkomma om någon vecka.

Ingen kontakt uppnådd med Schlumberger ännu. Blir troligen med något kontor i Tyskland.

Diskussioner om komplettering av fibermätningarna med termoelement. För att mäta inuti slangen förslogs att borra in ett termoelement i sned vinkel genom slangväggen och därefter täta med en elektromuff (skarvmuff med bortskuren stoppansats?), som smälts fast över termoelementet där det kommer ut ur hålet. Jan-Erik N och José provar ut tekniken.

För Pt-100-givare kvarstår den besvärande rekommendationen från Pentronic att dessa ska vara rostfritt mantlade hela vägen till markytan för att undvika mätfel p g a fukt. Diskussion om möjligheten att skarva en givare och fortsätta med en tillräckligt tät kabel.

Diskussion om möjligheten att få sponsring till ett mätinstrument för fibergivaren. Kontakt är tagen med Ingvar Kamprads Bo-klokt projekt, där vi uppmanades att återkomma och eventuellt kunna få stöd till ett konkret förslag.

8 Kollektorer/värmeväxlare

Platells TIL-kollektor, se bild i bilaga 1, skall testas i en anläggning i Sigtuna. Samarbete finns med Luleå Tekniska Högskola, som förmodligen skall ha första tjing till mätresultaten.

Tre-slang. Lämpöässä Oy (Heikki Porkkala) är intresserade att få slang provad.

Koaxial kollektor. Mateve Oy (Mauri Lieskoski) har utvecklat en koaxial kollektor med ytterdiameter 80-85 mm, som de är intresserade av att testa, se figur i bilaga 1. Kontakten erhållen via Jon Engström, Geological Survey of Finland, GTK. De skulle kunna leverera (och installera?) i slutet av juli.

Expanderad kollektor. Avanti har utvecklat en konstruktion, som heter Avakonda och som bygger på att en mjuk ytterslang trycks ut till kontakt med borrhålsväggen. Den är preliminärt anpassad för borrhål med ca 90 mm diameter.

Spezialkollektor. Muovitech har tre kollektorer. Single pipe 40 x 2,4 mm. Double pipe 32 x 2,0 mm samt en specialutvecklad slangkonstruktion, möjligen kallad Newitech, som de kräver ett sekretessavtal med oss om den skall visas upp och komma ifråga.

Kollektorer med påtvingad strömning i borrhålsvattnet. Diskussion kring Brage Bs idé med en extra slang runt ena skänkeln av ett U-rör. Olle H berättade att de i några fall provat att sätta in en extra slang med pumpcirkulation i borrhålet ("borrhålsförlängare") för att förbättra värmeövergången. Som pump använder de en länsypump från Clas Ohlson, 12 V, som passar till en 40-slang. Thoréns kommer att prova detta på en egen anläggning i Norrland och vi kan säkert få ta del av resultaten.

Påpekades att våra provanläggningar har rikligt dimensionerade borrhål och att i en mera normal anläggning inträffar isbildning under vintern med förbättrad värmeövergång mellan berg och slang som följd. Is har ca fyra gånger bättre värmekonduktivitet än vatten.

Skruvad kollektor. Palne M hänvisade till noteringen i föregående rapport om att även en liten avvikelse från rak slang ger ett ökat strömningsmotstånd, i synnerhet vid laminär strömning, och troligen därigenom även förbättrad värmeöverföring. Ett U-rör, som skruvar sig ned i hålet, skulle kanske vara intressant att prova?

Preliminärt bestämdes följande bestyckning av borrhålen i Hammarby:

Hål nr/djup i meter	Kollekortyp	Instrumentering	Anmärkning
1/250	Dubbelt U-rör 40x2,4	Termoelement in/ut	Redan installerad
2/260	Tre-slang	Termoelement in/ut	
3/260	Koax (Mateve Oy)	Termoelement in/ut	
4/260	U-rör (referens)	Termoelement in/ut samt 9 givare på slang och fibergivare	Tas upp senare, kompl med en tredje slang för injektering och återfyller
5/260	U-rör + Avanti-klämma	Instrumenteras med fibergivare, ett par referensgivare, termoelement in/ut samt 9 givare på slang	Avanti-klämmorna placeras med ca 5 m delning
6/260	U-rör + K ₂ CO ₃ med växlare	Termoelement in/ut	

Matarledningarna värmeisolerar för att renodla mätningarna. Tommy N nämnde att det nu borde vara Grundfos tur att få sponsra pumparna till anläggningen i Hammarby.

9 Metoder att få turbulent strömning i djupa borrhål

Ett hål med separat krets och kaliumkarbonat kommer att provas i Hammarby på den plats där termosifon senare skall installeras (hål nr 6).

Diskuterades om vi skall förse anläggningen i Vega med en separat pump dimensionerad så att $Re=10\ 000$ kan uppnås med etanolblandningar. Påpekades att en sådan pump kräver ca 8 ggr högre effekt än vad som erfordras vid $Re=5\ 000$.

10 Separat borrhålskrets

Önskvärt att anläggningen i Hammarby förses med separat borrhålskrets (lika Mariehäll), så att vi får större frihet att självständigt variera flödet i varje borrhål med hjälp av reglerventiler och vattenmätare. Rörinstallationsritning måste tas fram. (Skr anm. Önskvärt att för de hål, där slangarna förses med termoelement, installationen görs så att strömningsriktningen kan vändas utan alltför stora besvär för kontroll av om asymmetrier föreligger.)

Mikael N har inte fått dit den nya elcentralen i pannrummet ännu.

11 Avanti-klämman

Olle H berättade att de skulle vilja prova en klämman med en invändig ås tangentiellt runt klämman, som skulle åstadkomma ett intryck i slangen så att man får en turbulensgenerator. Bedömdes lämpligt att prova denna teknik på den raka slang, som skall användas för test av övergången mellan laminär och turbulent strömning i långa slangar. Se punkt 13. (Skr anm. Vid stor deformation av slangen uppstår lokalt hög påkänning som kanske långsiktigt ger en risk för sprickor i slangväggen. Lämpligt att diskutera detta med plastfolk?) Nämnades att s k turbulatorer föreslagits och använts tidigare. Finns en tendens att de ofta ger mer flödesmotstånd än ökad värmeöverföring.

12 Vega. Mätutrustning i två borrhål och pannrum

Här vill man prova att isolera överdelen av returslangen i ett borrhål. Ej klart om UPONORs isolerade rör är lämpliga. Instrumenteras med fiberkabel, termoelement in/ut samt 9 givare på slangen. Ev en eller flera Pt 100-givare som referens.

13 Mätning av övergången mellan laminär och turbulent strömning

En ex-jobbare från Tyskland kommer i september och är intresserad av att göra ett examensarbete på KTH som skulle kunna omfatta prov med övergången laminär-turbulent i en rak slang liggande på marken.

14 Nästa möte

Beslöts, som aviserats tidigare att nästa möte hålls onsdagen 2007-06-20, kl 10:00 på KTH. Skall inbjuda Geosigmas representant till detta möte. Göran H har lovat att närvara.

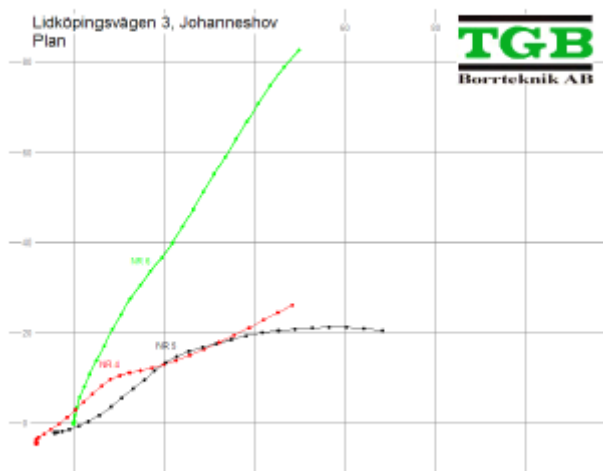
Aktivitetsförteckning:

Ansvarig	Åtgärder
José A	Kontakta TGB om mätprincipen för Flexit Multi Smart (redan gjort och infört i detta protokoll). Kontakta Geosigma om lämplig mätmetod
Brage B	Borrhålsprotokoll för Hammarby och Vega
Björn P	Kontakta Acreo, Tensolite, Hydroresearch (Sam Johansson). Sekretessavtal Muovitech,
Peter H	Termoelement och Pt 100-givare
Tommy N	Ny pump i Mariehäll, Grundfospumpar till Hammarby. Pump till Vega (Re=10 000)
Jan-Erik N	Testa införing av termoelement genom slang

Bilaga 1

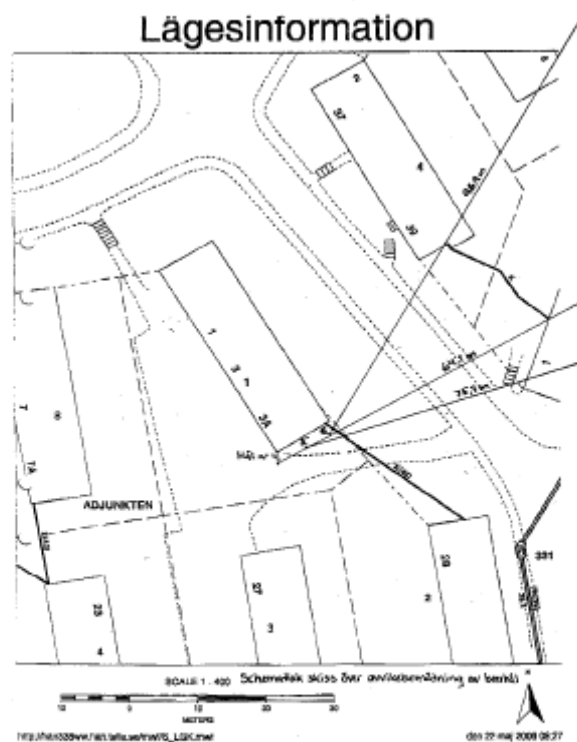
Borrhålsavvikelser i Hammarby. Hål nr 4, 5 och 6

4. HÅL VISADE I PLAN



Figur 2. Visar resultat av avvikelsemätning av hål nr 4, 5 och 6 i plan.

5. HÅL INRITADE PÅ KARTA

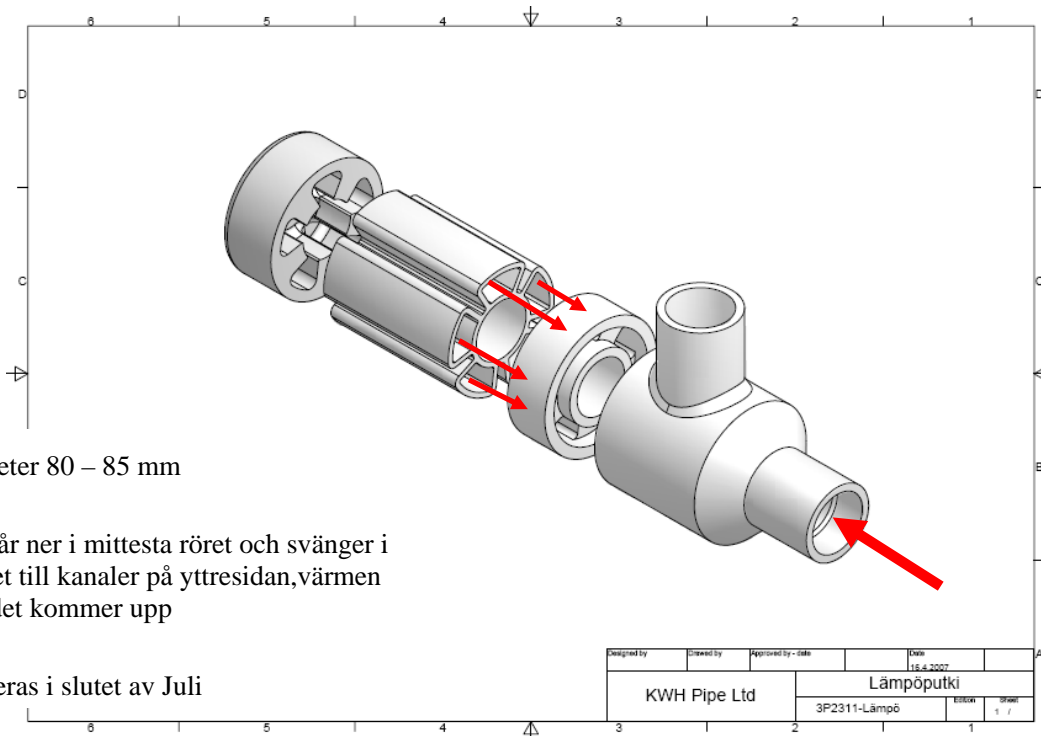


Figur 3. Schematisk skiss över hål nr 4, 5 och 6 inritade på karta. Observera att hålen fortsätter utanför kartan!

TIL - Platells kollektor



Koaxial kollektor, tillverkare Mateve Oy



- Ytre diameter 80 – 85 mm
- Vätskan går ner i mittsta röret och svänger i bottenstycket till kanaler på yttesidan, värmen samlas när det kommer upp
- Kan levereras i slutet av Juli

Designed by	Drawn by	Approved by - date	Drawn	15.4.2007
KWH Pipe Ltd		Lämpöputki		
		3P2311-Lämpö	1	1

Till ledamöterna i Mätgruppen

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

UTKAST Mätgruppsmöte, 2007-06-20

Deltagare:Göran Hellström, LTH (per tfn)

Peter Hill, handledare, KTH

Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH

Palne Mogensen, konsult, PMAB

Tommy Nilsson, projektsamordnare

Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH

Björn Palm, examinator och proj-ledare, KTH

Anmält förhinder:

José Acuna, doktorand, KTH

Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning

Olle Hellman, Avanti System AB

Carl Johansson, GRUNDFOS AB

Mathias Nilsson, Manil bygg och
fastighetsförvaltning

Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter

Åke Melinder, forskare, KTH

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Föredragningslistan godkändes utan tillägg. Punkt 7 var dubbelförd och ströks. Palne M åtog sig att föra minnesanteckningar.

2 Minnesanteckningar

Inga kommentarer gjordes till minnesanteckningarna från föregående möte 2007-06-03. De flesta punkterna på tillhörande Aktivitetslista var genomförda. Följande punkter återstod:

Ansvarig	Åtgärder
Brage B	Borrhålsprotokoll för Hammarby och Vega
Björn P	Kontakta Acreo, Tensolite. Sekretessavtal Muovitech
Peter H	Termoelement och Pt 100-givare för Hammarby och Vega

3 Responstester

I Hammarby är responstest utfört i hål nr 1. Borrprotokollet saknas fortfarande och sades förhindra att resultatet redovisades. När övriga kollektorer är installerade bör samtliga responstestas tyckte Göran H. (Skälet till att hål nr 1 försågs med fyra 40 mm-slangar i dubbel-U var att Göran H föreslog denna konfiguration för att hålla nere tryckfallet på så långa hål. Responstestutrustningen i sig krävde inte detta och kan alltså användas på samtliga kollektorer.)

I Vega görs responstest i samband med instrumenteringen när slangarna ändå måste tas upp. Responstestutrustningen är försenad och beräknas vara tillgänglig först i mitten på juli.

4 Borrhålsavvikelser

Göran H förundrades över de stora avvikelserna i Hammarby. Enligt hans tidigare erfarenheter (från 100 – 150 m hål) handlade avvikelser i allmänhet om 4 till 8 meter.

Vega mäts i samband med instrumentering.

5 Pumpprov Hammarby och Vega

Geosigma (Kent Hansson) skall ta fram en enklare utrustning, som José A själv skulle kunna göra ett förtest med i Hammarby, för att avgöra om det är meningsfullt att göra en noggrannare mätning med kvalificerad utrustning.

Borrhålen i Vega provas i samband med instrumenteringen på samma sätt som i Hammarby.

6 Fiberkabel för optisk temperaturmätning

Hydroresearch (Sam Johansson) har 800 m fiberoptisk kabel på lager. Minsta böjdiаметer 25 mm (på fixtur). Siktar på att använda fixturer för 35 mm. Pris c:a 30 kr/m (inkl moms?). Beslöts att beställa hela denna längd. Deras leverantör har önskemål om att ny kabel beställs med minst 10 km åt gången. Diskussion om vilka ytterligare längder som behövs. Önskemål om sammanlagt ca 6000 m enligt följande preliminära uppställning (Anm. Uppställningen kan behöva justeras i efterhand efter bedömning av vad som kan genomföras med hänsyn till kollektortyp.)

Borrhål/djup	Bestyckning	Totallängd
Hammarby nr 2, 260 m	Ned/upp mellan slangar.	$2 \times (260 + 20) = 560$ m
Hammarby nr 3, 260 m	Ned/upp utanför coax.	$2 \times (260 + 20) = 560$ m
Hammarby nr 4, 260 m	Ned/upp inuti slangar Ned/upp mellan slangar	$4 \times (260 + 20) = 1\ 120$ m
Hammarby nr 5, 260 m	Ned/upp inuti slangar Ned/upp mellan slangar	$4 \times (260 + 20) = 1\ 120$ m
Hammarby nr 6, 260 m	Ned/upp inuti slangar Ned/upp mellan slangar	$4 \times (260 + 20) = 1\ 120$ m
Vega, 2 hål, 220 m	Ned/upp inuti slangar Ned/upp mellan slangar	$2 \times (220 + 10) = 460$ m $2 \times 2 \times (220 + 10) = 920$ m
	Summa	5 960 m

Instrument för mätning på optokabeln: Tensolite. Svårt att få tag på rätt person i det norska företaget som har tagit över verksamheten. Ingen kontakt uppnådd med Schlumberger ännu. Blir troligen med något kontor i Tyskland.

7 Kollektorer/värmeväxlare

Platells TIL-kollektor, skall testas i en anläggning i Sigtuna. Är nu satt i ett 200 m borrhål. Luleå Tekniska Högskola har första tjing till mätresultaten.

För Hammarby gäller fortfarande förslag enligt tabell på nästa sida:

För de externa leverantörerna (nr 2, nr 3 och nr 5) gäller att inget bindande avtal finnes ännu. I avtalen måste leverantören stå för kostnaden att montera sin kollektor samt garantera att kollektorn ger prestanda och livslängd motsvarande en normal U-rörskollektor. I det fall att leverantören ej vill garantera detta skall leverantören på egen bekostnad montera en U-rörskollektor när försöket är slutfört.

Diskussion om tre-slangen skulle förses med Avanti-klämmor för att bli ett bättre definierat läge för fibergivaren. Önskvärt, men inget bestämdes. (gäller ev. även övrigt utv. montage av fibergivare).

Muovitech har inte hörts av med något förslag till sekretessavtal. Vi avvaktar.

Hål nr/djup i meter	Kollektortyp	Instrumentering	Anmärkning
1/250	Dubbelt U-rör 40x2,4	Termoelement in/ut	Redan installerad
2/260	Tre-slang	Termoelement in/ut	
3/260	Koax (Mateve Oy)	Termoelement in/ut	
4/260	U-rör (referens)	Termoelement in/ut samt 9 givare på slang och fibergivare	Tas upp senare, kompl med en tredje slang för injektering och återfyller
5/260	U-rör + Avanti-klämma	Instrumenteras med fibergivare, ett par referensgivare, termoelement in/ut samt 9 givare på slang	Avanti-klämmorna placeras med ca 5 m delning
6/260	U-rör + K ₂ CO ₃ med växlare	Termoelement in/ut	

Avantis borrhålsförlängare resp Brage Bs idé om extraslang kring en av skänklarna i U-röret. Diskussion om dessa försök behöver göras i en fullinstrumenterad anläggning. Slutsatsen blev att jämförande försök bör kunna utföras synnerligen enkelt genom att köra anläggningarna med resp utan pumpcirkulation. Bör vara tillräckligt att endast mäta brinetemperaturen in resp ut. Provas ev. på Martin Thoréns anläggning. Föreslogs att någon borde göra en beräkning över vilken effekt, som kunde förväntas och Palne M erbjöd sig att göra detta. Se bilaga.

8 Termosifon och kaliumkarbonat-krets

Ingen ny information om termosifonexperimentet framkom. Ett U-rör med separat krets och kaliumkarbonat kommer att provas i Hammarby på den plats där termosifonen senare skall installeras (hål nr 6).

9 Separat borrhålskrets

Anläggningarna i Hammarby och Vega förses båda med separata borrhålskretsar (lika Mariehäll), så att vi får större frihet att självständigt variera flödet i varje borrhål med hjälp av reglerventiler och vattenmätare. Ingen rörinstallationsritning kunde presenteras. Peter H hade fått kontakt med en leverantör av en relativt billig värmemängdsmätare som verkade bra. Tommy N ville försäkra sig om att mätaren ej orsakade högt tryckfall. (Sekr anm: Jag har dåliga erfarenheter av konventionella Pt 100 givare i kalla sammanhang, av den typ som tillhör värmemängdsmätare. Kondens kryper ned i givarhuset och ger korrosion och felvisning. Den gängse applikationen är fjv-tillämpningar där kondensproblem ej föreligger.)

Pump för högt flöde (för att åstadkomma höga Re) kommer att levereras till Vega (WILO). Det blir en tryckstegringspump, som enbart går in när experimentet så kräver.

I Hammarby är hålen så djupa att det inte är meningsfullt att försöka nå Re=10 000. Svårt nog ändå att få tillfredsställande flöde. Grundfos levererar. Kaliumkarbonatkretsen måste ha en egen pump.

10 Avanti-klämman

Vi testade att montera Avanti-klämmor på tre-rörskollektorn. Klämman separerar slangarna ca 15 mm.

11 Vega. Mätutrustning i två borrhål och pannrum

Här vill vi prova att isolera överdelen av returslangen i ett borrhål. Ej klart om UPONORs isolerade rör är lämpliga. Tommy N lovade undersöka. Instrumenteras med fiberkabel, termoelement in/ut samt 7 givare på slangen med hänsyn till den kortare slangen. Ev en eller flera Pt 100-givare som referens.

Jan-Erik N redovisade sitt och José's försök med att smälta in ett termoelement i sned vinkel genom slangväggen. Två försök gjorda och båda var täta vid 12 bar övertryck. Beslöts att göra ca 10 montage av rostfri tråd i motsvarande dimension och temperaturcykla ett antal gånger (mellan -20 degC och + 20 degC) och därefter tryckprova. Önskvärt att täcka införingsstället med elektromuff eller liknande. Dock oklart hur muffen skulle kunna föras på plats. Vulkband nämndes som alternativ. Diskussion om hur fastighetsägaren skulle kunna garanteras långtidsbeständigheten hos dessa genomföringar när experimentet är slutfört.

Diskussion om hur det kapslade termoelementet skulle kunna skarvas till upplederen (skärmad termoelementkabel). Ingjutning av konventionell skarvkontakt i epoxy resp lödskarvning och ingjutning av denna diskuterades. Önskvärt att skarven blir fri från luftfyllda håligheter, som på stora djup kommer att ligga avsevärt under vattentrycket. Om fukt tränger in finns risk att vi får ett galvaniskt element i parallell med termoelementet. Peter Hill skulle tänka ut lämplig metod.

För Pt-100-givare fanns information från SWEMA AB att de kunde åstadkomma en givare i rostfritt dia 4 mm rör där skarven till upplederen (4 mm teflonisolerad fyrledare) gjuts in i röret.

12 Mätning av omslag mellan laminär och turbulent strömning

Ex-jobbaren från Tyskland kommer i september och är intresserad av att göra ett examensarbete på KTH som skulle kunna omfatta prov med övergången laminär-turbulent i en rak slang liggande på marken. Ytterligare en ex-jobbare är möjligen på gång och skall i så fall ägna sig åt termosifon-projektet.

13 Ekonomi

Mikael N har fakturerats för samtliga borrhål i Hammarby och önskar nu bli krediterad för forskningshållet. Björn P åtgärdar.

Tommy N påpekade att det finns ett visst behov av sponsorer som kan bidra med penningmedel.

14 Nästa möte

Beslöts att nästa möte hålls onsdagen 2007-08-02, kl 10:00 på KTH.

15 Nästa möte i referens- och sponsorsgruppen

Beslöts, som aviserats tidigare, att nästa möte hålls onsdagen 2007-09-05, kl 10:00 på KTH.

Till ledamöterna i Mätgruppen

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

UTKAST Mätgruppsmöte, 2007-08-02

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Björn Palm, examinator och proj-ledare, KTH

Särskilt inbjuden:

Kent Hansson, Geosigma AB

Anmält förhinder:

Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Olle Hellman, Avanti System AB
Göran Hellström, LTH
Peter Hill, handledare, KTH
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Mathias Nilsson, Manil bygg och
fastighetsförvaltning
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Åke Melinder, forskare, KTH

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Föredragningslistan godkändes med två tillägg: Punkt 3: Redovisning av nedlagd tid samt Punkt 4: Hemsida. Övriga punkter flyttades ned och numrerades om. Palne M åtog sig att föra minnesanteckningar.

2 Minnesanteckningar

Inga kommentarer gjordes till minnesanteckningarna från föregående möte 2007-06-20. De flesta punkterna på tillhörande Aktivitetslista var genomförda. Följande punkter återstod:

Ansvarig	Åtgärder
Brage B	Borrhålsprotokoll för Vega
Peter H	Termoelement och Pt 100-givare

3 Redovisning av nedlagd tid

Björn P meddelade att e-post med formulär kommer. Bidrag i form av produkter redovisas till marknadspris. Han lovade att undersöka hur momspliktiga företag skall göra med momsen. Redovisningen är försenad och deltagarna bör svara snabbt när formulär kommer.

4 Hemsida

KTH har som regel hemsidor på sina projekt. En sådan är påbörjad för detta projekt och deltagarna ombedes komma med förslag till innehåll. Så småningom kommer hemsidan att få en lösenordsskyddad del, som endast deltagare och sponsorer får tillgång till.

5 Responstester

I Hammarby är responstest utfört i hål nr 1. Borrprotokollet klart och skickat till Göran H, som ej hunnit skicka testresultatet. Testutrustningen är upptagen igen i Spanien atm 14 dagar framåt. Oklart när den blir tillgängligt för våra hål. Spec Vega är beroende av hållbar planering, eftersom andra moment skall utföras med slangarna upptagna. Ett av borrhålen där är avstängt sedan i juni.

Förslag om att bygga ytterligare ett testaggregat i KTHs regi för att bli erhålla kontroll över tillgängligheten. Palne M erbjöd projektet att kostnadsfritt ta över ett responstestaggregat som byggts som examensarbete på institutionen i början på 1980-talet. Thermia har möjligen bekostat materialet, men har tidigare avböjt att ta över aggregatet. Det arbetar med kylning, vilket dels ger ett arbetsområde där värmepumpar normalt arbetar, dels ger möjlighet att frysa borrhålet (dock endast korta hål; max ca 50 m) och utvärdera prestanda i fruset tillstånd. Aggregatet har dock låg effekt, ca 2,5 kW kyla och arbetar med R22. Viss istandsättning krävs.

6 Borrhålsavvikelser

José A visade 3D-bilder av de tre inmätta hålens lägen (nr 4, 5 och 6) i Hammarby. Hål 6, som avviker mest, har en kraftig krökning under de första 50 m, men bibehåller därefter i stort sett konstant lutning, se separat rapport. (Anm. Vid den senare rundvandringen på institutionen uttalade Kent H en viss skepsis till noggrannheten vid krökningsmätning.

Magnetiska metoder påverkas av magnetiska variationer i borrhålsväggen. Andra metoder påverkas av hur bra mätsonden centrerar i borrhålet.)

Avanti behöver ca 14 dagars förvarning om när vi vill mäta de två hålen i Vega. Slangarna måste då vara uppe.

7 Pumpprov Hammarby. Vattenströmning i borrhål

José A redovisade mätningar av vattenflöde i borrhålen 2, 3 och 4 i Hammarby. Mätningen gjordes, med hjälp av utrustning från Geosigma, genom att sätta hålen under ett övertryck motsvarande avståndet mellan gvy (grundvattenyta) och markytan. Hålen 5 och 6 gick ej att mäta p g a att gvy låg under de medlevererade rörens räckvidd. Resultaten anmärkningsvärt väl överensstämmande sinsemellan trots stora skillnader i grundvattenytans nivå. Kent H (Geosigma) ansåg att hålen i Hammarby kan anses vara relativt täta.

Kent H, som arbetat under lång tid med bl a SKBs (Svensk Kärnbränslehantering) hydrotestutrustningar, gav en utförlig expose över olika metoder för mätning av grundvattenflöden i borrhål och deras lokalisering. Ett borrhål i jämvikt med konstant gvy har balans mellan till- och bortflöden av grundvatten. Två skilda principer används för att mäta borrhålets "kommunikation" med hydrosfären. I den ena sänker man gvy i borrhålet och håller denna därefter konstant genom pumpning. När gvy sänks får man ett med tiden avtagande tillflöde som så småningom (efter ett par till något tiotal timmar) blir rimligt konstant. Med en mätsond som upptar större delen av borrhålets tvärsnittsarea, i vilken det finns en kanal med en monterad flödesmätare, kan sedan flödet från underliggande del av borrhålet mätas. Sonden förs successivt upp genom borrhålet och varje tillkommande flöde (anomali) yttrar sig som ett mer eller mindre språngvis ökande flöde. I Geosigas utrustning används en propeller för flödesmätningen med en undre registreringsgräns på ca 3 lit/min. Ett typiskt värde för applicerad gvy-sänkning är 20 m. Vid tillräckligt stor sänkning av gvy kommer även bortflöden att bli tillflöden. Även temperatur och elektrisk konduktivitet kan registreras vid mätningen.

Den andra principen bygger på att gvy i princip får vara orörd och i stället mäts vattenflödet mellan två tätningskragar (vardera med kanske 4 – 5 tätningsringar) med typiskt en meters mellanrum. En utföringsform (Posiva Difference Flow Meter) har en mycket känslig flödesmätare med en undre mätgräns på ca 10 ml/h och ett mätomfång upp till 300 l/h. Instrumentet är egentligen utvecklat för kärnborrade hål med slätare väggyta än hammarborrade. Mätning beställs från företaget i Finland och kan mistänkas vara dyr.

I samband med SKBs undersökningar finns miltals med bormetrar uppmätta och fotograferade. I den mån vi är intresserade av att titta på dessa resultat bör de vara lätta att få tillgång till. Från flödesmätningarna kan man utläsa de naturliga in- och utflödena till borrhålen. Storleken på dessa flöden kan vara av intresse för att skatta påverkan på värmetransporten i en energibrunn.

Diskussion om metoder för att mäta vattenomsättning globalt i ett borrhål i vila. Här skulle utspädningsmetoder kunna användas. Ett salt eller färgämne tillsätts under omröring (cirkulation) i borrhålet, varefter koncentrationens avtagande med tiden mäts med lämpligt instrument. Kent H påpekade att metoden inte är så lätt att tillämpa i praktiken som det kanske

verkar. Bl.a så är vattenvolymen i borrhålen stor, vilket innebär att mättiderna kan bli långa om flödena mellan borrhål och bergmassa är små. Geosigma har inte utrustning för detta.

Kent H tyckte att det var synd att man inte i samband med borrhningen hade mätt på vattenåterfyllningsförloppet i borrhålet. Detta hade gett en klar indikation på hålets hydrologiska kommunikation med omgivningen.

Geosigma är åter bemannade i W 32 efter semestrar och kan då ge bättre besked om när och hur de kan bistå projektet.

8 Pumpprov Vega

Helst responstest först, därefter pumpprov och mätning av borrhålsavvikelser i Vega. Slangupptagning och pumpprov innebär båda en störning av borrhålets termiska tillstånd.

9 Optisk temperaturmätning med fiberkabel

José A hade fått anvisning till två webbplatser, men dessa var ej åtkomliga. Mauri Lieskoski hade vid tfn-kontakt lovat att återkomma med bättre anvisningar, men ej gjort detta ännu.

Kontakt har erhållits med rätt Schlumberger-kontor, men rätt person var ej anträffbar. Skall höra av sig.

På fråga om möjlighet att testa tempmätning på optisk fiber sade Sam Johansson, Hydroresearch, att det går utmärkt att hämta instrumentet i Kiruna och lämna det tillbaka dit efter avslutat prov. Han gav dock ett antal referenser, som använt utrustningen och menade att detta borde räcka. KTH avser att skaffa ett eget instrument (kostnaden motsvarar ca 10 veckors hyra).

Tensolite. Svårt att få tag på rätt person i det norska företag som har tagit över verksamheten.

Ingen kontakt uppnådd med Schlumberger ännu. Blir troligen med något kontor i Tyskland.

10 Kollektorer/värmeväxlare

3-rörskollektor. Kontaktpersonen har semester, men återkommer på måndag. Inget bindande åtagande kan ges innan dess. Har samarbete med Finskt borrhföretag i Sverige, som ev. har möjlighet att ombesörja slangläggningen. Alternativt kan de anlita vår entreprenör.

UPONORs isolerade slangar förfaller kunna användas för isolering av returslangens övre del i Vega, samt mellan borrhål och byggnad i Hammarby.

Koaxialkollektor. Mateve Oy, produktnamn: Lämpöässä (Värmeeset!). Skall kunna levereras i andra halvan av augusti. Mauri Lieskoski återkommer med besked om de kan ombesörja installationen med eget folk.

Han föreslog samarbete med finskt universitet, vilket Björn P ställde sig mycket positiv till.

Sekretessavtal är tecknat med MuoviTech Oy. Avtalet innebär att informationen om deras system och prestanda skall stanna inom Mätgruppen. (Skr kommentar: Vi kanske bör visa dem en förteckning på vilka som ingår i Mätgruppen eller är det redan gjort?)

José A påpekade att vi egentligen har ett hål för lite om alla systemen skall komma till utförande. Björn P påpekade att vi inte sett ännu att alla förslagen kommer till skott.

Borrhålsförlängare resp Brage Bs idé om extraslang kring en av skänklarna i U-röret. Palne M redovisade kort resultatet av beräkningarna. I princip kan inte någon större effekt förväntas förrän flödet kring slangarna i borrhålet blir turbulent. I Brages fall gäller det kring den slangskänkel som omges av brandslangen. Således behövs lägre flöde i Brages fall, men för att inte få för stor temperaturskillnad mellan in- och utlopp i brandslangen, bör flödet ökas väl över minimikravet för turbulens. Borrhålsförlängaren passar bäst i klana borrhål då turbulens uppnås med lägre flöde. Brages system kräver stort flöde vid långa borrhål för att hålla nere temperaturskillnaden in/ut. Hålen i Hammarby är således mindre lämpliga för dessa system.

Martin Thorén hade planerat ett borrhål med Avantis borrhålsförlängare, men har ställt sig positiv till att istället göra två hål med ett system i vardera.

11 Termosifon

Ingen ny information om termosifonexperimentet framkom.

12 Kaliumkarbonat-krets

Tommy N skall kontakta en person som är intresserad av att leverera kaliumkarbonat. Ej klart med cirkulationspump och värmeväxlare.

13 Separat borrhålskretsar

Anläggningarna i Hammarby och Vega förses båda med separata borrhålskretsar (lika Mariehäll), så att vi får större frihet att självständigt variera flödet i varje borrhål med hjälp av reglerventiler och vattenmätare. Tommy N och José A projekterar kalla sidan i Hammarby.

14 Avanti-klämman

Brage B har erhållit en stor mängd Avanti-klämmor. Skulle fler behövas går det säkert att ordna.

15 Temperaturmätning

Försöken att smälta in termoelement genom slangväggen på en PEM-slang 40x2,4 har inte slagit väl ut. Se separat rapport från José A. Dålig vidhäftning i kombination med avsaknad av kompression i plasten kring termoelementet ansågs vara orsaken. Jan-Erik N hade fått ett förslag att sätta in popnit i slangväggen, peta bort centrumpinnen och sedan limma in termoelementet. Han bemyndigades att köpa in popnittång och nitar på projektet samt testa. Ett annat förslag var att sätta in en injektionsnål snett genom slangväggen, genom vilken termoelementet sedan kunde föras in och limmas fast. Det tidigare förslaget om att skarva slangens på ett antal ställen med elektromuffar och montera termoelement i kanten på muffarna

ansågs vara för osäkert och ha andra nackdelar. Förslag om att fästa termoelementen på slangens utsida såsom tidigare och undersöka hur stor temperaturavvikelsen bli jämfört med termoelement instuckat i slangen, samt prova hur bra värmeisolation resp. om, och i så fall vilket temperaturfall, som erhålls vid olika yttre tryck. (Anm. Tommy N har senare påpekat att även popnit eller snett infört termoelement innebär ökad värmeledning genom slangen och behöver värmeisolerats samt skyddas med krympslang.) Palne M sade sig skola bli mycket besviken om metoden med utanpåliggande termoelement skulle komma till förnyad användning med tanke på den osäkerhet som uppstått i Mariehäll. Palne M ansåg att med en fungerande temperaturmätning med optokabel borde det kunna räcka med att ha två referensmätare vid in- resp utlopp samt en längst ned.

Okapslade termoelement är inköpta.

16 Examensarbetare

En utländsk teknolog har anmält intresse för att göra ett examensarbete på något ämne inom värmepumpsteknik.

Sedan tidigare är det klart med en examensarbetare från Tyskland som skall arbeta med frågor kring övergång mellan turbulent och laminär strömning i långa slangar.

17 Tidplan

Tommy N presenterade ett embryo till tidplan. José A anmodades att rita om planen med horisontell tidsaxel på vanligt sätt och sätta mer kött på benen.

18 Övriga frågor

Inga övriga frågor togs upp.

19 Nästa möte

Beslöts att, om inget stort oförutsett inträffar, tid för nästa möte i mätgruppen bestäms vid kommande möte i referens- och sponsorsgruppen onsdagen 2007-09-05, kl 10:00 på KTH.

Palne Mogensen

Till sponsorer och referensgruppsledamöter

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Sponsors- och Referensgruppsmöte, 2007-09-05

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Jens Eriksson, Thermia AB
Jim Fredin, IVT AB
Kent Hansson Geosigma AB
Göran Hellström, LTH
Peter Hill, handledare, KTH
Sam Johansson, Hydroresearch AB
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
David Kroon, Nibe
Björn Kyrk, konsult, Cooly AB
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Björn Palm, examinator och proj-ledare, KTH
Ove Platell, Lowte
Peter Platell, Lowte
Branko Simanic, SWECO
Martin Thorén, Thorén Energiprodukter AB
Bengt O'Wallin, Energiprojektering AB
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eu-reftec AB

Anmält förhinder:

Per Backlund, COMSOL
Martin Forsén, SVEP
Rickard Granath, Uponor Infrastruktur
Mats Helander, SWECO
Olle Hellman, Avanti System AB
Gustav Jansson, SWECO
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Lars Larsson, Aska Rör
Roger Lasser, Högalids Elektriska
Dan Magnusson, Extena AB
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Bosse Nordell, LTU
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Claus Schön Poulsen, DTI, Danmark
P A Toernsaeter, Viessmann Värmeteknik AB

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Översända agenda godkändes. Palne M utsågs att föra anteckningar. Deltagarna presenterade sig kortfattat.

2 Minnesanteckningar från föregående möte 2007-04-03

Inga kommentarer och inga ändringar föreslogs.

3 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer

T o m kvartal 2 2007 har redovisats 703 kKr. Vissa företag har kommit in senare i projektet och skall därför redovisa i kvartal 3 o 4. De har ej fått redovisningsblanketter m m. I stort sett ligger vi på budget.

4 Hemsida

Adressen till hemsidan är www.energy.kth.se/energibrunnar. för att komma djupare in på hemsidan krävs lösenord: "EnergiKTH". José A redovisade vad som hittills lagts in på hemsidan. Inbjöd till kompletteringar och justeringar.

5 Mätgruppen

Ledamöterna i mätgruppen redovisades enligt förteckning i Bilaga 1. Kenneth Weber anmälde sig till mätgruppen.

6 Utförda arbeten

6a Vår gård. Anläggningen består av 23 borrhål à 210 m djup med 5 värmepumpar à 45 kW, där man huvudsakligen följt energiåtgången i detalj under vintern och bl a funnit att oljepannan ibland går in, trots att värmepumparna har kapacitet för att göra jobbet. Man har även studerat möjligheten att sätta in en sjätte värmepump och finner att den i och för sig skulle kunna bidra till värmeförsörjningen, men skulle samtidigt innebära en påtaglig sänkning av köldbärarens medeltemperatur i framförallt december. Diskussion om möjliga vägar att öka borrhålens prestanda. Föreslogs återladdning från havet samt bättre styrning av vätskeflödena i borrhålet. Finns möjligen tillståndsmässiga svårigheter att återladda från havet. Viss oklarhet om hur borrhålen var placerade i relation till varandra. Framkom att det finns planer på att bygga en stor anläggning med energibrunnar i närheten.

6b Provmontage av termoelement invändigt i slangarna. José A visade prover på de försök som gjorts med instick genom slangen och därefter på montage av krympslang med smältande insida. Han visade även en elmuff där termoelementet sticks in i skarven mellan elmuffen och slangen. Båda montagen har visat sig täta även efter temperaturcykling. Projektledningen har beslutat att använda sig av instick genom slang. Diskussion om hur montaget skall ske av optokabeln. Sam J påpekade att större längder av optokabeln hela tiden måste hållas på rulle, annars lägger den sig i spiraler och trasslar ihop sig. Ansågs önskvärt att först dra in optokabeln och därefter göra montaget av termoelementet. Eventuellt behöver optokabeln smörjas med såpa eller annat lättlösligt smörjmedel. Optokabeln levereras på rulle med ca 300-400 mm diameter. Viss logistik behövs för att ordna montaget med vändande kabel i botten på kollektorn.

Sam J visade två prover på optokabel, den ena med 4 optofibrer kapslade i ett tunt rostfritt rör och utanpå detta ett tunt plaströr, ytterdiameter 3,8 mm. Den andra konstruktionen hade hölje av polyuretan. Sam J rekommenderade den första typen, som kräver en fixtur med en diameter av minst 40 mm i vändpunkten. Har testats med gott resultat i exempelvis 70 m djupa vattenståndsrör. Temperaturförloppet vid tunnelfrysningen i Hallandsåsen mäts på detta sätt. Inte rekommendabelt att förse optokabeln med ändavslutning, som hamnar under vattentryck. Svårt att åstadkomma vattentäthet under lång tid.

Temperaturmätningen baserade sig på att en kort laserpuls (1 - 2 m) skickas ut genom kabeln varvid en del av ljuset sprids tillbaka i motsatt riktning. En liten del av den bakåtspridda strålningen har undergått Raman-spridning, varvid den återvändande ljuspulsen får annan våglängd. Raman-spridning till högre frekvens (kortare våglängd) har stort temperaturberoende medan spridning till lägre frekvens endast har ett svagt temperaturberoende. Kvoten mellan dessa ger information om temperaturen i spridningspunkten. Genom att observera tidsfördröjningen kan läget för spridningspunkten bestämmas. Metoden ger således en samtidig temperaturprofil i hela kabelns längd.

Vi får låna ett instrument som skickar ut 1 m långa laserpulser (Sentinel DTS-SR?) och har motsvarande upplösning på detektorn. Den återvändande signalen är svag och för att uppnå hög temperaturnoggrannhet måste signalen integreras under viss tid. Vid längre kabel sjunker noggrannheten både i temperatur och läge. Typiskt erhålls en temperaturupplösning av 0,1 K

(standardavvikelse) efter 10 sek i en punkt 1500 m bort. Vid 5 min integrationstid erhålls en upplösning av 0,02 K (std-avvikelse) vid 1500 m. Till detta kommer troligen ev systematiska avvikelser (kalibreringsosäkerhet). Det är viktigt att ha bra temperaturmiljö kring instrumentet, eftersom temperaturnormalen sitter i detta.

6c Hammarby. José A redovisade avvikelserna för de hål som mätts senare (borrhål 2 och 3). Mönstret från tidigare mätningar med stora avvikelser upprepades. Mätning gjord med FLEXIT MultiSmart, som baseras på jordmagnetiska fältet. Diskussion om möjligheterna att få långa hål att hålla sig inom anvisat område. Risk för att det snart upptäcks hur snett hål kan gå och i farans förlängning ligger kanske att långa borrhål förbjuds eller måste styras vid borring.

Kenth H redovisade kortfattat det pumpprov som gjorts på borrhål 4 i Hammarby. Den använda utrustningen bestod av en sond med samtidig mätning av konduktivitet, temperatur och flöde. Den hade en detektionsgräns av 2 l/min och trots att grundvattenytan hade avsänkts 23 m, understeg flödet detektionsgränsen. Dock indikation på litet inflöde vid 190-200 m. Även konduktiviteten ändrades där. Med tänkbara hydrauliska gradienter bör flödet till/från hålet vara < 50 ml/min. Hålet klassades som mycket tätt.

Diskussion om möjligheter att få förbindelse mellan borrhål. En etablerad metod är hydraulisk spräckning med åtföljande injektion av sprickfyllande sand eller grus. Göran H kände till en anläggning i Norge med ett centralt placerat hål och 5 hål runt omkring.

Bengt W berättade livfullt om ihopborring av hål och oväntad förbindelse mellan hål på granntomter.

Kollektorplaneringen är enligt följande:

Hål nr	Typ av kollektor	Läge
1	Dubbla U-rör 40 mm, varav en kollektor med separat köldbärarkrets för prov med pottaska.	Sattes 2007-04-23
2	3-rör. Lämpöässä	
3	Koax-kollektor. Mateve, multikanal.	Levererad. Mkt stor rulle.
4	U-rör, referens	
5	U-rör med Avantiklämmor, optofiber och fem termoelement införda genom slangvägg på 15, 55 resp 259 m	Sattes 2007-09-14. Blev ej riktigt som tänkt p g a strul vid sättning.
6	Muovitec-kollektor (senare ev termosifon)	Sattes 2007-09-20. Här installeras ev senare termosifonen, efter avslutade mätningar på Muovitecen.

Göran H ansåg att han skulle kunna utvärdera responstestet om en dryg vecka.

Arbetena i pannrummet har blivit fördröjda p g a Fortums försenade leverans av elservis. Kommer dock på plats inom kort och Mikael N kommer därefter att ta ut den stora oljetanken och tillsvidare köra med farmartank på gården. Värmepumparna kommer senare att placeras på oljetankens plats.

7 Tidplan

Tidplan är på gång, men fortfarande råder osäkerheter beträffande leverans av kollektorer m m. Nuvarande planering är att kollektorer skall sättas v 37, 38 och 39 med samlade arbetsinsatser under måndagar, onsdagar och fredagar.

7b Vega. Här finns två borrhål, diameter 140mm, djup 220 m, som är i drift och slangupptagning, instrumentering och sättning måste därför göras i ett svep. I samband med detta bör även en responstest utföras i båda hålen. En veckas varsel när responstest skall ske är nödvändigt för att samordningen skall fungera.

Ett hål förses med en U-rörskollektor med isolering på den uppåtgående skänkels översta 30-40 m. I det andra borrhålet sätts ett U-rör med Avanti-klämmor. Diskussion om isolering av slangar. Svårt att tänka sig något annat isoleringsmaterial än luft. Ett plasthölje kring isoleringen kommer att få en ogynnsam tryckbelastning och farhågor fanns att även om materialet klarar trycket initialt måste man räkna med flytning i plasten som kanske så småningom knäcker i ytterhöljet.

7c Mariehäll. Här kommer byte att göras till en större köldbärarpump i borrhålskretsen för att kunna uppnå höga Re-tal vid drift av många kollektorer i parallell.

8 Prov av specialkollektorer hos Martin Thorén

Palne Ms beräkningar på Avantis borrhålsförlängare och Brages idé med ytterslang kring ena skänkeln delades ut. Palne M redovisade kortfattat att enligt hans beräkningar måste man uppnå turbulent strömning i borrhålet (borrhålsförlängaren) resp i ytterslangen (Brages idé).

Martin T skulle beakta aktuella borrhåls- och slangdimensioner och anpassa cirkulationspumpar m m.

9 Examensarbetare

Examensarbetaren från Tyskland förväntas komma under oktober och skall då mäta på en slang utlagd på marken för att studera omslag mellan turbulens och laminär strömning resp tvärt om.

10 Övriga fråga

Björn P anmälde att en ”EFFSYS-dag” hålls 2007-11-08 i Eskilstuna. 10 EFFSYS-projekt skall presenteras för Energimyndigheten och övriga intresserade.

11 Nästa möte

Sponsors- och referensgruppen möts närmast 2007-11-15 kl 10:00 på KTH.

Mätgruppen har möte 2007-10-08 kl 10.00 på KTH.

Bilaga 1

Ledamöter i Mätgruppen:

José Acuna	Doktorand	josea@kth.se	076 232 00 08	08 790 89 41
Brage Broberg	Brobergs Brunnsb	brage.broberg@telia.com	070 589 35 20	
Kent Hansson	Geosigma	kent.hansson@geosigma.se		018 65 08 33
Olle Hellman	Avanti System	olle.hellman@avantisystem.se	070 - 681 05 39	060-15 20 30
Göran Hellström	LTH	neoenergy@telia.com	0708 98 86 60	046 18 86 60
Peter Hill	KTH	peter@energy.kth.se	0708 34 34 43	
Carl Johansson	Grundfos	cjohansson@grundfos.com	0705 59 26 11	031 332 23 08
Sam Johansson	Hydroresearch	sam.johansson@hydroresearch.se	070 756 49 50	08 756 49 50
Rahmat Kodabandeh	KTH	rahmat@energy.kth.se		
Palne Mogensen	PMAB	palne.mogensen@pmab.se		08 755 94 24
Tommy Nilsson		art.nilsson@swipnet.se		08 732 75 40
Jan-Erik Nowacki	KTH/SVEP	nowacki@algonet.se	0707 43 61 21	08 52 22 75 04
Björn Palm	KTH	bpalm@energy.kth.se	0702 66 74 53	08 790 74 53
Kenneth Weber	ETM kylteknik	weber@etmkylteknik.se		

Till ledamöterna i Mätgruppen

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Mätgruppsmöte, 2007-10-08

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Peter Hill, handledare, KTH
Sam Johansson, Hydroresearch
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Björn Palm, examinator och proj-ledare, KTH

Anmält förhinder:

Brage Broberg, Brobergs Brunnborrning
Kent Hansson, Geosigma AB
Olle Hellman, Avanti System AB
Göran Hellström, LTH
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Åke Melinder, forskare, KTH
Martin Thorén, Thorén Energiprodukter
Kenneth Weber, ETM Kylteknik

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Utsänd föredragningslista godkändes. Palne M åtog sig att föra minnesanteckningar.

2 Minnesanteckningar

Inga kommentarer gjordes till minnesanteckningarna från föregående möte 2007-09-05. De flesta punkterna på tillhörande Aktivitetslista var genomförda. Följande punkter återstod:

Ansvarig	Åtgärder
Brage B	Borrhålsprotokoll för Vega
Tommy N	Schema för kalla sidan i Hammarby
Göran H	Utvärdering responstest för Hammarby, borrhål 1

3 Hammarby

3a. Kollektorer nu satta i Hammarby i BH 1 (dubbelt U-rör), i BH 5 (U-rör med Avanti-klämmor samt BH 6 (U-rör special Muovitech).

Kollektorn i BH 5 fick en kink vid sättningen i närheten av mätpunkten vid 55 m (?) och frågan är nu om optofibrerna skadades där. Dessutom uppstod ett brott på ena fiberkabeln i samband med monteringen av T-rör med genomföring för kabeln. Brottet ligger ca 1,5 m "över" T-röret. Sam J berättade att kontinuiteten kan testas med OTDR-mätning (Optical Time Domain Reflectometry (?)), som finns inbyggt i mätinstrumentet. Fibrerna ligger inbäddade i en gel för att minska inverkan av yttre påkänningar. Exempelvis ger en dragspänning i fibern förändrade egenskaper. Kabeln innehåller fyra fibrer och efter prov kan man välja ut den bästa. Brott måste lagas med svetsning och då behövs åtkomst av ca 1m av var ände. De tunna optofibrerna måste friläggas en viss sträcka. Hydroresearch har svetsutrustning. Skarven skyddas av en kopplingsbox, ca 150 x 200 x 100 mm. Ansågs lämpligt att hålet förses med en stor brunnsring (D = 600 mm?) så att arbetet inte onödigtvis försvåras av brist

på utrymme. Planen är att svetsa samman samtliga kablar till en enda lång slinga (övriga svetsar förläggs inomhus). Instrumentet har två ingångar, vilket möjliggör mätning från två håll.

Frågan kom upp om skillnaden i längdutvidgning mellan optokabeln och PEM-slangen. Rätt uppgift skall vara följande: Enligt litteraturen har PEM-slang en längdutvidgningskoefficient av $180 \cdot 10^{-6}/K$ och austenitiskt (omagnetiskt) rostfritt $19 \cdot 10^{-6}/K$. Det betyder att i Hammarby med 260 m borrhål kommer en fritt hängande kollektor att utvidga sig 47 mm för en grads temperaturhöjning. För optokabeln gäller 5 mm per grad. Nu står eller flyter kollektorn på bottenvikten i hålet och kan förmodas bli till viss del bli inspänd i överdelen (?). Detta minskar då kollektorns längdändringar.

Diskussion om IT-frågor. Huset skall förses med bredbandsanslutning och avsikten är att kunna använda "Remote desktop"-teknik. Mätinstrumentet för optokabeln har stor minneskapacitet och kan förses med UPS om så är önskvärt.

BH 2 skall ha en trerörskollektor och installation sker senare i veckan. Returböjen blir av samma typ som i borrhål 5 (finska UPONOR).

3b. Responstest BH 5 och 6. Mätning klar och utvärdering pågår. Diskussion om eget aggregat. Palne M ställer med glädje ett äldre aggregat med kylning i forskningens tjänst. Den tillhörande pumpen är ej lämplig för djupa hål och har placerats i annan tjänst.

3c. Pannrum. Den "nya" delen av pannrummet färdigrenoverad och de båda VP (fabr Viessmann) finns på plats. Mikael N sköter det "handgripliga" kring installationen.

Viktigt att få smidiga dykrör till temperaturmätningen. Eventuellt egen tillverkning. Jan-Erik N föreslog att VP skulle förses med mätare för hög- och lågtryck samt för temperatur på het- resp suggas och köldmediet före exp-ventil. Björn P, José A och Peter H utreder om förutsättningar för detta finns och om det är påkallat att göra detta nu. De tittar även på möjligheten till effektmätning på värmemängds- och elmätarna. Möjligen finns elmätare med pulsutgång i värmepumparna?

3d. Dragning av färdigisolerade ledningar och tomrör för el mellan borrhål och pannrum. Diskussion om lämplig brunnsdiameter för borrhål 6 (framtida termosifon). Plats måste finnas för en värmeväxlare med kanske $h = 800$ mm. Brunnsringen kanske behöver ha en diameter av 1200 mm. Betäckningen för detta borrhål behöver troligen inte vara körbar. BH 6 skall ha ett extra tomrör för el.

4 Vega

4a. Responstest, mätning av borrhålsavvikelser, pumpprov m m. Mathias N har vid det här laget stängt av många gånger inför responstest, som med kort varsel inte har blivit av. Nytt datum är lördag den 13 oktober under förutsättning av att det är grävt. Efter responstest (3-4 dagar på varje hål) tas kollektorerna upp och skrotas (erfarenhetsmässigt allmänt otrevliga att hantera och kan säkert försvåra monteringen av termoelement m m). Därefter pumpprov och mätning av riktningsavvikelser. Ny tidplan görs så snart responstestet verkligen kommit igång. Preliminärt sätts de nya kollektorerna 2007-10-31/-11-02.

4b. Instrumentering. Kollektorerna förses med Avantiklämmor varje meter och fästes med buntband genom ett centralt hål i klämman. Anslutning av termoelement förtillverkas i största möjliga utsträckning. Den översta delen av den uppåtgående skänkeln isoleras i ett av hålen.

5 Mariehäll

Cirkulationspumpen för köldbärarkretsen bytt till större kapacitet för att möjliggöra högre flöden.

6 Prov med intern cirkulation i borrhål hos Martin Thorén

Inget har avhörts. Förmodades att Martin Ts arbete fortskrider planenligt.

7 Övriga frågor

Jan-Erik N meddelade att han blivit kontaktad av Åke M för att bidra till dennes handbok med synpunkter på optimering av borrhål. Delade meningar om det var lämpligt att gå ut med rekommendationer innan vårt projektet har producerat resultat.

Diskussion om framtida försök med återfyllning av borrhål. Björn P meddelade att Göran H har recept på en blandning innehållande bentonit, som används mycket i Tyskland. Palne M bidrog med att han tagit fram en blandning av kvartssand med lämplig kornstorleksfördelning (ca 0,2 – 2 mm), som ger hög värmeledningsförmåga. Blandningen dispergeras i vatten, som får rinna ned i borrhålet i lagom takt, varvid sanden sedimenterar och vattnet strömmar upp igen. För att få högsta möjliga bulkdensitet bör kollektorn skakas på lämpligt sätt. Erfarenhet finns dock endast från 27 m djupa hål. Risken att blandningen skulle ge höga hydrostatisk tryck i botten på borrhålet bedömde Palne M som obefintlig, eftersom blandningen har egenskaper som friktionsjord och efter sedimentering bildar en egen ganska fast struktur oberoende av omgivande vatten. Ett hål för återfyllning bör förberedas redan nu med en extraslang för injektionen.

Anm: Vid närmare eftertanke är Palne M inte längre tvärsäker på om detta även gäller för rymliga borrhål.

8 Nästa möte

Nästa möte (i mätgruppen blir 2007-11-14, kl 10:00) på KTH.
Ändrat till gemensamt möte den 22 jan.-08 kl. 10.00

Palne Mogensen

Till sponsorer och referensgruppsledamöter

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Sponsors- och Referensgruppsmöte, 2008-01-30

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Jens Eriksson, Thermia AB
Jim Fredin, IVT AB
Kent Hansson Geosigma AB
Göran Hellström, LTH
Peter Hill, handledare, KTH
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Björn Kyrk, konsult, Cooly AB
John Ljungqvist, Uponor
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Björn Palm, examinator och proj-ledare, KTH
Branko Simanic, SWECO
Johan Wasberg, Merinova, Finland

Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eureka AB

Förhindrade:

Per Backlund, COMSOL
Martin Forsén, SVEP
Rickard Granath, Uponor Infrastruktur
Mats Helander, SWECO
Olle Hellman, Avanti System AB
Gustav Jansson, SWECO
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Sam Johansson, Hydroresearch AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
David Kroon, Nibe
Lars Larsson, Aska Rör
Roger Lasser, Högalids Elektriska
Dan Magnusson, Extena AB
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Bosse Nordell, LTU
Ove Platell, Lowte
Peter Platell, Lowte
Claus Schön Poulsen, DTI, Danmark
Martin Thorén, Thorén Energiprodukter AB
P A Toernsaeter, Viessmann Värmeteknik AB
Bengt O'Wallin, Energiprojektering AB

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Utsänd agenda godkändes. Palne M utsågs att föra anteckningar. Deltagarna presenterade sig kortfattat.

2 Minnesanteckningar från föregående möte 2007-09-05

Inga kommentarer och inga ändringar föreslogs.

3 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer samt kostnader

T o m kvartal 4, 2007, har sponsorstid samt kontanta bidrag redovisats för 1,4 MSEK, jämfört med budgeterat 1,3 MSEK. Kostnaderna har dock också överskridit buget. Redovisning fattas för några intressenter och Tommy N lovade att hjälpa till med att få fram redovisning för dessa. Viktigt att sponsorer anmäler ändrade planer i relation till vad som utlovats tidigare. Energimyndighetens bidrag är helt avhängigt av motsvarande finansiering från sponsorer.

4 Responstest Hammarby och Vega

Göran H meddelade att han ej hunnit med att utvärdera mätningarna p g a tidsbrist. "Absolut klart till nästa gång!"

5 Hemsida

José A beskrev hemsidans innehåll med bl a rapporter, minnesanteckningar, bilder m m. Där finns även länkar till lösenordsskyddad information som skall ha begränsad spridning. Adress www.energy.kth.se/energibrunnar. Hela EFFSYS 2 projektet har adressen www.effsys2.se.

På fråga om samarbetet med Luleå Tekniska Universitet inom EFFSYS 2 meddelade Björn P att kontakt upprätthålls. Anna-Maria Gustafssons avhandling är snart färdig. Den behandlar responstest och egenkonvektion i borrhål, bl a med hjälp av programvaran "Fluent".

6 Mätgruppen

Mätgruppen kommer att sammanträda om någon månad för genomgång av uppnådda resultat. Rolf J och Björn K anmälde sig som nya medlemmar till mätgruppen.

7 Utförda arbeten

7a Hammarby. De båda värmepumparna är nu igång och värmer 19 lägenheter à 40 m² samt förser dem med varmvatten. Fyra borrhål av sex är inkopplade, däribland BH4, referenskollektorn. Driftstart 2007-12-18. José A redovisade rörschemat för kalla sidan samt mätresultat från mätningar på den ostörda håltemperaturen. Ett termoelement trasigt i BH4 av totalt 17 installerade i Hammarby. Diskussion kring förväntad temperaturgradient i ostört berg.

José A redovisade mätvärden under drift för BH4 och BH5 från 2007-12-31 med bl a jämförande data mellan termoelement respektive optisk fiber. Köldbärarflödet ökänt (instrumentering ej klar). Diskussion om möjliga orsaker till temperaturavvikelser, bl a hur optofibern ligger i slangen relativt termoelementen, som sticker in ca 15 mm. Hela presentationen finns på hemsidan.

José A har lämnat in sitt examensarbete, *Characterization of and measurement techniques in energy wells for heat pumps*, för en första granskning.

Nästa steg är att ta fram en rapport att presentera vid IEA HP konferens i Zürich i maj 2008.

Köldbärrflödet skall gå att reversera i BH3 (treslang) och BH2 (koaxialkolektor). BH 1, med 2 separata U-slingor, skall kunna köras alternativt med kaliumkarbonat i den ena slingan och med etanol i den andra.

JohanW nämnde att koaxialkolektorn (Mateve Oy) i första hand är avsedd för förläggning i sjösediment. Det finns anläggningar i Finland med flera km kolektorlängd installerad.

7b Vega. Avvikelsemätning skall göras i det tomma borrhålet på måndag. En enkel flödesmätning indikerar att detta borrhål är mycket torrt och geohydrauliska mätningar av ev in- och utflöden ansågs inte påkallade. Instrumentering av kolektorn, som skall ned i detta borrhål, kan möjligen få göras i en tunnel nära Garnisonen under en helg. Mätningar i denna anläggning har låg prioritet, men viktigt att slangen kommer dit för fastighetsägarens skull.

7c Mariehäll. Ny pump installerad för att möjliggöra högre köldbärrflöde. Nya mätningar görs vid lämpligt tillfälle.

7d Vår gård, Saltsjöbaden. Ingen redovisning kunde ske av det aktuella läget.

8 Prov i två borrhål hos Martin Thorén

Projektet avser två borrhål med Avantis borrhålsförlängare i det ena och Brage Bs (med ytterslang kring ena skänkeln) i det andra hålet. Martin T bortrest utomlands och har troligen inte hunnit installera dessa kolektorer.

9 Turbulensförsök

Projektet går ut på att närmare studera övergången mellan turbulent och laminär strömning i långa raka slangar. Lämplig plats för experimenten en ej hittad, ev görs något förberedande försök i någon källargång på KTH. Försöken att få tag i någon lång, lämplig tunnel hos Fortum eller Stockholm Vatten fortsätter. Exjobbaren, Lukas Schlichtmann, har börjat förbereda projektet. Tryckmätning på ett antal ställen längs slangen förslås som bästa metod för detektering av flödesregim.

Palne M nämnde att Maral Kassabian hade tagit fram ett par rapporter på KTHB om övergången mellan laminär och turbulent strömning, som Lukas kunde ha nytta av.

10 Termosifon

Kenneth Weber håller på med ett försök med ett rakt, centralt placerat nedåtgående rör, som vänder och går upp i en helix runt centralröret. Utvändigt ördiameter 18 mm och håldjup 70 m. De övre 50 m av centralröret har isolerats med Armaflex. Trots detta vill inte koldioxidcirkulationen komma igång. Installationen gjordes med färdiga 6 m längder, som

skarvades efter hand. Kollektorn blev mycket tung mot slutet. Efterlystes tips om hur cirkulationen skulle fås igång. Värmeväxlarens inkoppling ansågs kritisk.

11 Övriga frågor.

11a Påverkan mellan hål. Diskussion om vi borde utföra praktiska försök för att studera påverkan mellan hål vid 10-20 m avstånd för att kunna få till stånd en modifiering av det ofta förekommande kommunala kravet på minst 20 m mellan borrhål tillhörande olika anläggningar. Ansågs tidskrävande och svårt att studera detta på experimentell väg. Bättre att modellera detta teoretiskt, vilket egentligen redan gjorts. I praktiken kan störningar uppstå genom grundvattenflöde, men ett sådant förbättrar egentligen endast situationen.

11b Köldbärrprojekt. Jan-Erik N anmälde att han håller på med en delrapport angående optimala köldbärrsystem, vilken skall ingå i Åke Melinders EFFSYS 2-projekt om köldbärrare. Jan-Erik N pläderade för bättre informationsutbyte med detta projekt.

12 Nästa möte

Mätgruppen sammanträder 2008-03-04 kl 09:00.

Sponsorsgruppen sammanträder 2008-05-27 kl 10:00.

Palne Mogensen

Till ledamöterna i Mätgruppen

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Mätgruppsmöte, 2008-03-04

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Kent Hansson, Geosigma AB
Göran Hellström, LTH
Peter Hill, handledare, KTH
Sam Johansson, Hydroresearch
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Björn Kyrk, Cooly AB
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Björn Palm, examinator och proj-ledare, KTH
Kenneth Weber, ETM Kylteknik

Förhindrade:

Olle Hellman, Avanti System AB
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Åke Melinder, forskare, KTH
Martin Thorén, Thorén Energiprodukter

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Utsänd föredragningslista godkändes. Palne M åtog sig att föra minnesanteckningar.

2 Minnesanteckningar

Inga kommentarer gjordes till minnesanteckningarna från föregående möte 2008-01-30.

3 Termosifon

Kenneth W redovisade olika försök att få igång den termosifonanläggning, som beskrevs i föregående protokoll, pkt 10. Lodrätt rakt fallrör, stigröret i helix (skruv) runt fallröret, håldjup 70 m, köldmedium CO₂. En optokabel finns nu monterad i utrymmet mellan helixen och fallröret. Temperaturmätningar visar att vid start uppstår kokning endast på en mindre del av kollektorn, typiskt kring 20 m djup. Efter en stund upphör termosifonverkan och VP löser på lågtrycket. En hydraulpump har monterats för att hjälpa systemet igång (förbigång kan öppnas) och fyllningsgraden har successivt minskats till 10-15 %. Disk kring möjliga åtgärder.

4 Hammarby

4a. Kollektorer. Kort repetition med bilder av de olika kollektorer, som finns monterade. För närvarande endast provisorisk inkoppling och på samlingsledningen sitter av misstag en flödesgivare med för klen dimension så att önskat flöde ej nås.

4b. Responstester. Göran H hade tyvärr inte heller till detta möte utvärderat de gjorda responstesterna på hål 1, 5 och 6. Skulle absolut vara klart i nästa vecka. Mycket önskvärt att resultatet av responstesterna kan redovisas i rapporten till IEAs Heat Pump Conference.

4c. Mätningar. José A redovisade temperaturkurvor från BH4 (Referenskollektor) och BH5 (U-rör med Avanti-klämmor). Mycket likartat temperaturförlopp i de båda hålen. Notabelt att i den uppåtgående skänkeln i BH5 ligger temperaturen aningen högre på näst sista termoelementet i jämförelse med det sista, indikerande utläckning av värme från slangen. Skillnaden var dock så liten att den i detta fall inte rättfärdigar någon isolering av uppåtgående skänkel. Flödesmätare (Bruneta) är ännu ej i drift och således kan köldbärarflödet endast uppskattas med hjälp av temperaturfrontens hastighet, som i BH4 bedöms till 0,39 m/s, vilket då ger $Re = 3\ 300$. Göran H påpekade att temperaturkurvas form bestäms av flödes hastigheten i kollektorn. Vid ökande flöde minskar temperaturskillnaden mellan in- och utgående KB och skillnaden i värmeupptagning mellan upp- och nedåtgående skänkeln minskar.

Diskussion om effekten av distansklämmor. Måste sitta tätt om de skall kunna styra slangarna påtagligt. Kan också motverka sitt syfte genom att de styr slangarna åt fel håll. Göran H berättade att man i USA hade provat expanderande distansklämmor som trycker rören mot hålväggen i diametralt motsatta punkter (GeoClip à \$ 2,50). En tredje slang för ev injektering låser klämmorna i infällt läge och denna dras sedan upp, varvid klämmorna sprätter isär och trycker ut slangen mot hålväggen. Försök har gjorts med frihängande slang resp slang med GeoClips och bentonit-injektering (låg värmeledningsförmåga) resp termiskt ledande injektering. Bäst resultat med termisk massa plus distanselement, därefter frihängande med termisk massa samt bentonit med distanselement, som var ungefär lika bra och sämst var frihängande slangar i bentonit.

Tommy N pekade på att värmeupptagningen i den nedre delen av nedåtgående skänkeln föreföll vara lika stor som i motsvarande del i den uppåtgående, trots att den drivande temperaturdifferensen där var lägre. Detta indikerar bättre värmeövergång i den uppåtgående skänkeln och skulle kunna tolkas som att strömningen var laminär innan nedre vändpunkten och därefter turbulent. Den nedersta mätpunkten (406) sitter nu innan returböjen, men efter färdig installation blir situationen den omvända.

Diskussion kring José As m fl rapport, Characterization of boreholes -..., till IEA konferensen i Zürich. José A visade några diagram ur rapporten. Göran H meddelade att inlämningsdatum flyttats till 2008-03-17.

4d. Värmeväxlare från Alfa Laval. Tommy N meddelade att han kontaktat Alfa Laval med inbjudan att sponsra projektet med en eller ev. två värmeväxlare för växlingen mellan kaliumkarbonatlösningen och den övriga köldbärarkretsen i BH1. De har kopparlödda växlare med plåtar av rostfritt alternativt koppar. Frågan var om detta kunde vara intressant för jämförande korrosionsprov. Framkom att en hel del gjorts på detta område tidigare.

Diskussion om flödesmätare. Brunata är en induktiv flödesmätare med hög noggrannhet. Palne M och Kenth H rapporterade båda problem med denna typ av mätare, dock inte Brunatas. Peter H önskade sig någon kontrollmöjlighet för flödesmätningen och förslaget blev att sätta in en mätsträcka där lämplig kontrollmätare skulle kunna sättas in vid behov.

5 Vega

5a. Karakterisering av BH 1. Resonstest och ett enkelt pumpprov är genomförda. Mätning av borrhålsavvikelse görs senare (utrustningen gick sönder vid första tillfället). BH2 har ej rörts, eftersom det försörjer huset med värme.

5b. Instrumentering. Slangen förses med termoelement m m vid KTH och rullas upp på slangvindan. Denna är stor och lämpligt att den körs till Vega med lastbil. Angeläget att få ner slangens snart så att Mathias N får full kollektorkapacitet för sin värmepump. Lägsta KB-temperatur hittills dock +1°C. Den översta delen av den uppåtgående skänkeln ska isoleras.

6 Mariehäll

Den större KB-pumpen är nu installerad och José A skall så småningom mäta vilken effekt detta har på anläggningens prestanda.

7 Prov i två borrhål hos Martin Thorén

Provet avser dels Avantis ”borrhålsförlängare”, dels Brage Bs idé med en yttre slang med cirkulation kring ena skänkeln. Martin T har ej haft tid att utföra dessa anläggningar, men avser att göra detta under sommaren. Den utbytta (skadade) optokabeln från BH4 i Hammarby skall installeras i dessa hål.

8 Ny ansökningsomgång EEFSYS 2

Björn P redovisade ett tiotal projekt, som kommer att lämnas in från KTH. Ansökningar skall vara inne hos Energimyndigheten senast måndag 2008-03-10. Vissa av projekten har svårt att finna industrisponsorer och som tidigare är det krav på att minst hälften sponsras externt. Förslagen har mejlats till potentiella intressenter.

9 Borrhålsavvikelser

Sannolikt har många utförda anläggningar så stora borrhålsavvikelser att hålen hamnar delvis utanför tomtgränsen. Ansågs önskvärt att branschen agerar proaktivt så att ett förberett bemötande finns tillgängligt om situationen skulle komma att uppmärksammas från exempelvis myndighetshåll. Kent H nämnde att Geotec och Avanti har observerat problemet. Förslag att SVEP ansluter till dessa diskussioner. Kändes ej påkallat att göra ett EEFSYS-projekt av detta. För anläggningar utanför tätbebyggelse kan detta knappast vara ett reellt problem.

Brage B påpekade att man bl a i Storbritannien har regler för detta. Han nämnde att metoder finns, som ger rakare hål, exempelvis styvare borrhålsstänger nedtill, ringstyrningar och sänkning av arbetstrycket. Ringstyrning ger en merförbrukning av drivmedel vid borrhållning på ca 3 %, medan däremot en rejäl sänkning av arbetstrycket kan öka förbrukningen med 30 – 40 %.

10 Strömningsprov i slang

Lukas Schlichtmann har gjort en uppställning med en 100 m U-slinga PEM 40 x 2,4 i en kulvert under byggnaderna i Sibirien (där vi har våra möten på KTH) och anläggningen besöktes av gruppen. Slangarna har tryckuttag på var 5:e meter med Schrader-ventiler (liknar ringtrycksventiler för bildäck) som monterats så att slangens insida blir så slät som möjligt. Slangen gör två svaga krökar på ca 15 ° nära returböjen. Flödet kan varieras stegvis på cirkulationspumpen och fininställas med strypventil. De första försöken görs med vatten, senare kommer köldbärare att provas samt att slangarna förses med optokabel. Diskussion om möjligheten att prova olika ytstrukturer.

11 Nästa möte

Nästa möte i mätgruppen samordnas med referens- och sponsorsgruppen och äger rum 2008-05-27, kl 10:00 på KTH.

Palne Mogensen

Till sponsorer och referensgruppsledamöter

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Sponsors- och Referensgruppsmöte, 2008-05-27

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Jens Eriksson, Thermia AB
Martin Forsén, SVEP (anslöt senare)
Jim Fredin, IVT AB
Eric Granryd, professor em
Kent Hansson, Geosigma AB
Olle Hellman, Avanti System AB
Göran Hellström, LTH
Peter Hill, handledare, KTH
Bo Jansson, Avanti System AB
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Sam Johansson, Hydroresearch AB
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
David Kroon, Nibe AB
Björn Kyrk, konsult, Cooly AB
John Ljungqvist, Uponor
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Björn Palm, examinator och proj-ledare, KTH

Peter Platell, Lowte
Martin Thorén, Thorén Energiprodukter AB
Johan Wasberg, Merinova, Finland
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eufreftec AB

Förhindrade:

Per Backlund, COMSOL
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Rickard Granath, Uponor Infrastruktur
Mats Helander, SWECO
Gustav Jansson, SWECO
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Lars Larsson, Aska Rör
Roger Lasser, Högalids Elektriska
Dan Magnusson, Extena AB
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Bosse Nordell, LTU
Ove Platell, Lowte
Claus Schön Poulsen, DTI, Danmark
Branko Simanic, SWECO
P A Toernsaeter, Viessmann Värmeteknik AB
Bengt O'Wallin, Energiprojektering AB
Jan Thorburn, SEEC

Klockan 09:00, innan mötet, presenterade Maria Ten Palomares från Spanien sitt examensarbete: "Thermal Comparison of Two Borehole Heat Exchangers", i vilket hon jämför termiska prestanda hos två U-rörskollektorer utan resp med distansklämmor mellan slangarna. Se vidare Bilagan sist i dessa anteckningar.

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Utsänd agenda godkändes. Palne M utsågs att föra anteckningar. Deltagarna presenterade sig kortfattat.

2 Minnesanteckningar från föregående möte 2008-01-30

Inga kommentarer och inga ändringar föreslogs.

3 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer samt kostnader

Björn P påminde om att det är mycket viktigt att vi redovisar nedlagd tid och kostnader i rätt tid. Några har fortfarande inte gjort detta för första kvartalet 2008 och vi ligger f n under budget för

industrins bidrag. Energimyndigheten släpper inte till mer medel än vad som motsvaras av industribidragen. Projektet riskerar således att fördröjas p g a brist på medel. **Alla som inte rapporterat kvartal 1 ombedes därför göra detta snarast!**

4 Redovisning av responstest i Hammarby och Vega

Göran H redovisade responstest i Hammarby på hålen 1, 5 och 6. Enligt utförandep Praxis skall borrhålet vila i minst 3 – 5 dygn, därefter körs belastningsprovet i minst 50 h och med en effekt så nära den tilltänkta som möjligt. Här blev det ca 50 W/m borrhål. (Skr anm: Med värmeförsel blir det dock fel tecken på effekten för värmelevererande kollektorer!) Köldbärare var rent vatten. Resultat enligt följande tabell.

Borrhål nr	Utförande	Aktiv längd [m]	Beräknad ref-temp [°C]	Vattenflöde [l/s]	Bergets värmekond [W/mK]	Kollektorns värmeisolans [Km/W]
1	Dubbelt U 40x2,4	240,3	8,64	1,02	3,70	0,059
5	U 40x2,4	242,7	8,65	0,73	3,63	0,079
6	Muovitech 40x2,4	244,15	8,72	0,80	3,94	0,071

(Skr anm: Med Aktiv längd menas längden av den vattenberörda, verksamma, delen av kollektorn. Referenstemperaturen utgör den beräknade medeltemperaturen hos borrhålvattnet vid försökets start. Bergets värmekonduktivitet utgör ett medelvärde av konduktiviteten hos berget i en ringzon närmast hålet. Kollektorns värmeisolans avser den specifika termiska resistansen mellan vätskan i kollektorn och den idealt sett isoterma borrhålsväggen och innefattar således även värmeövergången mellan vätska och vägg inne i kollektorslangen.)

Göran H redovisade andras försök med distansklämmor vid efterfyllda borrhål (vilket allmänt är regel i andra länder) med bentonit (värmekonduktivitet som vatten) resp massor med högre värmeledningsförmåga. Fjäderklämmor (distansintervall 1,5 m) ger ungefär lika stor förbättring av hålets prestanda (15-20 %) som värmeledande massa. Kombinerar metoderna blir resultatet 35 till 40 % bättre.

I Vega inträffade ett avbrott i strömförsörjningen till testvagnen under provet och detta kom inte igång igen förrän efter åtskilliga timmar. Dataprogrammet klarar f n inte så långa mättider, vilket dock skall åtgärdas. Göran H återkommer med resultat från Vega.

Göran H avslutade med att visa hur ett grundvattenflöde påverkar temperaturkurvans form.

5 Rapporter och publikationer

José A meddelade att anläggningen i Hammarby presenterats i en artikel i tidningen Energi&Miljö (VVS-Tekniska Föreningen) samt under Nordbyggmässan 2008.

José A presenterade sitt examensarbete: "Characterization and Temperature Measurement Techniques of Energy Wells for Heat Pumps" 2008-03-14 på KTH.

José A har deltagit i the 9th International IEA Heat Pump Conference, 20 – 22 maj 2008, Zürich, Schweiz, med en poster (presentation på en anslagstavla): “Characterization of Boreholes – Results from a U-pipe Borehole Heat Exchanger Installation.

Programmet för konferensen finns på:

<http://www.hpc2008.org/CFDOCS/cmsut/admin/content.cfm?GroupID=151&Lang=2>. José A kan vara behjälplig med att ta fram rapporter.

José A skickade runt några broschyrer på produktnyheter som presenterades. Inom parentes anges hemadressen:

En ett-rörs termosifonkollektor för CO₂ med ett helixspår (skruvgänga) på rörets insida för att säkerställa god värmeövergång till den nedåtgående vätskan (www.brugg.de).

Diverse rördelar för plaströrskollektorer samt distanselement av olika slag (www.hakagerodur.ch).

En temperaturloggare, som förses med lagom tyngd för att sakta sjunka ned (ca 1 h) i kollektorn och samtidigt registrera temperaturen. Med hjälp av ett motriktat flöde förs loggaren därefter åter upp till startpunkten (www.geowatt.ch).

6 Redovisning av utförda arbeten

6 a **Hammarby**. Sedan föregående möte har anläggningen kompletterats med fullstor flödesmätare på returledningen samt installation av nytt (KTHs eget) instrument för temperaturmätning på optokabel. Kalla sidan är nu färdigkopplad med möjlighet att växla flödesriktning i BH 2 (tre-slangskollektor) resp BH 3 (koax-kollektor).

José A presenterade uppmätta effektuttag i borrhål 2, 3, 4, 5 och 6. BH 4 (referenskollektor) och BH 5 (distanselement, system Avanti) visade mycket snarlika resultat, medan BH 6 (inv ytstruktur, system Muovitech) presterade aningen bättre vid medelhöga flöden. Resultaten finns på hemsidan, se punkt 6 f. José A hade även beräknat ett slags borrhålsresistans genom att betrakta den nedåtgående skänkeln respektive den uppgående som två separata värmeväxlare och beräknat värmeövergångsresistansen till borrhålsväggen (med logaritmisk temp-diff). Problemet är att borrhålsväggens temperatur ej är känd utan bara kan uppskattas.

José A hade även mätt tryckfallet över ovanstående kollektorer och då funnit att BH 6 visade påtagligt lägre tryckfall än de övriga kollektorerna och även lägre än beräknat. Diagram återfinns på hemsidan, se punkt 6 f.

6 b **Vega**. Endast ett av två borrhål är i drift, eftersom kollektorn dragits upp ur det ena.

6 c **Mariehäll**. Ny köldbärarpump är installerad och provkörd, men inga mätningar har utförts.

6 d **Flödesrigg**. Placerad i kulvert på KTH. Mätningar av tryckfallet vid olika flöden (rent vatten) utförda av examensarbetare, Lukas Schlichtmann, men mätningarna av de mycket låga trycken vid låga flöden, stördes av höjdskillnader mellan tryckuttagen samt sannolikt även av friktion hos en eller flera luftbubblor/vätskepluggar i slangen till tryckmätaren. Slangen (PEM

40x2,4) är 2x100 m med tryckuttag var 5:e meter. Slangstråket har en ca 15° krök nära returböjen.

6 e **Termosifon.** Kenneth W återkommer vid nästa möte.

6 f **Hemsida.** KTHs hemsida har fått ökat inslag av presentationer på engelska med hänvisning till att bättre tjäna som underlag vid internationella jämförelser mellan olika högskolor och universitet. Adress: www.energy.kth.se/energibrunnar. Lösenord som förut (kontakta José A om Du glömt).

7 Nära förestående arbeten

7 a **Hammarby.** Anläggningen har 6 borrhål och närmast förestår resterande installationer/kalibreringar av mätare, strömlinjeformning av datainsamling m m. Mätningar fortsätter. Data kan direkt överföras till KTH. José A antydde att temperaturmätning med optofiber kan ge en möjlighet att mäta bergets värmeledningsförmåga skikt för skikt.

7 b **Vega.** Anläggningen har 2 borrhål och närmast förestår transport av nya kollektorer och slangvinda till KTH för instrumentering. Anläggningen är kompletterad med solfångare, som kan ta över hela värmeförsörjningen sommartid. Även kvarvarande kollektor tas upp och borrhålsavvikelse, pumpprov m m utförs. Kollektorerna skall instrumenteras och en av dessa får den övre delen av uppåtgående skänkeln isolerad. Därefter monteras kollektorerna. Husägaren angelägen om att detta utförs snarast eftersom han önskar så gräs på platsen.

Olle H efterlyste vari nyttan låg att mäta borrhålsavvikelsen och fick svaret att man vill framförallt konstatera om hål går så nära varandra att de ger inbördes influens.

Avanti skulle vid tillfälle vilja visa metoder för att borra rakare borrhål.

7 c **Mariehäll.** Anläggningen har 7 borrhål och önskvärt att komplettera tidigare mätningar med försök vid högre flöden. Kan ej göras förrän ett någorlunda stort värmebehov uppstår.

7 d **Vår gård.** Konstaterades att vi har fått tillgång till data från anläggningen, men inga mätningar har ägt rum ännu.

7 e **Flödesriggen** i kulverten på KTH. Byte skall ske till propylenglykollösning för att få upp viskositeten och därmed få betydligt högre tryckfall vid samma Re-tal, som vid vattenförsöken. Höjdlägena för tryckmätningarna har trimmats för att minska tryckvariationerna p g a höjdskillnader. Anslutningen av tryckmätaren har modifierats för att eliminera luftbubblor/vattenpluggar i mätslangen. Problem med flödesvariationer kvarstår.

8 Prov i två borrhål hos Martin Thorén

Här skall vi prova dels Avantis borrhålsförlängare, dels Brage Bs idé med ytterslang kring ena skänkeln. Borrning förväntas ske i sommar. Borrhålen blir inte så djupa (djupet dock ej slutligt bestämt) och kan instrumenteras delvis med den skadade optokabeln från Hammarby.

9 Ledamöter i mätgruppen

Erik Granryd (professor emeritus) anmälades som ny ledamot i mätgruppen.

10 Övriga frågor

Inga övriga frågor anmälades.

11 Nästa möte

Beslöts att referens- och sponsorsgruppen träffas 2008-10-14 kl 10:00 på KTH.

Mätgruppen träffas 2008-06-10 kl 10:00 på KTH.

12 Mötet avslutades

Mötet avslutades och efter lunch gjordes studiebesök på anläggningen i Hammarby.

Palne Mogensen

Bilaga

Jämförelse mellan kollektorer med resp utan distansklämmor

Maria Ten Palomares presenterade sitt examensarbete: "Thermal Comparison of Two Borehole Heat Exchangers", i vilket hon jämför termiska prestanda hos två U-rörskollektorer utan resp med distansklämmor placerade i varsitt borrhål i Hammarby (BH 4 resp 5). Temperaturen mättes i kollektorerna med optisk kabel samt med termoelement i ett antal mätpunkter. Optokabel fanns även placerad utvändigt i resp borrhål för mätning av borrhålsvattnets temperatur.

Försöken genomfördes vid tre olika flöden svarade mot Re-talen ca 2600, 3600 resp 4000. Resultatet blev att värmeupptagningen vid lika flöden och inloppstemperatur var till synes i praktiken lika inom ett par procent. Temperaturen på borrhålsvattnet redovisades för en driftperiod vid det högsta flödet och befanns vara drygt 1 K högre i BH 4 (referenskollektor) än i BH 5 (med distansklämmor). Spridningen mellan mätpunkterna var dock stor. Om detta är en reell effekt är prestanda bättre för kollektorn med distanselement. Tyvärr gjordes mätningen av temperaturen i borrhålsvattnet under pågående effektuttag och eftersom optofibers läge är obestämt i borrhålet kan man ej veta var i det (pseudo-) radiella temperaturfältet, som temperaturen mäts. Förklaringen till temperaturdifferensen mellan borrhålen skulle kunna vara att optofibern i BH 5 var tejpad till ena kollektorslangen medan den däremot var frihängande i BH 4. (Skr. anm: Väsentligt med en djupare analys av detta. Går det att få fram data för kollektorn när den vilat 20 min eller mer? Data från termoelement bör jämföras med optofiberdata. Spridning i data från optofibrer bör vara betydligt mindre när anläggningen fått vila.) Systematiska avvikelser mellan termoelement och optofiber verkade föreligga framförallt i den uppåtgående skänkeln i BH 5.

Vid diskussionen framfördes, som förklaring till att distansklämmorna (cc = 53 mm, avsedda för 105 mm borrhål) ej gav bättre resultat, att dessa gav en för liten separation mellan slangarna i relation till borrhålsdiametern, ca 145 mm i detta försök. Klämmorna var också placerade med stort avstånd inbördes (2 m ned till 55 m, därefter 3 m intervall), vilket gav slangarna stor rörelsefrihet mellan klämmorna.

Det kan också noteras, vilket Göran H tidigare påpekat, att vid tillräckligt lågt flöde blir temperaturgradienten i längdled negativ i returskänkelns övre del. Detta svarar mot att värme flödar ut ur slangarna.

Palne Mogensen

Till ledamöterna i Mätgruppen

Minnesanteckningar

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Mätgruppsmöte, 2008-06-10

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Kent Hansson, Geosigma AB
Peter Hill, handledare, KTH
Erik Granryd, prof em
Björn Kyrk, Cooly AB
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Björn Palm, examinator och proj-ledare, KTH

Förhindrade:

Brage Broberg, Brobergs Brunnsborring
Olle Hellman, Avanti System AB
Göran Hellström, LTH
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Sam Johansson, Hydroresearch
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Åke Melinder, forskare, KTH
Martin Thorén, Thorén Energiprodukter
Kenneth Weber, ETM Kylteknik

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Utsänd föredragningslista godkändes. Palne M åtog sig att föra minnesanteckningar.

2 Minnesanteckningar

Inga kommentarer gjordes till minnesanteckningarna från föregående möte, 2008-03-04.

3 Flödesrigg

En student från USA, Jackson Mason, vill delta i ett projekt under en månads tid och är intresserad att göra mätningar på flödesriggen i KTH-kulverten. José A visade ett förbättrat tryckuttag med ett litet nivåutjämningskärl, där nivån skulle avläsas på ett graderat vattenståndsrör i form av en plastslang. Fanns farhågor om att slangen skulle ge samma problem som tidigare med friktion i meniskerna, men denna gång blir det åtminstone bara en menisk. Diskussion om svaj i tryck och flöde. Spelar slangens elasticitet in på något sätt? Beslöts att genomföra provserier för att se om den nya lösningen fungerade. Mätinstrumentet har en upplösning av 100 Pa (10 mm vp). Önskvärt att få en bra mätserie med vatten innan vi går över till propylenglykol.

Jan-Erik N hade förgäves försökt lyssna sig fram till turbulens med ”stetoskop” och efterlyste andra metoder.

4 Termosifon

Kenneth W har fått ett rörprov från Outokompo avsett för 1-rörs-termosifon. Röret är försett med en invändig helixformad rilla (skruvgänga), som skall få den nedgående vätskan att väta hela rörytan. Oklart hur röret egentligen ser ut.

En exjobbare, Alba Domingo, har gjort ett beräkningsprogram för tvåfasflöde. Med detta kunde hon visa att Kenneth W's termosifon med ett yttre helix-rör för det uppåtgående gas/vätske-flödet hade alldeles för stort flödesmotstånd för att kunna fungera. Programmet går troligen inte att använda för 1-rörs-termosifoner. Kruse i Tyskland har kommersialiserat en 1-rörstermosifon liknande den från Outokompo. Frågan togs upp om Kruse skulle inbjudas att sponsra projektet för att kunna få erfarenhet av skandinaviska tillämpningar, men inget beslut togs.

5 Hammarby

5a. Mätningar. José A redovisade en jämförelse av uteffekten från BH2 (3-rörskollektor), BH4 (referenskollektor), BH5 (2-rörskollektor med distanselement) samt BH6 (2-rörskollektor med invändiga räfflor, system Muovitech). Mätningar hade utförts vid 3 olika flöden: 1,5; 1,8 och 2,5 m³/h. Som väntat ökade effekten med ökande flöde och notabelt var att BH2 presterade något sämre än övriga samt att BH6 var påtagligt bättre vid de två lägsta flödena. För BH2 bör man ha i åtanke att slangarna har godstjocklek 3,7 mm jämfört med övriga kollektorer, som har 2,4 mm. Diskuterades vilken flödesregim, som råder vid det lägsta flödet. Palne M påpekade att enligt litteraturen stabiliseras laminär vätskeströmning av värmeförsel genom rörväggen.

Tryckfallen i de olika kollektorena hade mätts och jämförts med beräknade värden. Som väntat stiger tryckfallet kraftigt med ökande flöde, men anmärkningsvärt var att de mätta tryckfallen i BH6 var lägre än de beräknade för de två lägsta flödena. Större delen av resultaten kommer att presenteras i en uppsats: "Experimental Results of Four Borehole Heat Exchangers" av José A och Björn P.

Diskussion kring mätresultaten och det ifrågasattes om mätfel kunde föreligga för BH6. Rekommenderades att kontrollera mättekniken och framförallt flödesmätningen.

Vid jämförelse av temperaturregistreringarna i de olika hålen uppvisade termoelementet i botten på BH6 betydligt kraftigare brus än övriga bottenplacerade termoelement. Orsaken bör fastställas.

José A visade en flertimmarsregistrering för samtliga termoelement i BH4. Den visade synkrona variationer, vilket tyder på yttre störningar från en gemensam störkälla och problem med kalla lödstället nämndes som en möjlig orsak. Om variationerna härrört från köldbäraren borde de ha varit tidsförskjutna med vätskans löptid mellan mätpunkterna. Kent H nämnde att de ibland haft problem med jordströmmar. Lämpligt att göra en översyn av mätupställningen, härleda orsakerna till störningarna och om möjligt eliminera dessa.

José A redovisade temperaturmätningar från optokablarna i borrhållsvattnet utanför kollektorn under pågående värmeuttag samt för återhämtningsperioden upp till 35 minuter efter stopp. Grafen visade på mycket stora variationer, som dock minskade under återhämtningen. Föreslogs att visa ett rullande medelvärde över säg 10 punkter för att få en klarare bild av temperaturens variation i borrhållsvattnet mellan olika mätserier. Jan-Erik N undrade om det vore möjligt att med någon statistisk metod plocka ut punkter med hög resp låg temperatur ur samma mätserie för att få en uppfattning om temperaturfördelningen i borrhållsvattnet. Samhörande punkter skulle då motsvara likvärda lägen för optokabeln i borrhållsvattnet. José A visade även en temperaturkurva på borrhållsvattnet innan anläggningen körde igång. Denna kurva har ett mycket litet brus, vilket pekar mot att spridningen ovan beror på varierande läge hos optokabeln.

5b. Värmeväxlare från Alfa Laval. Tommy N meddelade att han kontaktat Alfa Laval med inbjudan att sponsra projektet med en eller ev. två värmeväxlare för växlingen mellan kaliumkarbonatlösningen och den övriga köldbärarkretsen för BH1. Tommy har inte ännu fått iväg en skriftlig inbjudan till dem att sponsra projektet.

6 Vega

En tidplan presenterades och godkändes. Enligt denna sker transport till Vega och slangläggning 2008-06-24 efter instrumentering på KTH. Avvikelsemätningar görs under mellantiden. José A hade gjort en enkel mätning av vattenflödet i ett borrhål och funnit att detta var mycket lågt. Resultat från termisk responstest skall komma från Göran Hellström. Andra mätningar bedöms ej erforderliga. Avanti-klämmor finns tillgängliga med ökat avstånd mellan slangarna (38 mm). Borrhålen har 140 mm diameter och 220 m djup. Klämmorna placeras med 1 m intervall och tejpas på plats (sades vara bättre än buntband. Nito eltejp rekommenderades).

Tommy N presenterade ett dokument: "Några tankar kring instrumenteringen av borrhål i Vega". Diskussion om bestyckning av slangarna.

I BH1 (med Avanti-klämmor) placeras 7 termoelement, med 2 vardera, instuckna på 10 m, 40 m, 130 m och 1 termoelement ca ½ m ovanför returböjen på ca 220 m.

BH2 förses med 30 m isolation på den översta delen av returskänkeln.

Önskemål om att ha helt ostörda förhållanden i slangarna.

12 termoelement placeras enligt följande:

På nedåtgående skänkel ett termoelement utvändigt på 10 m. Därefter utvändigt på båda skänklarna:

2 termoelement på 30 m, 2 termoelement på 120 m, **2 termoelement på 160 m.**

2 termoelement på 200 m och 1 termoelement och 1 instickelement ca ½ m efter returböjen i flödesriktningen, samt 1 instickelement i underkant på den isolerade delen av returskänkeln.

Motivet för dessa placeringar är att instickelementen hamnar i områden där flödet i alla fall är stort.

[Ovanstående innebär smärre justeringar av vad som sades på mötet.](#)

7 Mariehäll

Noterades att den större brinepumpen är installerad och att mätningar kan påbörjas först i höst när värmebehov uppstår.

8 Prov i två borrhål hos Martin Thorén

I denna anläggning skall dels intern pumpcirkulation testas i borrhål enligt Brage B's förslag samt Avantis borrhålsförlängare. Kollektorerna bestyckas med optisk fiberkabel för utvändig mätning i borrhålen.

9 Övriga frågor

Inga övriga frågor togs upp.

10 Nästa möte

Beslöts att nästa möte i mätgruppen hålls tisdagen 2008-08-26 kl 10.00 på KTH.

Palne Mogensen

Till sponsorer och referensgruppsledamöter

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Sponsors- och Referensgruppsmöte, 2008-10-14

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Jens Eriksson, Thermia AB
Jim Fredin, IVT AB
Björn Giertz, SEEC
Göran Hellström, LTH
Peter Hill, handledare, KTH
John Ljungqvist, Uponor
David Kroon, Nibe
Björn Kyrk, konsult, Cooly AB
Måns Larsen, Brunata
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Björn Palm, examinator och proj-ledare, KTH
Peter Platell, Ranotor
Martin Thorén, Thorén Energiprodukter AB
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eufreftec AB
P A Toernsaeter, Viessmann Värmeteknik AB

Martin Forsén, SVEP
Eric Granryd, professor em
Kent Hansson, Geosigma AB
Mats Helander, SWECO
Olle Hellman, Avanti System AB
Bo Jansson, Avanti System AB
Gustav Jansson, SWECO
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Sam Johansson, Hydroresearch AB
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Lars Larsson, Aska Rör
Roger Lasser, Högalids Elektriska
Dan Magnusson, Extena AB
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Bosse Nordell, LTU
Ove Platell, Lowte
Claus Schön Poulsen, DTI, Danmark
Branko Simanic, SWECO
Bengt O'Wallin, Energiprojektering AB
Johan Wasberg, Merinova, Finland

Förhindrade:

Per Backlund, COMSOL
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Rickard Granath, Uponor Infrastruktur

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Utsänd agenda godkändes. Palne M utsågs att föra anteckningar. Mötesdeltagarna presenterade sig kortfattat.

2 Minnesanteckningar från föregående möte 2008-05-27

Inga kommentarer och inga ändringar.

3 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer samt kostnader

Björn P påminde om att det är mycket viktigt att vi redovisar nedlagd tid och kostnader i rätt tid. Några har fortfarande inte gjort detta för första kvartalet och vi ligger f n under budget för industrins bidrag. Energimyndigheten släpper inte till mer medel än vad som motsvaras av industribidraget. Projektet riskerar således att fördröjas p g a brist på medel. Alla som inte rapporterat t o m kvartal 3 ombedes därför göra detta snarast.

4 Redovisning av utförda arbeten

4a. Hammarby. På Gustav Lorentzen-konferensen i Köpenhamn, 7-10 september, presenterade José A mätningar av tryckfall och beräknad termisk borrhålsresistans för 4 kollektorer: BH2 (3-slang, 40x3,7), BH4 (U-rör 40x2,4 med inv optofiber), BH5 (U-rör 40x2,4 med inv optofiber och Avanti-klämmor, cc-avstånd 53 mm, distans mellan klämmor 2m ned till 55 m, därefter 3 m) samt BH6 (Muovitech, U-rör special 40x2,4). Rapporten finns på projektets hemsida. Förvånande är det låga strömningsmotståndet för kollektorn i BH6 och José A har därför kontrollerat flödesmätare och tryckmätare och dessa har befunnits ligga inom toleranserna. José A visade även detaljstudier av tryckfall och värmeöverföring för 3-slangskollektorn med strömningsriktning nedåt i en slang. Eftersom väggtjockleken är större (3,7 mm) än i övriga kollektorer, presenterades diagram där korrektion gjorts för den större väggtjockleken.

Av mätningarna framgår att Avanti-klämmorna inte innebar någon nämnvärd minskning av borrhålsresistansen. Vid diskussionen framfördes, som förklaring till att distansklämmorna ej gav bättre resultat, att dessa gav en för liten separation mellan slangarna då klämmorna egentligen är avsedda för 105 mm borrhål, medan vi här har ca 140 mm. Klämmorna var också placerade med stora avstånd, vilket gav slangarna stor rörelsefrihet mellan klämmorna. Nytt försök med klämmor med större cc-avstånd och tätare placering kommer att göras i Vega, se punkt 4b.

För att få en uppfattning om ökningen av strömningsmotståndet p g a optofibern, kördes jämförande cirkulationsprov i det ena av de båda U-rören i BH1. Av resultaten framgår att optofibern ökar strömningsmotståndet med ca 10 %. Kollektorn i BH6 har även i jämförelse med BH1 något lägre tryckfall.

Eftersom vi känner det ostörda bergets temperaturfördelning mot djupet är det möjligt att beräkna lokala borrhålsresistanser separat för varje skänkel mellan mätpunkterna. José A visade ett diagram från BH4 där tendensen var att borrhålsresistansen ökade ju högre upp i borrhålet man kom. Detta är troligen en effekt av den termiska shuntningen mellan skänklarna.

4b. Vega. De två hålen kallas för BH7 resp BH8 och är 220 m långa. José A visade diagram över avvikelserna från lodlinjen för hålen. De är ansatta intill varandra i markytan med 2,4 graders vinkel mellan hålen. På 50 m djup är avstånden mellan hålen ca 4 m och de kommer således att interferera termiskt med varandra i den övre delen (sekr anm). De är betydligt rakare än i Hammarby.

Diskussion om möjligheten att öka borrhålsprecisionen. En uppgift gavs om att en högsta avvikelse av ± 5 m på 200 m hållängd skulle kunna åstadkommas till en merkostnad av 1 kr/m.

Kollektorerna är satta och i BH7 finns 9 invändiga mätpunkter och i BH8 13 mätpunkter, varav 9 utvändiga. För det senare borrhålet har stor omsorg lagts på att värmeisolera de utvändiga mätpunkterna med isolering av glas-skum (foamglass), som skall kunna tåla det hydrostatiska trycket och dessutom har slutna porer så att även om vatten läcker in i den utvändiga krympslangshylsan, som omger isoleringen, skall denna fortfarande vara intakt. De översta 25 m av den uppåtgående skänkeln består av ett kulvertrör från Extena med cellplastisolering av PE med slutna porer. Ytterst ett slätt hölje av PE.

Instrumentering i pannrum pågår och en extra tryckstegringspump, utöver befintlig pump, kommer att installeras i kollektorkretsen för att kunna utföra mätningar upp till ca Re 10 000.

Flödet genom värmepumpens förångare regleras genom att önskat tryckfall stryps in med en ventil på förbigångsledningen.

Kollektorn i BH7 har monterats med Avanti-klämmor där cc-avståndet mellan slangarna har ökats till 78 mm och distansen mellan klämmorna minskats till 1 m. Borrhållets nominella diameter är i Vega, liksom i Hammarby, 140 mm.

4c. Mariehäll. Inga nya mätningar utförda p g a tidsbrist.

4d. Kulvert, KTH. Inga nya mätningar har gjorts.

4e. Termosifon. En tredje variant av kollektor har nu provats och fungerar tillfredställande. Djupet är begränsat till 30 m och fallröret i centrum består av ett isolerat 7/8" köldmedierör. Den stigande delen består av två parallella Cu 28 rör, som bildar en dubbel helix (skruv) runt fallröret. Kenneth W presenterade temperaturkurvor från utvändiga mätpunkter på stigarrören vid en belastning av ca 1,5 kW. Framgick att temperaturerna ligger under fryspunkten och blir som lägst mellan -10 och -15 °C. Diagrammen kommer att finnas på hemsidan.

Diskussion om risken för att kopparrören kläms ihop av tjälskjutningen vid frysningen. Finns rapporter om att sådana skador har observerats i liknande installationer.

4f. Hemsida. KTH har bestämt att alla hemsidor skall ha ett gemensamt format och omläggning av hemsidorna pågår. José A är klar med ändringen av projektets hemsida, men denna kan alltså inte läggas ut förrän hela omläggningen är klar. Beräknas vara genomfört inom några veckor. Vi återkommer då med inloggningsuppgifter m m.

5 Nära förestående arbeten

5a. Hammarby. Den koaxiala kollektorn i BH3 ska kopplas in och utvärderas med cirkulation i båda flödesriktningarna.

José A presenterade möjligheten att göra responstest på olika djup i borrhålet m h a optofibern. Denna skall då användas för temperaturmätning samt bestämning av den lokala värmeförlusten. Om försöket blir framgångsrikt bör värdefull information kunna erhållas om bl a det termiska shuntflödet. Resultaten skall jämföras med tidigare konventionella responstest.

Ena U-röret i BH1 skall testas med kaliumkarbonat-lösning som köldbärare via en separat värmeväxlare. Svårt att få tag på kaliumkarbonat, 150 kg behövs, men endast 75 kg finns på lager i dag. Flera månaders leveranstid för resten. Diskussion om prov borde göras med andra saltlösningar, såsom kaliumacetat, kaliumformiat och liknande. Fördelen med salter är att viskositeten är betydligt lägre än för exempelvis spritlösningar. Därigenom kan höga Re-tal erhållas utan att flödet och därmed pumparbetet blir besvärande högt. Skillnaden mellan de ovannämnda salterna är dock liten och ur termodynamisk synpunkt är det knappast påkallat att göra försök med andra salter. Påpekades att kaliumkarbonat har stor förmåga att läcka i kopplingar, är frätande (högt pH), speciellt för ögonen och är inkompatibelt med många metaller. Låderskor far illa och blir ibland damsker. Å Melinder J Berendson m fl har gjort korrosionsförsök (BFR-rapport nr R18:1989)

5b. Vega. Temperaturgivare upptill på slangkollektorerna skall monteras och instrumenteringen färdigställas.

5c. Mariehäll. Genom att den stora brinepumpen nu är på plats kan cirkulationspumparna till värmepumparna minskas i storlek.

5d. Vår gård. Vi skall börja bearbeta mätvärden när vi erhållit mer erfarenhet från egna anläggningar. Kan också bli önskvärt att göra smärre ändringar i installationen för speciella undersökningar.

5e. Kulvert, KTH. Fortsatta försök kommer att köras med propylenglykollösning och förslag framfördes att göra denna extra "fet" för att få extra höga tryckfall även vid laminärt flöde.

6 Prov i två borrhål hos Martin Thorén

Hålen ej borrade ännu. I båda borrhålen gäller det att öka värmeöverföringen mellan borrhålsvägg och kollektor; i det ena fallet med hjälp av en extra slang med cirkulationspump i borrhålet och i det andra fallet genom att det ena skänkeln på kollektorn omges av en ytterstrumpa, genom vilken borrhålsvattnet cirkuleras. Diskussion om i vilken mån naturlig konvektion förekommer i borrhål. Göran H rapporterade att effekter av naturlig konvektion blir påtagliga när värme tillförs kollektorerna. I Infracity kan brinetemperaturen nå 35 °C och då är bidraget från den naturliga konvektionen fullt märkbart. Vid värmeuttag, då borrhålsvattnet kommer att ha temperaturer nära täthetsmaximum, är förmodligen bidraget från naturlig konvektion försumbart. Martin T får med sig optofiber för installation i kollektorerna.

Naturlig konvektion kan yttra sig på två sätt: Först och främst genom att en vattencirkulation uppstår på grund av temperaturskillnaden mellan slang och borrhålsvägg. De geologiska förhållandena kan även vara sådana att ett i princip slutet spricksystem står i kontakt med borrhålet och ökar värmeöverföringen genom konvektion i detta spricksystem.

Påtvingad konvektion kan förekomma om ett grundvattenflöde passerar genom borrhålet, som innebär att nedkyllt (uppvärmt) borrhålsvatten bortförs. Göran H varnade för misstaget att tro att grundvattenflöde kan ge ett stort bidrag bara för att borrararen träffat på en vattenförande spricka.

Försök med olika kollektorer har utförts för länge sedan i ett simulerat borrhål av 3 m längd vid LTH. Göran H lovade att skicka referenser till tillhörande rapporter.

7 Ledamöter i mätgruppen

Inga nya medlemmar anmälde sitt intresse att delta i mätgruppens möten.

8 Nästkommande möten med grupperna

Beslöts att mätgruppen sammanträder 2009-01-20 kl 10.00 på KTH.

Beslöts att sponsors- och referensgruppen möts 2009-03-10 kl 10:00 på KTH.

Till Mätgruppsledamöterna

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Mätgruppsmöte, 2009-01-20

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Kent Hansson, Geosigma AB
Göran Hellström, LTH
Peter Hill, handledare, KTH
Bo Jansson, Avanti System AB
Björn Kyrk, konsult, Cooly AB
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Björn Palm, examinator och proj-ledare, KTH
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eureftec AB

Förhindrade:

Eric Granryd, professor em
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Sam Johansson, Hydroresearch AB
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Åke Melinder, forskare, KTH
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Martin Thorén, Thorén Energiprodukter AB

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Utsänd agenda godkändes efter tillägg av 5d Programmeringsproblem i Hammarby. Palne M utsågs att föra anteckningar. Mötesdeltagarna presenterade sig kortfattat.

2 Minnesanteckningar från föregående mätgruppsmöte 2008-06-10

Inga kommentarer och inga ändringar.

3 Flödesrigg i kulvert, KTH

José A redovisade KTH Energiteknik-rapport nr 5000 i utkast med preliminära resultat från mätningar på flödesriggen i KTH-kulverten efter byte till viskösare vätska. Riggen består av en ca 220 m lång plastslang, PEM 40x2,4 mm, med en returböj på mitten. Riggen drivs av en cirkulationspump och innehåller reglerventil, bubbelavskiljare och filter. Det statiska trycket i riggen hålls konstant genom ett öppet expansionskärl.

För att få hög viskositet (och därigenom bättre noggrannhet i tryckfallsmätningen) cirkuleras en 32 % (vikt) propylenglykollösning. Tryckmätning utförs längs slangen på var 5 m med en tryckmätare med uppgiven noggrannhet $\pm 0,05$ % av fullt utslag (200 kPa). Försök har gjorts vid sju olika flöden med Re-tal från 1 546 till 6 880. Ett par av försöken hade dessutom repeterats. José A visade diagram över tryckfördelning längs slangen samt uppmätt tryckfall jämfört med beräknat för laminärt respektive turbulent flöde. En livlig diskussion uppstod om övergången från laminär till turbulent strömning som funktion av Re-talet (fig 9 och 10 i rapporten) samt returböjens inverkan utöver att alstra ett engångsmotstånd. Diskussion om felkällor. Bland annat påpekades att en homogen blandning knappast kan åstadkommas på annat sätt än att cirkulera flödet genom ett större (öppet) kärl.

Beslöts att köra ytterligare ett försök vid $Re=1000$ samt att göra en förbättrad felanalys.

Mätgruppen ombads att inkomma med kommentarer till rapporten. De, som vill ha tillgång till originaldata, kontaktar José A.

4 Termosifon

Kenneth W kunde rapportera att en 65 m djup termosifon för CO₂ nu fungerar tillfredställande sedan en månad. Består av ett U-rör med nedåtgående delen av Cu 22x1,0 mm med Prisol-isolering och den uppåtgående av ett rakt, oisolerat rör Cu 28x1,0 mm. En optofiber är tejpad med sin nedåtgående part på Cu 28-röret och med den uppåtgående parten hängande fritt.

José A redovisade temperaturmätningar där det framgick att vid stationär drift värms vätskan under de första ca 25 m i uppåtgående skänkeln. Därefter sker en successiv förångning de sista 40 m upp till markytan. Kyleffekten är 3,5 kW och den lineära medelbelastningen således drygt 50 W/m. Diagram över start- och stoppförlopp visades och diskuterades. Risken för att röret skulle klämmas ihop p g a isbildning ansågs liten, eftersom det invändiga trycket är högt, ca 3 MPa (30 bar). Ansågs intressant att få fram en jämförelse med en konventionell värmekollektor och exempelvis se vilken besparning som uppnås genom att cirkulationspumpen för köldbäraren bortfaller.

5 Hammarby

5a Mätningar. Inga mätningar har utförts sedan föregående möte. På MuoviTechs hemsida redovisas våra mätresultat över tryckfall och värmeupptagning.

5b Termisk responsmätning. José A redovisade den kompakta utrustning för termisk responsstest, som byggts vid institutionen. Anläggningen innehåller flödes- och energimätare (Brunata), cirkulationspump, elkassett och ett litet expansionskärl.

Resultat från första mät försöket på BH 4 redovisades och preliminärt erhöles för bergets värmekonduktivitet, 2,84 W/(mK) resp för den specifika borrhålsresistansen, R_b , 0,065 Km/W, vilka båda avviker markant från Göran Hs resultat från det intilliggande BH 5 med 3,63 W/(mK) resp 0,079 Km/W.

Vid utvärderingen visade det sig att dålig överensstämmelse föreligger mellan termoelementen i slangen, mätvärden från optofibern i slangen och Brunatans Pt 500-givare. Rekommenderades att, enligt praxis, de senare förses med kontaktpasta i dykrören. Göran H var bekymrad över att BH 4 tidigare använts för värmeuttag under lång tid och fruktade att detta tidigare uttag kunde störa baslinjens temperaturförlopp vid försöket. Det låga värdet på borrhålsresistansen R_b , på 0,065 Km/W kan indikera att en störning föreligger i mätningen. Det finns en koppling mellan bergets värmekonduktivitet och borrhålsmotståndet. Om ett mätfel leder till låg värmeledningsförmåga leder felet oftast även till ett för lågt R_b .

Göran H nämnde att praxis har blivit att man slopar alla mätvärden de närmaste 15 timmarna efter effektpåläggning. (Vi slopade de första 11 timmarna i denna vår första utvärdering).

5c Kaliumkarbonat. Den mesta utrustningen finns nu på plats med kaliumkarbonat i tillräcklig mängd, värmeväxlare och erforderliga kopplingar. Dock fattas cirkulationspump för sekundärkretsen.

5d Programmeringsproblem. Brage B anmälde att det förekommit klagomål över kalla lägenheter i Hammarby. Problemet kan härledas till att en felaktig värmekurva blivit inprogrammerad på värmepumpen. Det är viktigt att, om någon programändring utförs vid experimenten, vi återställer och kvitterar det ursprungliga programmet med rätt värmekurva. Så vitt bekant har endast tre personer tillgång till värmepumpsrummet: José A, Brage B och Mikael N. Hyresgästerna uppfattar därför att problemen sammanhänger med KTHs mätningar. Beslöts att logga framledningstemperaturen för att kunna klarlägga vid vilka tidpunkter värmekurvan ändras. KTH-folket bör journalföra besök vid anläggningen och vad som gjorts. Föreslogs att ge hyresgästerna någon lämplig present som kompensation för utståndna lidanden.

6 Vega

6a Mätutrustning. All mätutrustning är nu på plats och inkopplad, men elförsörjning ej fast ansluten. Vid förberedande mätningar upptäcktes att då och då återkommer perioder med mycket kraftiga störningar under ca 10-30 sekunder. Störningarna är ej synkrona på de olika kanalerna. Loggern är bytt, men störningarna kvarstår. Som kallt lödställe används ett kopparblock med Pt-givare och föreslogs att byta även detta. Kent H nämnde att de ofta stöter på störande jordströmmar vid sina fältmätningar. Tåg och tunnelbana befinner sig båda på stort avstånd. Ytterligare tips mottages tacksamt.

6b Separat borrhålskrets. Omkoppling till separat borrhålskrets är utförd.

6c Extra pump för höga flöden. Tommy N önskar bli involverad i projektet för att få kopplingen gjord så att både den vanliga pumpen och extra pumpen startar på kommando från värmepumpen. Båda förses med arbetsbrytare så att normalt endast en i taget skall kunna vara i drift.

7 Mariehäll

I och med att köldbärarkretsen har en egen pump, som går igång när båda värmepumparna arbetar, blir erforderlig tryckuppsättning på värmepumparnas ordinarie köldbärarpumpar nästan obefintlig. Dessa har därför bytts till en mindre storlek.

Önskvärt att mätningar hinner utföras innan vintern är över och drifttiderna blir för korta. Bör göras senast i februari.

8 Prov hos Martin Thorén

De två borrhål, som skulle utrustas med Avantis borrhålsförlängare respektive Brages ytter slang kring ena skänkeln, har inte borrats ännu. Borrningen kommer att utföras i sommar. Anläggningen förses med optokabel för temperaturmätning.

9 Inklätt hål på Lidingö

För ett enfamiljshus på Lidingö installeras nu en anläggning med ett 190 m djupt hål där detta kläs in med en plaststrumpa (PEMTECs Energikapsel) och förses med ett innerrör för cirkulation av köldbärare. Strumpan består av ca 0,5 mm tjock polyetenslang med nominell diameter 114 mm, som levereras veckad till platt form på en liten rulle. Efter sättning "blåses" slangen upp med vatten så att den ligger an mot borrhålsväggen. Den inre slangen utgörs av en isolerad PEM 40x2,4 mm utan anordningar för centrerings (dock försågs den i sista minuten med 10 st 1,2 m långa PEM 50x2,0 mm slangbitar, som en enkel isolering). Slangarna sattes 2009-01-19 i närvaro av José A och arbetet gick mycket enkelt och galant.

En dubbel optokabel placerades mellan strumpan och berget, samt en invändig optokabel, som går ned igenom det inre röret och upp i det annulära mellanrummet utanför detta.

Framkom att Bo J hade en egen liknande anläggning, som sattes för någon månad sedan i ett 100 m hål. Foderröret försågs här med ett invändigt plaströr för att ge ungefär samma diameter som borrhålet och därigenom undvika spänningar i strumpan. Plaströret skyddar även mot ev grader vid foderrörets nederkant. Den inre slangen utgörs av en isolerad 65 mm (utvändig diameter) slang av Uponors tillverkning med korrugerad utsida. Nederändens isolering är tätad med krympslang. I övrigt inget gjort för att hindra isoleringen från att utsättas för det hydrostatiska trycket. Inte heller denna innerslang är centrerad.

Göran H påpekade att en excentrisk innerslang ger väsentligt sämre värmeövergång mot yterslangen i det laminära fallet, vilket torde vara det som gäller. Borde därför vara ett starkt önskemål att innerslangen centreras i hålet. José A visade bilder från installationen. Ytterstrumpan sades kosta ca 40 kr/m.

Göran H nämnde att inklädda borrhål utförts tidigare; i allmänhet med tveksamt resultat. Trelleborg har testat gummislang i åtminstone en stor anläggning, varvid en betydande andel läckte efter installation. Vid Stocksundstorp, strax norr om Stockholm, finns en anläggning med ca 100 hål, som övergavs. Försök har även gjorts med armerad gummislang, typ brandslang, med okänt resultat.

10 Övriga frågor

Inga övriga frågor behandlades.

11 Nästa möte

Sponsors- och referensgruppen möts som tidigare bestämts onsdagen den 2009-03-04 kl 10:00 på KTH

Beslöt att mätgruppen sammanträder onsdagen den 2009-04-29 kl 10:00 på KTH.

Palne Mogensen

Till sponsorer och referensgruppsledamöter

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Sponsors- och Referensgruppsmöte, 2009-03-04

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborring
Jens Eriksson, Thermia AB
Jim Fredin, IVT AB
Rickard Granath, Uponor Infrastruktur
Eric Granryd, professor em
Peter Hill, handledare, KTH
Bo Jansson, Avanti System AB
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Sam Johansson, Hydroresearch AB
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
John Ljungqvist, Uponor
Björn Kyrk, konsult, Cooly AB
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Peter Platell, Ranotor
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eu-reftec AB
Johan Wasberg, Merinova, Finland

Björn Giertz, SEEC
Kent Hansson, Geosigma AB
Mats Helander, SWECO
Olle Hellman, Avanti System AB
Göran Hellström, LTH
Gustav Jansson, SWECO
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
David Kroon, Nibe
Måns Larsen, Brunata
Lars Larsson, Aska Rör
Roger Lasser, Högalids Elektriska
Dan Magnusson, Extena AB
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Bosse Nordell, LTU
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Björn Palm, professor KTH, handledare
Ove Platell, Lowte
Claus Schön Poulsen, DTI, Danmark
Branko Simanic, SWECO
Martin Thorén, Thorén Energiprodukter AB
P A Toernsaeter, Viessmann Värmeteknik AB
Bengt O'Wallin, Energiprojektering AB

Förhindrade:

Per Backlund, COMSOL
Martin Forsén, SVEP

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Utsänd agenda godkändes. Palne M utsågs att föra anteckningar.

2 Minnesanteckningar från föregående möte 2008-10-14

Inga kommentarer och inga ändringar.

3 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer samt kostnader

Det är mycket viktigt att vi redovisar nedlagd tid och kostnader kvartalsvis i rätt tid. De av Er som ligger efter av någon anledning kan reparera försyndelserna i samband med redovisningen av 1:a kvartalet 2009 vid mars månads utgång. Även äldre hittills oredovisade bidrag kan tas upp.

4 Redovisning av utförda arbeten

4a. Hammarby. José A presenterade mätresultat från ett fördelat responstest på BH 4 i Hammarby i december 2008. Temperaturfördelningen längs hålet under ostörda förhållanden, under precirkulation resp vid värmestillförsel visades. Vid ett konventionellt responstest antas hålets medeltemperatur vara lika med medelvärdet in/ut vid markytan. Som framgick av kurvorna kan den sanna medeltemperaturen vara påtagligt lägre. Temperaturmätningarna med optofiber fungerade mycket bra, dock med en liten störning vid 170 m i uppåtgående rör. En rapport är inlämnad och skall presenteras vid EFFSTOCK i Stockholm i mitten på juni 2009.

4b. Vega. Hålen är färdiga och instrumenterade för mätningar. I ena hålet har U-slangen försetts med Avanti-klämmor med större cc-avstånd (78 mm) och tätare placering.

4c. Mariehäll. En ny större cirkulationspump finns nu monterad och ett mätprogram har påbörjats för att bli verifiera Maral Kassabians tidigare mätresultat. Mät hålet är avstängt och skall nu återhämta sig för kontroll av överensstämelsen mellan termoelementen parvis på olika djup.

4d. Kulvert, KTH. Inga nya mätningar har gjorts.

4e. Termosifon. Anläggningen har varit i full drift någon månad. Den har betydligt mindre kapacitet än husets värmebehov och går därför med full effekt hela tiden. Anläggningen består nu av ett nedåtgående rör Cu 22 med Prisol-isolering (massiv polyten) och ett uppåtgående rör Cu 28. I sammankopplingspunkten nedtill finns en smutsfångare. En optokabel är tejpad med ca 0,2 m delning på det uppåtgående röret. José A visade typiska temperaturkurvor för hålet i drift.

4f. Lidingö, koaxialkolektor. På en villatomt på Lidingö pågår en installation av en koaxialkolektor i form av en tunn strumpa (grön polyten slang, prov cirkulerades på mötet), som skall ligga an mot borrhålets vägg. Strumpan är tillsluten i botten och belastas med tyngd på sedvanligt sätt. Efter installationen fylls strumpan med vatten så att den sluter an mot borrhålets vägg. Genom ett inre rör (PEM 40 x 2,4) matas köldbäraren ned till hålets botten. Hålet är 190 m djupt och instrumenterat med en optokabel mellan strumpan och hålväggen samt en optokabel i inner-röret som går upp igen i mellanrummet mellan detta och strumpan. Innerröret är inte centrerat och inte isolerat. José visade foton från installationen.

PEMTEC utvecklade strumpan primärt för att möjliggöra borring i grundvattenskyddade områden. Ett U-rör sätts då på vanligt sätt i borrhålet och strumpan hindrar grundvattnet från att förorenas vid köldbärläckage.

I en motsvarande anläggning i Göteborg (Bo J) har innerröret (PE 40 x 3,6) Uponors korrugerade isolering, som nedtill försetts med krympslang för avtätning. Innerröret centreras med ett polytenrör som lindas i en helix (skruv) runt centralslangen. Detta borrhål är 100 m djupt.

4g. Hemsidan. José A lägger undan för undan in rapporter m m på projektets nuvarande hemsida. KTH har bestämt att alla hemsidor skall ha ett gemensamt format och omläggning av hemsidorna pågår. När detta är genomfört återkommer vi med inloggningsuppgifter m m.

5 Nära förestående arbeten

5a. Hammarby. (6 borrhål). Ena U-röret i BH1 skall testas med kaliumkarbonatlösning som köldbärare via en separat värmeväxlare. Kaliumkarbonat finns nu framme i tillräcklig mängd för att framställa köldbäraren och en pump (Grundfos) kommer att installeras om någon månad tillsammans med erforderlig värmeväxlare (Alfa Laval).

I övrigt skall mätutrustningen kopplas upp så att de individuella värmeuttagen från borrhålen registreras kontinuerligt. Värmemängdsmätare på varma sidan kommer att installeras på de båda värmepumparna.

5b. Vega. (2 borrhål). En extra cirkulationspump på köldbärarsidan kommer att installeras för att möjliggöra försök vid Re upp till 10 000.

5c. Mariehäll. (7 borrhål). När mätvärdena stabiliserats i det avstängda hålet, kommer några av Maral Kassabians mätningar att upprepas. Mätningar vid högre Re-tal skall genomföras.

5d. Vår gård. Vi skall börja bearbeta mätvärden när vi erhållit mer erfarenhet från egna anläggningar. Kan också bli önskvärt att göra smärre ändringar i installationen eller testa egna kollektorer. Här finns 20 borrhål och 5 värmepumpar.

5e. Norrtälje – Termosifon. Anläggningen kommer att stängas inom kort och borrhålets återhämning kommer därvid att mätas för att kunna få en uppfattning om hur värmeuttaget har fördelat sig längs hålet.

5f. Lidingö. Så snart optofibern är svetsad och uppkopplad kommer ett fördelat responstest att utföras. Därefter ansluts värmepumpen och körs igång.

5g. Kulvert, KTH. Ett kompletterande försök kommer att göras vid Re ca 1000. Någon av tidigare mätningar kommer också att upprepas med bl a längre väntetid för att se om bättre stabilitet erhålles på köldbärarflödet och därmed högre precision i tryckfallsmätningarna.

6 Koaxial kollektor i bottensediment

Johan Wasberg, Merinova Oy, redovisade projektet **New Energy** från Vaasa Housing Fair 2008, Finland med hjälp av foton och ett bildspel. Mateve Oy har utvecklat en koaxialkollektor med ytterdiameter 82 mm avsedd för horisontell installation i bottensediment. Samma kollektortyp (med ett centralt rör omgivet av fem parallella kanaler) finns i borrhål BH 3 i Hammarby. De har nu även utvecklat en mindre kollektor med diameter 72 mm, avsedd för vertikala borrhål. Den stora kollektorn har använts i en sedimentkollektor utanför Vaasa med 26 parallella kollektorer vardera med 300 m längd. De är indragna i sedimentet med hjälp av en horisontalborrmaskin och går ut solfjäderformigt från två etableringsplatser. Maskinen borrar först ett hål som när erforderlig längd uppnåtts kan styra borrarsträngen upp till ytan. Där kopplas kollektorn på och borren dras tillbaka och drar med sig kollektorn in i hålet. Av installerade 26 kollektorer gick endast en sönder under installationen.

Sedimentvärmekollektorn ingår i ett totalenergikoncept där även biogas utvinns ur en äldre övertäckt deponi. Gasen används dels i en bränslecell (Wärtsilä), dels i en mikroturbin (Sarlin). Eleffekterna är 20 kW resp 120 kW. Även värmeförlusterna, 15 kW resp 230 kW, tas tillvara och används för byggnadsuppvärmning. Sedimentkollektorn är arrangerad som ett lågtempererat

”fjärrvärmesystem” till vilket 44 enfamiljsvillor och 4 flerfamiljshus är anslutna. För en villa är anslutningsavgiften ca 15 000 SEK och årsavgiften 25 SEK/m² golvyta. Det står därefter villaägaren fritt att utnyttja hur mycket han vill av den tillgängliga lågtemperaturvärmesystemet, som även kan användas för kylning. Bebyggelsen är självförsörjande med el och värme och levererar dessutom ett överskott.

Palne M nämnde att ett stort sedimentvärmelager finns i Vallentunasjön norr om Stockholm.

7 Prov i två borrhål hos Martin Thorén

Hålen ej borrade ännu. Se text i föregående sponsormötes (2008-20-24) minnesanteckningar för beskrivning av projektet.

8 Ledamöter i mätgruppen

Inga nya medlemmar anmälde sitt intresse att delta i mätgruppens möten.

9 Övriga frågor

Inga övriga frågor anmäldes.

10 Nästkommande möten med grupperna

Mätgruppen sammanträder onsdag 2009-04-29 kl 10.00 på KTH.

Beslöts att sponsors- och referensgruppen möts tisdag 2009-06-23 kl 10:00 på KTH.

Palne Mogensen

Till Mätgruppsledamöterna

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Mätgruppsmöte, 2009-04-29

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH

Kent Hansson, Geosigma AB

Göran Hellström, LTH

Peter Hill, handledare, KTH

Björn Kyrk, konsult, Cooly AB

Palne Mogensen, konsult, PMAB

Tommy Nilsson, projektsamordnare

Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH

Björn Palm, examinator och proj-ledare, KTH

Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eureftec AB

Förhindrade:

Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning

Eric Granryd, professor em

Bo Jansson, Avanti System AB

Carl Johansson, GRUNDFOS AB

Sam Johansson, Hydroresearch AB

Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB

Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH

Åke Melinder, forskare, KTH

Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning

Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter

Martin Thorén, Thorén Energiprodukter AB

1. Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Utsänd agenda godkändes. Pkt 9 Norrtälje sammanfaller med pkt 4 Termosifon och togs bort.. Palne M åtog sig att föra anteckningar.

2. Minnesanteckningar från föregående mätgruppsmöte, 2009-01-20

Inga kommentarer och inga ändringar.

3. Prov i kulvert, KTH

José A redovisade ett försök med $Re=1030$. Speciell uppmärksamhet hade ägnats åt punkterna 16 till 20 och punkterna 21 till 26. Mätpunkt 20 ligger 6 m före returböjen och pkt 21 ligger 6 m efter. För beskrivning av anläggningen och mätuppställningen, se minnesanteckningar från mätgruppsmötet 2009-01-20. Tendensen blev att tryckfallet blev något högre än förväntat för mätpunkterna innan returböjen och något lägre än förväntat för mätpunkterna efter. Det låga flödet ger små tryckskillnader och föreslogs att öka halten propylenglykol.

En enkel felanalys hade gjorts genom repeterade (10 ggr) mätningar för punkterna 18-20 respektive 20-23 vid några valda flöden. Som förväntat ökar std-avvikelsen med ökande flöde, men det relativa felet är i stort sett konstant; mellan 0,5 och 1 %. Göran H påpekade att denna analys endast tar hand om de slumpmässiga mätfelen. Ev. systematiska fel kan ju ej upptäckas på detta sätt.

Mätgruppen enades om att de slutsatser, som kan dras av de hitintills gjorda försöken, är att inga oväntade eller avvikande observationer har gjorts. Diskuterades om ytterligare ett försök skulle göras med $Re = ca 1500$, men beslöts att tillsvidare avvakta med detta. Anläggningen får stå kvar ifall behov uppstår på nytt. (Anm: Avsikten med försöket var ursprungligen att se om strömningen kunde relaminariseras efter en lång ostörd sträcka även om Re låg ovanför laminära området, $Re > 2300$).

Påpekades att detta försök avviker från en verklig borrhålskollektor genom frånvaron av värmeförsel genom slangväggen och därav följande temperaturskillnad mellan vägg och

bulk. Palne M påminde om att Schlichting (Boundary Layer Theory) påpekar att strömningen stabiliseras när rörväggen värms och har en angiven referens i vilken detta har studerats. José A har ej fått tag på denna.

Diskussionen kom därefter in på metoder för att förbättra värmeövergången. Den allmänna erfarenheten är ju att anordningar för att förbättra denna leder till ökad turbulens med ökat tryckfall och det lägre friktionsmotståndet för Muovitech-slangen (den som har rillor på slangens insida) är svårt att förklara. Hänvisning gjordes även till Ny Tekniks senaste nummer där man konstaterat att fåglar kan vinkla upp småfjädrar så att dessa vibrerar och därigenom minskar strömningsmotståndet.

4. Termosifon

I samband med den pågående utvärderingen av återhämtningsperioden (för att få ett grepp om fördelningen av värmeuttaget längs borrhålet) hade José A utvecklat en förbättrad kalibreringsmetod för optofibern. De båda referenssträckorna (optokabeln är här hoprullad) före och efter mätsträckan fick ligga i isbad. Därigenom kunde både lutning och referensnivå ställas in på ett övertygande sätt. Föregående kalibrering ligger troligen ca 0,5 K för högt. Graferna från mätningar under uttagsfasen visades på nytt och diskuterades. För beskrivning av anläggningen, se mätgruppsprotokoll 2009-01-20.

Kenneth W meddelade att tillverkningen av en ny termosifonslinga pågår där den uppåtgående grenen kommer att bestå av 2 helixformade kopparrör i parallell.

5. Hammarby

5a Mätningar. José A redovisade resultat från fördelat responstest på BH4; ingår i en inlämnad rapport att presenteras vid Effstock-mötet i mitten på juni. En påtaglig temperaturavvikelse råder i optofiberns mät punkt vid ca 170 m i uppåtgående skänkel. Orsaken oklar.

Diskussion om homogeniteten i berg. Göran H nämnde att Svensk Kärnbränslehantering gjort ett stort antal kärnbörningar på olika platser i landet och därvid mätt värmeledningsförmågan i borrhålen. Det finns exempelvis mycket homogena graniter likaväl som variabla gnejser med riktninganisotropi och lokala variationer orsakade av bl a förekommande glimmerstråk. Det är omöjligt att säga något allmängiltigt om detta.

Diskussion kring betydelsen av fri konvektion i borrhål och dess relation till temperaturnivån hos borrhålvattnet. Göran H nämnde att fri konvektion kan ge ett väsentligt bidrag till värmeöverföringen i varma borrhål, medan den blir försumbar när borrhålvattnets temperatur närmar sig täthetsmaximum (4 °C). Vid återfyllda borrhål upphävs naturligtvis också den fria konvektionen. Bentonit/vatten-blandningar används ofta i USA p g a sin tätande förmåga, men har ingen nämnvärd förbättrande inverkan på värmekonduktiviteten. Inblandning av kvartsmjöl förbättrar denna, liksom ett alternativ med cement/grafit-blandningar ($\lambda=1,5$ resp $2,0 \text{ W/(mK)}$) kan uppnås). Vid mer än 50 % kvartsinblandning uppstår enligt uppgift svårigheter att pumpa ner blandningen i hålet. Försök har även gjorts med järnpulverinblandning, men utan större framgång, eftersom järnpartiklarna oxideras eller rostar.

Anna-Maria Gustafsson vid Luleå Tekniska Universitet har studerat konvektion i borrhål med tillhörande processer och hon disputerar i höst på detta.

5b Kaliumkarbonat. Diskussion pågår om val av lämplig inhibitor. Allt övrigt är på plats.

6. Vega

Inga mätningar gjorda. Elinkoppling av extrapumpen är ännu ej utförd.

7. Mariehäll

José A presenterade resultat från mätningar på BH7 där borrhålet fått stå stilla utan värmeuttag i flera veckor. Termoelementen sitter parvis på 5, 15, och 75 m djup samt ett ensamt vid returböjen på 160 m. Paren visar inbördes god överensstämmelse utom möjligen T1-T7 där den senare mätpunkten ligger ca 0,12 K lägre. Mätpunkterna T2 och T6 fick sina beteckningar skiftade vid installationen och José A har ej ändrat för att underlätta jämförelse med tidigare mätningar (Sam Beaumont och Maral Kassabian). En temperaturdipp kring 2-3 mars kunde förklaras med inläckande smältvatten orsakad av en töperiod. Energimätningar på hela anläggningen indikerar COP = 2,8.

José A har därefter mätt vid Re = 7400 och samma effekter som observerades av Maral K uppstod även denna gång; det vill säga till synes stora värmeförluster upptill från uppåtgående skänkel och stor värmeförlust i motsvarande del av nedåtgående skänkel, samt större värmeförlust nedtill i uppåtgående skänkel jämfört med motsvarande del av nedåtgående.

8. Prov i två borrhål hos Martin Thorén

Kontakt har ej erhållits med Martin T och läget är för närvarande oklart med borring o s v.

9. Lidingö

För beskrivning av anläggningen, se mätgruppsprotokoll från möte 2009-01-20. Den gröna slangen har visat sig läcka (ca 0,57 l/min vid 2-3 meters tryckdiff) och skall bytas ut. Vid inspektion med TV-kamera i slangens övre del hittades ingen läcka. Här och var bulnader på den gröna slangen; förmodligen vatten mellan slang och berg som ej har tryckts undan.

Hopsvetsning av optofibrerna misslyckades på olika fabrikat hos optokablarna. Istället gjordes interna loopar i varje kabel. Önskvärt att göra en fördelad termisk responstest innan slangbytet. För att hindra utläckning under provet, måste det öppna expansionskärlet i testutrustningen tätas. Oklart om den befintliga cirkulationspumpen i testutrustningen har tillräcklig sugförmåga för att dra upp vattnet från den vattenyta, som så småningom ställer in sig i gröna slangen. Kenneth W erbjöd sig att låna ut en dränkbar cirkulationspump.

Diskussion om inverkan av excentrisk innerslang. José A visade diagram ur Göran Hs avhandling med tabeller över inverkan på Nusselt-talet vid laminär strömning och olika excentricitet. Denna har som syntes stor inverkan på värmeövergången vid den yttre slangens insida. Olika förslag till centrering av innerslangen framfördes, liksom förslag om att öka diametern på denna.

10. Övriga frågor

Inga övriga frågor anmälde.

11. Nästa möte

Besluts att flytta nästa möte till tisdagen 2009-08-25 kl 10:00 på KTH och göra detta till ett gemensamt möte med referens- och sponsorsgruppen. Mötet 2009-06-23 ställs in.

Till sponsorer samt referensgrupps- och mätgruppsledamöter

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Sponsors-, Referensgrupps- och Mätgruppsmöte, 2009-08-25

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Per Backlund, COMSOL
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Jens Eriksson, Thermia AB
Eric Granryd, professor em
Kent Hansson, Geosigma AB
Göran Hellström, professor, LTH
Peter Hill, handledare, KTH
Bo Jansson, Avanti System AB
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Urban Kronström, IVT AB
Björn Kyrk, konsult, Cooly AB
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Björn Palm, professor KTH, handledare
Peter Platell, LOWTE AB
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eurteftec AB

Björn Giertz, SEEC
Rickard Granath, Uponor Infrastruktur
Jens Gustafsson, Extena AB
Mats Helander, SWECO
Olle Hellman, Avanti System AB
Gustav Jansson, SWECO
Sam Johansson, Hydroresearch AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
David Kroon, Nibe
Måns Larsen, Brunata
Lars Larsson, Aska Rör
Roger Lasser, Högalids Elektriska
John Ljungqvist, Uponor
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Bosse Nordell, LTU
Ove Platell, Lowte
Heikki Porkkala, Lämpöässä, Finland
Claus Schön Poulsen, DTI, Danmark
Branko Simanic, SWECO
Martin Thorén, Thorén Energiprodukter AB
P A Toernsaeter, Viessmann Värmeteknik AB
Bengt O'Wallin, Energiprojektering AB
Johan Wasberg, Merinova, Finland

Förhindrade:

Ove Cednert, TA
Martin Forsén, SVEP
Jim Fredin, IVT AB

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Utsänd agenda godkändes. Palne M utsågs att föra anteckningar.

2 Presentation av de närvarande

Ingen presentation ansågs behövlig.

3 Minnesanteckningar från föregående möte 2009-03-04

Inga kommentarer och inga ändringar.

4 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer samt kostnader

Redovisning för 2 kvartalet skall vara José A tillhanda senast 2009-08-31. Det är mycket viktigt att vi redovisar nedlagd tid och kostnader kvartalsvis i rätt tid. De av Er som ligger efter av nå-

gon anledning kan reparera försyndelserna i samband med denna redovisning. Även äldre hittills oredovisade bidrag kan tas upp.

5 Redovisning av utförda arbeten

5a. Hammarby. (6 borrhål à 260 m, dock ett på 250 m). José A redovisade mätningar med fördelad responstest, DTRT, på borrhål 4. Med hjälp av fiberoptisk temperaturmätning kan temperaturprofiler erhållas längs hela borrhålet. Fiberoptisk kabel finns dels i borrhålet utanför slangarna, dels i nedåt- resp uppåtgående slang. Vid fördelad responstest delas borrhålet upp i ett antal sektioner och i var och en av dessa görs i princip ett responstest. I detta fall delades hålet upp i 12 sektioner och mätvärden registrerades var 5:e minut. Utvärderingen görs i 4 faser: Vilande borrhål, precirkulation (utan värmeförsel), värmeförsel och återhämtning utan cirkulation. Genom ett DTRT är det möjligt att få en uppfattning om bergets värmeledningsförmåga i de olika sektionerna, likaså om variationer i borrhålsresistansen. Den senare kan variera p g a slangarnas lägen i borrhålet. En detaljerad redovisning av mätningarna presenterades vid EFFSTOCK, Stockholm 2009-06-15/18. Rapporten finns utlagd på hemsidan.

José A redovisade även prel resultat från mätningar på koaxialkollektorn (Mateve), som består av ett centralt rör med 5 omgivande trapetsformade kanaler, som är strömningstekniskt parallellkopplade. Temperaturen mäts i botten på kollektorn och i in- resp utlopp. Optofiber finns inte installerad. Diagram redovisades för strömning nedåt resp uppåt i centralkanalen. Skillnaden i bottentemperatur blir betydande, medan in- resp utloppstemperaturerna är i stort sett desamma. Ett påtagligt termiskt shuntflöde mellan centralt rör och omkringliggande kanaler kan noteras. Göran H påpekade att en liknade kollektor lanserades av ett schweiziskt företag på 1980-talet.

5b. Vega. (2 borrhål à 220 m, 140 mm). Installationen klar frånsett möjligen inkoppling av extra pump för att kunna nå höga Re-tal. Som tidigare beskrivits, består anläggningen av två 140 mm borrhål med 40 mm U-rör. I det ena har slangen försetts med bredare distanselement (cc=78 mm), som dessutom placerats tätare upptill på slangen. Detta hål är instrumenterat med fiberoptikkabel, såväl inuti som i mellanrummet utanför slangarna samt med termoelement på liknande sätt som i Hammarby. I det andra hålet har de översta 25 m på den uppåtgående slangskänkeln försetts med konventionell värmekulvertisolering av skumfylld polyten-slang (blå), avtätad med krympslang nedtill. Detta andra hål är instrumenterat med 12 st termoelement och utvändigt fiberoptikkabel.

5c. Mariehäll. (7 borrhål, varav ett instrumenterat). Det instrumenterade borrhålet har fått stå en längre tid, varvid konstaterades att termoelementen överensstämmer i punkter med samma djupläge i de båda slangarna. José A visade diagram över temperaturförloppet under en driftcykel samt fördelningen av effektuttaget längs slangen vid en viss tidpunkt. $Re=7000$. Noterades att borrhålet hade 12 m foderrör, berg efter 10 – 10,5 m och grundvattennivå ca 2,5 m. Marken består av lera. I nedre delen av slangen visar mätvärdena att värmeförseln är högre i den uppåtgående slangen i jämförelse med den nedåtgående, vilket är anmärkningsvärt eftersom den uppåtgående slangen kan förmodas ha mindre temperaturskillnad till borrhålsväggen. José A ansåg det vara för tidigt att dra bestämda slutsatser ur hittills erhållna mätresultat.

5d. Kulvert, KTH. José A redovisade tryckfallsmätningar i sektionerna omedelbart före resp efter returböjen. Redovisningen skedde dels i form av ett diagram över friktionsfaktorn som funktion av Re, dels som uppmätt tryckfall tillsammans med förväntade kurvor vid laminär resp turbulent strömning. Diagrammen har visats tidigare, men mätpunkter för $Re=1000$ har till-

kommit. Vid så låga Re-tal uppstår problem med mätnoggrannheten, eftersom tryckfallen är mycket små och störs av höjdskillnaden mellan olika mätpunkter. Korrektion för denna sker genom att trycken mäts vid nollflöde.

5e. Norrtälje – termosifon. José A redovisade diagram över temperaturmätningar från den optofiber, som är tejpad mot stigarrörets utsida. Mätningarna visar tydligt hur den flytande koldioxiden först värms upp i den nedre delen av stigarröret för att senare övergå i kokning i den övre delen. Diskussion om fyllnadsgraden, som ligger ganska högt ca 0,90. Borrhållet är 70 m djupt med 115 mm diameter. Grundvattennivån är ca 7 m. Anläggningen har 2 borrhål, men endast det ena används.

5f. Lidingö. José A visade en video filmad i den övre delen av det färdiginstallerade borrhålet med strumpa (Energikapsel), centralrör och optofiber på plats. Som förväntat ligger centralröret kraftigt excentriskt och här och var syns kvarvarande veck i strumpan och på enstaka ställen syns även något som ser ut som blåsor. Det inre övertrycket var ca 3 m vattenpelare.

5g. Hemsida. Hemsidan är nu förnyad i samband med att KTH gjort en total revision av uppbygget för hemsidorna. José A har ordnat så att vi fortfarande kan gå in på den gamla hemsidan där det finns en länk till den nya. Ett allmänt önskemål är att denna länkning får vara kvar så länge som möjligt. Lösenordet är samma som tidigare och José A uppmanade deltagarna att komma in med förslag och/eller lämna bidrag till hemsidan. I princip finns bilder och rapporter, som presenteras på detta möte, tillgängliga på denna.

6 Nära förestående arbeten

6a Hammarby kommer att gå på sparlåga när det gäller de nu driftsatta hålen. I september räknar Brage B med att kunna installera värmeväxlare och extra cirkulationspump för den krets, som skall gå med kaliumkarbonat i borrhål 1 Hålet innehåller två separata U-rör. När installationen är klar skall mätningar genomföras på denna. Kaliumkarbonatlösningar har fördel av låg viskositet i jämförelse med organiska köldbärare. Möjligheten finns därigenom att uppnå högt Re-tal vid låga flöden och därmed måttlig pumpeffekt. Värmeväxlare är en Alfa Laval helsvetsad plattvax, modell Alfa Nova 27.

6b. Vega. Ej är klart om installationen av extra pumpen är genomförd. Tommy N skall kontakta Aska Rör. Mätningar kommer att påbörjas när det blir lite kallare ute.

6c. Mariehäll. José A föreslog att man utför en termisk responstest i Mariehäll för att bättre kunna klarlägga funktionen hos borrhålet. Förslaget togs med gillande av deltagarna.

6d. Vår Gård. Tommy N nämnde som generell tumregel att fler än 2 hål kopplade till en standard värmepump regelmässigt ger laminär strömning och därmed dålig värmeövergång i borrhålen. När anläggningen blir tillgänglig för experiment vill vi naturligtvis komma in och bli studera aktuell funktion hos borrhålen.

I samband med detta efterfrågades Åke Melinders handbok, varvid meddelades att den ligger hos Kyltekniska föreningen, möjligtvis för att kompletteras med annonser.

6e. Norrtälje – termosifon. Gjorda mätningar skall utvärderas för att bli kunna göra jämförelser med en konventionell borrhålskollektor.

6f. Lidingö. Det har visat sig att strumpan läcker och skall bytas ut. Det är inte helt lätt att ta upp en strumpa som blivit installerad, vilket Bo J kunde intyga. Han har erfarenhet från ett antal anläggningar och ett par fall av läckage har inträffat. Den svaga punkten är avslutningen nedtill på strumpan och kopplingen till bottenvikten. För närvarande går strumpan in i en krage, som har mindre diameter än borrhålet. Det är lätt hänt att bottenvikten på centralslangen stöter emot denna kant och skadar strumpan.

6g. Kulvert KTH. Inga mätningar är planerade, men slangen får ligga kvar. Fråga väcktes om även andra typer av kollektorer skulle testas. Diskussion om möjligheten att mera direkt konstatera om turbulens föreligger. Följande förslag nämndes: Skjut in sektion med genomsynligt rör och gör bläckinjektering, skjut in sektion med metallrör och tillför värme och mät värmeövergångskoefficienten samt kör ultraljud tvärs slangen och mät pulsdispersionen.

7 Vaasa, Finland

Projektet går vidare och vid nästa möte kommer Johan Wasberg eller annan representant att närvara och redovisa resultat.

8 Prov i två borrhål hos Martin Thorén

Läget är något oklart med projektet. Vid nästa möte avser Martin T att närvara.

9 Övriga frågor

En fråga ställdes om vad som egentligen gäller i inre resp yttre vattenskyddsområden och vilken uppfattning som exempelvis SVEP har i frågan. I många fall är kommunerna extremt restriktiva, när det gäller borrhål i sådana områden. När det gäller möjligheten att använda Energikapseln som skydd mot att köldbärarvätska tränger ut i omgivningen, påpekade Bo J att läckage fortfarande kan uppstå mellan strumpa och vägg, vilket kan orsaka att t ex förorenat ytvatten tränger ner till djupare berglager.

10 Nästkommande möten med grupperna

Mätgruppen kommer att kallas till sammanträde när det finns nya resultat att redovisa och diskutera.

EFFSYS-dagen äger rum någon gång 2009-12-(14/18). Datum ej bestämt ännu och meddelas på hemsidan när så skett.

Beslöts att sponsors- och referensgruppen möts tisdag 2010-01-26, kl 10:00 på KTH.

Palne Mogensen

Till sponsorer samt referensgrupps- och mätgruppsledamöter

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Sponsors-, Referensgrupps- och Mätgruppsmöte, 2010-01-26

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Björn Bonnevier, docent
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Jim Fredin, IVT AB
Eric Granryd, professor em
Göran Hellström, professor, LTH
Peter Hill, handledare, KTH
Bo Jansson, Avanti System AB
Sam Johansson, Hydroresearch AB
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
John Ljungqvist, Uponor
Oskar Meijer, Effekt Bygg & El i Stockholm AB
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Björn Palm, professor KTH, handledare
Peter Platell, LOWTE AB
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eureftec AB
Albrecht Wurtz, Thermia AB

Förhindrade:

Per Backlund, COMSOL
Ove Cednert, TA
Jens Eriksson, Thermia AB

Martin Forsén, SVEP
Björn Giertz, SEEC
Jens Gustafsson, Extena AB
Kent Hansson, Geosigma AB
Mats Helander, SWECO
Gustav Jansson, SWECO
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Urban Kronström, IVT AB
David Kroon, Nibe
Björn Kyrk, konsult, Cooly AB
Måns Larsen, Brunata
Lars Larsson, Aska Rör
Roger Lasser, Högalids Elektriska
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Bosse Nordell, LTU
Ove Platell, LOWTE AB
Heikki Porkkala, Lämpöässä, Finland
Claus Schön Poulsen, DTI, Danmark
Branko Simanic, SWECO
Martin Thorén, Thorén Energiprodukter AB
P A Toernsaeter, Viessmann Värmeteknik AB
Bengt O'Wallin, Energiprojektering AB
Johan Wasberg, Merinova, Finland

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Utsänd agenda godkändes. Palne M utsågs att föra anteckningar.

2 Presentation av de närvarande

Kort presentation inom gruppen.

3 Minnesanteckningar från föregående möte 2009-08-25

Inga kommentarer och inga ändringar.

4 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer samt kostnader

Redovisning för 4:e kvartalet 2009 skall vara José A tillhanda senast 2010-01-29. Det är mycket viktigt att vi redovisar nedlagd tid och kostnader kvartalsvis i rätt tid. Utbetalningarna från Energimyndigheten är villkorat av att bidrag kommer in från sponsorer. Eftersläntare kan reparera försyndelserna i samband med denna redovisning. Även äldre oredovisade bidrag kan tas upp.

5 EFFSYS 2-dagen m m

Effsysdagen genomfördes 2009-12-14 på KTH med föredrag och poster-presentationer. En sammanställning av dessa delades ut då och delades nu ut till dem, som ej deltog. Effsys 2 avslutas formellt 2010-06-30 och det sista Effsysmötet hålls 2010-06-10 på Chalmers i Göteborg.

6 Redovisning av utförda arbeten

6a. Hammarby. (6 st 140 mm borrhål à 260 m, dock ett på 250 m). José A visade resultat från försök med DTRT (Distribuerat Termisk ResponsTest). U-rörskollektorn i BH4 har temperaturmätning med optofiber inlagd i slang. Med hjälp av denna är det möjligt att registrera temperaturen med täta intervall i ett stort antal punkter i kollektorn. Denna kan nu tänkas uppdelad i ett antal segment och temperaturen inom varje sådant segment kan följas som funktion av tiden. En känd värmeeffekt tillförs nu upptill i borrhålet och genom att mäta temperaturerna vid in- resp utlopp i varje segment erhålls effekttillförseln i detta. Varje segment får således en egen responstest och på så sätt går det att undersöka om det finns några variationer i bergets värmeledningsförmåga eller i borrhålmotståndet. Ett DTRT består lämpligen av fyra faser:

1. Uppmätning av bergets ostörda temperatur utan cirkulation
2. Förcirkulation, köldbäraren cirkulerar utan värmetillförsel
3. Värmetillförsel under köldbärcirkulation
4. Återhämtningsfas, mätning av bergets återhämtning utan cirkulation

José A visade bilder på temperaturförlopp samt uppmätta värden för borrhålmotstånd och bergets ledningsförmåga. Borrhålmotståndet är bl a beroende av slangarnas placering inbördes och relativt borrhålet. José A hade med hjälp av finitelementmetod studerat den rena värmeledning- en mellan köldbärare och borrhål vid olika lägen för slangarna och presenterade resultatet i form av ett stapeldiagram illustrerat med motsvarande positioner för slangarna i borrhålet. Som väntat blir borrhålmotståndet som lägst i det fall att slangarna tangerar hålväggen på diametralt mot- satta punkter och högst om slangarna ligger tätt ihop i borrhålets centrum. Skillnaden uppgår till drygt en faktor 2. Bilderna finns tillgängliga på projektets hemsida. I jämförelse med resultat vid ren värmeledning är de uppmätta värdena vid DTRT-försöket i BH4 lägre. Detta beror på att ett bidrag till värmeöverföringen erhålles genom fri konvektion i borrhålsvattnet.

José A redovisade även resultat från responstester på koaxialkollektorn (Mateve) i BH3, som består av ett centralt rör med 5 omgivande trapetsformade kanaler, som är strömningstekniskt parallellkopplade. Temperaturen mäts i botten på kollektorn i en av de yttre kanalerna samt i in- resp utlopp. Optofiber finns inte installerad. Diagram redovisades för strömning nedåt, TRT1, resp uppåt, TRT2, i centralkanal. Borrhålmotstånd och bergets värmeledningsförmåga blev, inte oväntat, nära lika ($R_b = 0,096$ resp $0,094$; $\lambda = 3,30$ resp $3,24$) i de båda fallen. In- resp utloppstemperaturerna är i stort sett desamma, medan skillnaden i bottentemperatur däremot betydande. Ett påtagligt termiskt shuntflöde mellan centralt rör och omkringliggande kanaler kan noteras. Göran H påpekade att en liknade kollektor lanserades av ett schweiziskt företag på 1980- talet och även här noterades ett högt termiskt shuntflöde. Ett par hundra installationer gjordes. Genom att föra ned ett extrarör i centrumkanalen erhöles ett isolerande skikt av stillastående vatten, vilket minskade det termiska shuntflödet.

José A hade även gjort värmeledningsberäkningar på denna konstruktion för dels centralt place- rad kollektor, dels med kollektorn tangerande borrhålsväggen. I ett diagram jämfördes beräkna- de borrhållsmotstånd för denna kollektor i jämförelse med U-rörskollektorn. De befanns likvär- da beträffande R_b . Mätningar på strömningmotståndet visade dock att koaxialkollektorn hade påtagligt lägre strömningmotstånd vid samma flöde, jämfört med en U-rörskollektor. Björn P påpekade att en mera rättvis jämförelse vore att jämföra kollektorerna vid lika pumpeffekt, vil- ket skulle leda till betydligt högre flöde i koaxialkollektorn. Göran H påpekade att det termiska shuntflödet ökar med minskande vätskeflöde i en given kollektor. (Ur Görans eminenta doktors-

avhandling kan inhämtas att shuntflödet ökar omvänt proportionellt mot köldbärrarflödet och kvadratisk med borrhålsdjupet vid givet värmeuttag per längdenhet kollektor.)

Diskussion om möjligheten att ta fram ett godhetstal för olika kollektorkonstruktioner, som skulle kunna användas vid jämförelser.

Anläggningen har ett mindre läckage i BH 4 och BH 5 förmodligen vid genomföringen för optokabeln. Ett läckage i BH 6 förmodades vara tätat.

6b. Vega. (2 st 140 mm borrhål à 220 m). Installationen klar av extra pump för att kunna nå höga Re-tal. Som tidigare beskrivits, består anläggningen av två 140 mm borrhål med 40 mm U-rör. I det ena, BH7, har slangens försetts med bredare distanselement (cc=78 mm), som dessutom placerats tätare upptill på slangens. Detta hål är instrumenterat med optokabel, såväl inuti som i mellanrummet utanför slangarna samt med termoelement på liknande sätt som i Hammarby. I det andra hålet, BH8, har de översta 25 m på den uppåtgående slangskänkeln försetts med konventionell värmekulvertisolering av skumfylld polyten-slang (blå), avtätad med krympslang nedtill. Detta andra hål är instrumenterat med 12 st termoelement och utvändigt optokabel. Anläggningen har tidigare varit i drift i cirka 4 år med standard U-rörskollektorer. Vid inkoppling av extrapumpen erhöles högt tryckfall, vilket berodde på delvis igensatta silar, som rengjordes.

Innan mätningarna mättes "ostörda" temperaturer i BH 7, varvid framkom att termoelementen visade ca 0,2 K under optokabelns temperatur. Borrhålens temperaturmaximum låg på ca 40 m djup i jämförelse med Hammarby där det ligger på ca 100 m. Detta kan anses avspegla åldern på husen ovanpå.

Fortfarande bekymmer med störningar i temperaturregistreringen från termoelementen. Då och då kommer skurar av störningar, som framförallt drabbar termoelementet i botten på BH7 och flera termoelement i BH8. Med handhållet instrument kunde observeras att spikarna har en varaktighet av 5 sek och kortare. Störskurarna avbryts då och då av lugna perioder, som kan vara flera timmar. Diskussion om möjliga orsaker, varvid nämndes störningar från solvinden (känt fenomen vid t ex signalanläggningar för järnväg), uppstigande gasbubblor, strömmande grundvatten och störningar från järnväg eller tunnelbana. Noterades att inga liknade störningar förekommer på optofibern. Termoelementkablarna är skärmade, men skärmen ej ansluten till jord. Nya uppslag mottages med tacksamhet.

6c. Mariehäll. (7 borrhål, varav ett instrumenterat). Inget nytt fanns att rapportera.

6d. Kulvert, KTH. Inget nytt fanns att rapportera.

6e. Norrtälje – termosifon. José A redovisade diagram över temperaturen som funktion av tid och djup från den optofiber, som är tejpad mot stigarrörets utsida samt även temperaturprofiler vid olika tidpunkter under drift resp återhämtning. Mätningarna under drift visar att under 30 m-nivån sjunker temperaturen svagt mot djupet, trots att kokpunkten rimligen borde öka mot djupet pga det hydrostatiska trycket i koldioxiden. Förklaringen kan vara att värmeuttaget är större upptill och eftersom optokabeln är tejpad mot rörets utsida blir den känslig för den radiella termiska gradienten. Värmebelastning ca 70 W/m.

6f. Lidingö. Inget nytt att redovisa.

6g. Vaasa. José A har varit hos Mateve i Vaasa och redovisat resultaten från koaxialkollektorn. De var mycket intresserade av våra erfarenheter och noterade speciellt det termiska shuntflödet mellan upp- och nedåtgående kanal. De skulle överväga att ta fram en konstruktion med ökad isolation mellan upp- och nedåtgående flöden.

6h. Hemsida. Den gamla adressen är nu aktiverad igen: www.energy.kth.se/energibrunnar. Lösenordet är detsamma som tidigare. I princip finns samtliga bilder och rapporter, som presenteras på detta och tidigare möten, tillgängliga på hemsidan.

7 Nära förestående arbeten

7a. Hammarby Brage B och Oskar M skall installera värmepump och extra cirkulationspump för den krets, som skall gå med kaliumkarbonat i BH1. Hålet innehåller två separata U-rör, varav det ena kommer att användas för detta experiment.

7b. Vega. Mätningarna är igång och fortsätter hela vintern.

7c. Mariehäll. Ett responstest kommer eventuellt att göras för att utvärdera temperaturfördelningen i borrhålet.

7d. Vår Gård. Inte aktuellt med mätningar för närvarande.

7e. Norrtälje – termosifon. Finns mycket kvar att utvärdera av de mätningar som gjorts.

7f. Lidingö. Inget nytt att rapportera för närvarande.

7g. Kulvert KTH. Anläggningen kommer att finnas kvar tills vidare. Inte aktuellt med mätningar för närvarande.

7h. Värmdö. Det kommer att mätas på en TIL-kollektor i ett planerat grupphusområde på Värmdö. Denna kollektor är en variant av koaxialkollektor med ett värmeisolerat centrumrör och ytterrör fria från varandra.

8 Vaasa, Finland

Om Mateve tillverkar en ny kollektorprofil undersöker vi möjligheten att eventuellt mäta på denna.

9 Prov i två borrhål hos Martin Thorén

Hålen ej borrade ännu. Oklart när det kan bli av.

10 Övriga frågor

Brage B berättade om en idé att köra en borrhålsgrupp cykliskt intermittent så att ett hål i taget får arbeta medan övriga hål återhämtar sig. Cykeltiden är tänkt att göras så kort att i stort sett endast köldbäraren i kollektorn tas in i förångaren varje driftperiod. I större anläggningar kan det vara aktuellt att två eller flera hål arbetar samtidigt. Eventuellt yppar sig en möjlighet att testa detta på en anläggning för ett flerbostadshus vid Valhallavägen – Frejgatan.

11 Nästkommande möten med grupperna

Beslöts att sponsors- och referensgruppen möts tisdag 2010-05-25, kl 10:00 på KTH.

Till sponsorer samt referensgrupps- och mätgruppsledamöter

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Sponsors-, Referensgrupps- och Mätgruppsmöte, 2010-05-25

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Björn Bonnevier, docent
Jim Fredin, IVT AB
Peter Hill, handledare, KTH
Bo Jansson, Avanti System AB
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Björn Kyrk, konsult, Cooly AB
Björn Lindblom, PEMTEC
John Ljungqvist, Uponor
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Björn Palm, professor KTH, handledare
Ove Platell, LOWTE AB
Peter Platell, LOWTE AB
Johan Wasberg, Merinova, Finland
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eureftec AB

Jens Gustafsson, Extena AB
Kent Hansson, Geosigma AB
Mats Helander, SWECO
Göran Hellström, professor, LTH
Gustav Jansson, SWECO
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Sam Johansson, Hydroresearch AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Urban Kronström, IVT AB
David Kroon, Nibe
Måns Larsen, Brunata
Lars Larsson, Aska Rör
Roger Lasser, Högalids Elektriska
Oskar Meijer, Effekt Bygg & El i Stockholm AB
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Bosse Nordell, LTU
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Heikki Porkkala, Lämpöässä, Finland
Claus Schön Poulsen, DTI, Danmark
Branko Simanic, SWECO
Martin Thorén, Thorén Energiprodukter AB
P A Toernsaeter, Viessmann Värmeteknik AB
Bengt O'Wallin, Energiprojektering AB
Albrecht Wurtz, Thermia AB

Förhindrade:

Per Backlund, COMSOL
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Ove Cednert, TA
Jens Eriksson, Thermia AB
Martin Forsén, SVEP
Björn Giertz, SEEC
Eric Granryd, professor em

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Utsänd agenda godkändes. Palne M utsågs att föra anteckningar.

2 Presentation av de närvarande

Ingen presentation ansågs erforderlig.

3 Föregående möte 2010-01-26

Inga kommentarer och inga ändringar.

4 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer samt kostnader

Redovisning för 2:a kvartalet 2010 skall vara José A tillhanda senast 2010-07-09. Genom att EFFSYS 2-projektet tar slut sista juni är fristen för redovisningen kortare denna gång. Det är nu också sista möjligheten att få med eftersläpande redovisning.

5 José Acuñas licentiatavhandling och Marcos Paus exjobb (Vega)

De närvarande ansåg att José gjorde en föredömlig presentation av sin avhandling vid lic-seminariet tidigare i dag. Några lösa ändrar kunde noteras, men Björn P påpekade att en del krut måste sparas till doktorsavhandlingen.

Marcos Paus redovisning 2010-04-07 av mätningar på Vega tas upp under punkt 6b. Vega.

6 Redovisning av utförda arbeten

6a. Hammarby. (6 st 140 mm borrhål à 260 m, dock ett på 250 m). Inget nytt utfört sedan föregående möte.

6b. Vega. (2 st 140 mm borrhål à 220 m). José redovisade kortfattat de mätresultat som Marcos Pau redovisade vid sin presentation 2010-04-07: BH7 är instrumenterat med in- och utvändigt optofiber samt ett antal invändiga termoelement och har även distanselement (cc=78 mm). BH8 har enbart utvändiga termoelement samt har de övre 25 m av returslangen isolerad. Termoelementen skyddas med en speciell värmeisolering, som skall kunna tåla höga tryck, men som var ganska spröd.

Bekymmer med störningar i temperaturregistreringen från termoelementen. Då och då kommer skurar av störningar, som framförallt drabbar termoelementet i botten på BH7 och flera termoelement i BH8. Störskurarna avbryts då och då av lugna perioder, som kan vara flera timmar. Diskussion om möjliga orsaker, varvid nämndes störningar från annan elektronik, ex-vis spänningsomvandlare AC/DC, varvtalsreglerade verktyg, störningar från järnväg eller tunnelbana m m. Inga liknade störningar förekommer på temperaturerna från optofibern. Det nedersta termoelementet har en total resistans inkl ledningar av ca 750 ohm. Termoelementkablarna är skärmade. Föreslogs att kontakta institutionen för mätteknik på KTH för assistans.

Med hänvisning till ovanstående ifrågasattes noggrannheten i mätresultaten från termoelementen. Framförallt mätresultaten från BH8 innehåller påtagliga ”konstigheter”.

6c. Mariehäll. (7 borrhål, varav ett instrumenterat). Inget nytt fanns att rapportera.

6d. Kulvert, KTH. Inget gjort sedan föregående möte.

6e. Norrtälje – termosifon. Kenneth W rapporterade att anläggningen numera går i kontinuerlig drift och visar bättre prestanda vid den lägre belastning, som förevarit under våren.

6f. Lidingö. Installation av nytt borrhål pågår. Inga mätningar gjorda sedan föregående möte.

6g. Vaasa. Tyvärr hann Johan W lämna mötet innan denna punkt och inget nytt kunde redovisas. (Beträffande jämförelse koaxialkolektor/U-rör, se punkt 7a.)

6h. Hemsida. José A lovade att ladda upp de senaste presentationerna inom projektet (de finns nu tillgängliga på hemsidan som bilagor till mötet 2010-05-25). Den gamla adressen är aktiverad igen: www.energy.kth.se/energibrunnar. Lösenordet är detsamma som tidigare.

7 Nära förestående arbeten

7a. Hammarby. Brage B är opasslig sedan någon tid och har ej hunnit med att installera värmewäxlare och extra cirkulationspump för den krets, som skall gå med kaliumkarbonat i BH1. Hålet innehåller 2 separata U-rör. Det ena kommer att användas för detta experiment, men läcker (troligen en sönderfrusen böj ovanför borrhålet) och skall repareras. Det andra har sedan länge varit inkopplat i etanolkretsen. Ingen optofiber och inga termoelement finns i dessa U-rör.

Tommy N påpekade att jämförelsen mellan koaxialkolektor och U-röret vid samma flöde bör kompletteras med en jämförelse vid samma drivenergi.

Bo J berättade att de testar kollektorer i ett 100 m hål i Vallentuna och det skulle säkert finnas möjlighet för José A att instrumentera med optokabel och göra mätningar.

En förmodad läcka i BH5 (vid optokabelns genomföring?) skall tätas.

7b. Vega. På grund av problemen med störningar och mätosäkerheter avser José A att utföra responstester på BH7 resp BH8.

7c. Mariehäll. Med hänvisning till de osäkra mätförhållandena avser José A att utföra en responstest på det instrumenterade borrhålet.

7d. Vår Gård. Anläggningen har ett stort antal borrhål och det skulle därför vara synnerligen intressant att införa en extra borrhålskrets och se hur detta påverkar prestanda. Kräver dock samverkan och samordning med huvudintressenterna för denna anläggning.

7e. Norrtälje – termosifon. Finns fortfarande en hel del mätvärden, som skall utvärderas.

7f. Lidingö. En PEMTEC-kollektor skall installeras efter kamerainspektion av det nya borrhålet.

7g. Kulvert, KTH. Anläggningen vilar, men finns tillgänglig om ytterligare försök önskas utförda.

8 Prov i två borrhål hos Martin Thorén

Martin T har ej hörts av och det är oklart med läget för dessa borrhål.

9 Projektets fortsättning efter 2010-06-30

EFFSYS 2 upphör den sista juni och Björn P meddelade att de lämnat in en preliminär ansökan om projektbidrag för fortsättning av José As arbete. Förhoppningen är givetvis att projektet på något sätt skall fortsätta i en eller annan form. Även om anslag beviljas från Energimyndigheten blir det glapp fram till 2010-09-01, som i så fall måste överbryggas på något sätt. Björn P nämnde att det framkommit att en forskare på byggnadsteknik har fått medel från FORMAS (Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande) för ett projekt, som i stora delar liknar det som José A redan utfört. De har därför erbjudit att José A övertar detta anslag. Björn P såg ingen skillnad ur sponsorsynpunkt mellan detta förslag och att arbeta vidare under Energimyndigheten. Ingen av de närvarande sponsorerna anmälde avvikande uppfattning.

På fråga om någon av de närvarande sponsorerna hade för avsikt att upphöra med sin sponsring innan José A har doktorerat, var det ingen som önskade avstå från fortsatt medverkan.

Diskussion kring nya projektidéer. Ove P påpekade att energitvinning ur borrhål kan behandlas på tre vitt skilda skalor: mikroskalan kring vad som händer radiellt i borrhålet, mesoskalan som avser processer i longitudinell riktning och slutligen makroskalan där processer i borrhålsfält är intressanta. Det bör finnas mycket att göra inom alla tre områdena.

Björn L från PEMTEC påpekade att det är svårt att jämföra resultat för olika borrhålsvärmeväxlare genom att det vid rapporterade mätningar alltid finns en eller flera faktorer som skiljer mel-

lan försöken. Han föreslog att borrhålsvärmväxlare borde jämföras på en gemensam provplats och under likartade förutsättningar. Om övriga kollektortillverkare var intresserade, ville han gärna bidra till att ett sådant projekt kom igång. Diskussion om hur ett godhetstal för borrhålsvärmväxlare skall konstrueras. Går ej att bortse från den tilltänkta värmepumpens egenskaper. Sades att det ex-vis snarare kan vara temperaturen in till borrhålet än medeltemperaturen, som är mest väsentlig.

Palne M föreslog försök med återfyllda eller injekterade borrhål.

Diskussion kring Willy Ocianssons nya kollektor, som fått sådan framträdande plats i media på senare tid. Framkom att tryckluft tillförs i botten på borrhålet för att åstadkomma omrörning i grundvattnet kring kollektorn. Därigenom förbättras värmeöverföringen mellan slang och borrhålsvägg. Tveksamhet kring erforderligt effektbehov för tryckluften.

10 Garantiåtaganden

Vilka garantiåtaganden kan KTH stå för när projektet upphört, i de fall där givare m m lämnats kvar i installationen? Föreslogs en 5-årig garantitid efter projektets upphörande, vilket Björn P ansåg att KTH borde kunna stå för. Mötet beslöt att rekommendera ett sådant åtagande.

11 Övriga frågor

Inga övriga frågor anmäldes.

12 Nästa möte

Beslöts att nästa sponsors-, referensgrupps- och mätgruppsmöte hålls tisdag 2010-06-22, kl 10:00 på KTH.

Palne Mogensen



Resurseffektiva kyl- och värmepumpssystem

Effektivare dimensionering av
bergvärmesystem & implikationer
från EFFSYS2 resultat

Från:

2010-09-01

Till:

2014-06-30

Till sponsorer samt referensgrupps- och mätgruppsledamöter

Projekt: Effektivt utnyttjande av energibrunnar

Sponsors-, Referensgrupps- och Mätgruppsmöte, 2010-11-30

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Björn Bonnevier, docent
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Jim Fredin, IVT AB
Eric Granryd, professor em
Peter Hill, handledare, KTH
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Björn Kyrk, konsult, Cooly AB
John Ljungqvist, Uponor
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Björn Palm, professor KTH, handledare
Ove Platell, LOWTE AB
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eureftec AB

Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Thomas Jonsson, Viessmann Värmeteknik AB
Fredrik Karlsson, Thermia AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Mikael Klasson, Avanti System AB
Urban Kronström, IVT AB
David Kroon, Nibe
Måns Larsen, Brunata
Lars Larsson, Aska Rör
Roger Lasser, Högalids Elektriska
Mauri Lieskoski, Mateve Oy
Björn Lindblom, PEMTEC
Oskar Meijer, Effekt Bygg & El i Stockholm AB
Jean Nicou, SEEC
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mats Nilsson, Alfa Laval
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Bosse Nordell, LTU
Jan-Erik Nowacki, SVEP/KTH
Juha Ojala, Muovitech Oy
Peter Platell, LOWTE AB
Heikki Porkkala, Lämpöässä, Finland
Mikael Ronge, LAFOR
Claus Schön Poulsen, DTI, Danmark
Martin Thorén, Thorén VP
Bengt O'Wallin, Energiplanering AB
Johan Wasberg, Merinova, Finland
Thomas Wildig, Ekofektiv AB

Förhindrade:

Per Backlund, COMSOL
Johan Barth, GEOTEC
Ove Cednert, TA
Martin Forsén, SVEP
Jens Gustafsson, Extena AB
Kent Hansson, Geosigma AB
Mats Helander, SWECO
Göran Hellström, professor, LTH
Bo Jansson, Stures Brunnsborrning
Gustav Jansson, SWECO
Sam Johansson, Hydroresearch AB

Anm. Listan ovan kommer att rensas vid nästa möte.

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Utsänd agenda godkändes. Palne M utsågs att föra anteckningar.

2 Presentation av de närvarande

Ingen presentation ansågs erforderlig.

3 Föregående möte 2010-05-25

Inga kommentarer och inga ändringar till minnesanteckningarna.

4 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer samt kostnader

Projektet har ej ännu blivit accepterat till EFFSYS+. I avvaktan på detta finns inga regler för redovisningen fastställda.

5 Redovisning av utförda arbeten

5a. Hammarby. (6 st 140 mm borrhål à 260 m, dock ett på 250 m). Kaliumkarbonatkretsen kopplad, men vid påfyllningen var ingående lösning så koncentrerad att kristallisation inträffade i slangen i borrhålet och en propp bildades, som kunde röra sig 70 m upp och ned. Förmodligen

stoppade kristallproppen mot bottenkröken resp mot U-kröken upptill. Lösningen hade gjorts koncentrerad (värmning) för att kunna driva ut vattnet ur slangen utan kaliumkarbonatförlust.

Utvärdering av en DTRT (Distributed Thermal Response Test), som gjordes på BH 4 med Sentinelinstrumentet, pågår.

5b. Vega. (2 st 140 mm borrhål à 220 m). Har ej gått att hitta någon, som varit intresserad av att hjälpa till med att analysera störningarna i mätsystemet för termoelementen. Inga nya mätningar gjorda sedan sist.

5c. Mariehäll. (7 borrhål, varav ett instrumenterat). Inget nytt fanns att rapportera.

5d. Kulvert, KTH. Inget gjort sedan föregående möte. Slangen ligger kvar.

5e. Norrtälje – termosifon. Inga nya mätningar gjorda. Fördjupad analys skall göras av tidigare utförda mätningar.

5f. Lidingö. Nytt borrhål, BH 10, 190 m, diameter 115 mm, grundvattenyta på 3 m. PEMTEC-strumpa monterad med stor omsorg, bl a försågs foderröret invändigt i hela sin längd med PE-slang. José visade video från hela borrhålet ned till ”bottenknuten”. God anliggning mot bergväggen. Centrumrör med de översta 80 m isolerade genom montage av Uponors standardkulvert med korrugerad utsida, ytterdiameter 68 mm. Isoleringen i denna består av PE-skum och dess nederände avtätad med krympslang. Resten av centrumröret av PEM 40 x 2,4. Inga arrangemang för centrerung av detta. Nedtyngningen av centrumröret gjordes med en stålstång inuti ett PEM-rör; nedföringen stoppades 5 m över botten. Även här gjordes monteringen med stor omsorg, likafullt uppstod en läcka på ca 0,5 l/min vid ca 30 kPa övertryck.

Det gamla borrhålet, BH 9, är tomt ned till 70 m. Därunder mycket skräp kvar från den gamla strumpan.

Temperaturmätning med optokabeln i BH 10 med dels gamla HALOn och dels med ett nytt instrument, ORYX. Det senare tillåter upplösning i längdled nedtill 1 m samt ”double ended calibration”. Det senare innebär att laserpulser kan skickas i motsatta riktningar genom fibern och därmed erhålles en bättre korrektion för fiberns dämpning i längdled (har senare visat sig gå att göra även på HALOn). Med hjälp av isbad kalibreras sedan temperaturnivån. José A presenterade temperaturmätningar från termisk responstest. Stora variationer i inmatad effekt och plötsliga språng i volymflödet. Diskussion om möjliga orsaker. För BH 9 har R_b tidigare preliminärt bestämts till 0,035 K/Wm.

5g. Vaasa. Mateve presenterade för någon tid sedan ett nytt utförande på kollektorn med mindre diameter och mindre kontakt mellan inner- och ytterkanaler. Oklart om denna finns på marknaden ännu.

Genom att Mateve-kollektorn (”fembladiga blomman”) i BH 3 har så mycket större genomskärningsarea blir pumpenergiebehovet lågt vid de flöden vi hitintills använt. Det är angeläget att mäta vid högre flöde för att kunna jämföra prestanda vid någorlunda lika pumpenergi.

5h. Värmdö, Hålludden. Ett nybyggt område vid Hålludden består av ett 50-tal hus, samtliga med bergvärme och med håldjup från 100 m och längre. Två av borrhålen à 100 m, diameter

115 mm, förses med TIL-kollektorer. Den ena består av ett centralt isolerat rör och 6 rör PEM 20/16 i parallell runt periferin. Den andra har ett centralt isolerat rör, som tidigare, och 12 rör PEM 16/12 runt periferin. Den senare i BH 11, är instrumenterad med optokabel invändigt. Vid montering av optokabeln gick denna inte att dra längre än 30 m i 16-röret innan den fastnade. 16-röret kapades och skarvades med ett 20/16-rör, varefter optokabeln kunde dras igenom hela vägen. Diskussion om flödesfördelningen mellan detta rör och de övriga 11. Det ökade strömningmotståndet i 16-röret pga optofibern (3,8 mm), kompenseras ju av lägre motstånd i 20-röret. Föreslogs att räkna på detta. För att kompensera för isoleringens flytkraft monterades en bottenvikt på 75 kg. Enligt uppgift var husen försedda med värmepumpar från IVT och har troligen i så fall 7,5 kW värmeeffekt.

José A redovisade mätresultat från responstest med olika effekter och flöden. Den ostörda bergtemperaturen visade ett mycket rakare förlopp jämfört med data från borrhål i urban miljö. Gradienten avtar närmare markytan, vilket kan tolkas som ett tecken på ett varmare klimat, förutsatt att bergets värmekonduktivitet är konstant längs hålet.

José A visade kurvor över temperaturförloppet vid olika effekter, flöden och d:o -riktning. Genom värmeisoleringen blev temperaturändringen i centrumröret mycket litet. En anmärkningsvärd stor skillnad mellan temperaturen i ostört berg och medeltemperaturen i kollektorn observerades. I borrhprotokollet anges bergarten till grå/svartberg vilket skulle kunna betyda att berget har låg kvartshalt och därmed låg värmeledningsförmåga. Utvärderingen av responstesten emottas med stort intresse både beträffande kollektorn prestanda och bergets värmeledningsförmåga.

5i. Hemsida. José A håller hemsidan uppdaterad. Adress: www.energy.kth.se/energibrunnar. Lösenordet kommer att ändras och skickas till projektdeltagarna i EFFSYS+.

6 Nära förestående arbeten

6a. Hammarby. Kristallproppen (K_2CO_3) skall lösas upp och installationen slutföras. Upplösningen görs troligen enklast genom att koppla TRT-aggregatet på den parallella slangen i BH1 och värma hålet. En halt av 21 % (vikt) eftersträvas, vilket ger en fryspunkt av $-10\text{ }^\circ\text{C}$.

När installationerna är slutförda måste den kalla sidan isoleras. Kostnaderna för detta uppskattas till 30 kSEK, för vilket det finns pengar enligt Björn P.

6b. Vega. José A kommer att genomföra responstester på borrhålen och även försöka få klarhet i de temperaturanomalier som observerats i det optokabelförsedda borrhålet.

6c. Mariehäll. Inget är planerat för den närmaste tiden.

6d. Värmdö, Hålludden. Fyra hus loggas beträffande elförbrukning och borrhålstemperaturer. I planen ingår att genomföra mätningar under ett år och därefter utvärdera.

6e. Norrtälje – termosifon. En fördjupad analys av mätvärdena skall göras för att bättre kunna beskriva vad som sker i detalj i anläggningen. Huset har övergått till ny ägare, men denne är välvillig till fortsatt försöksverksamhet.

6f. Lidingö. Värmepumpdrift startas i dagarna och viss uppföljning skall göras av temperaturer m m.

6g. Kulvert, KTH. Inga försök är planerade.

6h. Vår Gård. En stor mängd mätdata finns nu tillgängliga, men oklart om dessa är lagrade på ett sätt, som är enkelt kompatibelt med vår databehandling. Försök med den separata borrhålskretsen görs först sedan motsvarande försök gjorts vid Vega.

7 Prov i två borrhål hos Martin Thorén

Proven avser dels Avantis "borrhålsförlängare", dels Brages idé med ytterslang kring ena skänkeln. Martin T har ej hörts av och det är oklart med läget för dessa borrhål.

8 Projektets fortsättning

Björn P berättade att EFFSYS+ har sjuvänt och ansökningstiden för projekt gick ut 2010-11-29. Vårt projekt "Effektivare energibrunnar" har fått en glädjande stor anslutning av sponsorer och 6 MSEK är utlovat varav 0,6 MSEK som kontantbidrag. För fortsättningsprojekt från EFFSYS 2 finns en viss överbryggingsmöjlighet på så sätt att beviljade EFFSYS+-medel får täcka kostnader från och med 1 september.

Ca 50 ansökningar har kommit in till EFFSYS+ och de sökta beloppen överstiger troligen givna ramar. Beslut om fördelning av medel dröjer säkerligen minst en vecka. Här är vårt stora sponsorstöd en viktig komponent.

9 Garanti- och andra åtaganden

Vid föregående möte föreslogs ett 5-årigt garantiåtagande efter projektets upphörande för de anläggningar där extra installationer av givare m m gjorts och som ej lämpligen kan tas bort. Åtagandet skall endast omfatta fel, som orsakas av de extra installationerna. Björn P meddelade att detta nu rimligen förskjuts framåt för de experiment som fortsätter inom EFFSYS+.

När projektet upphör skall förlängningarna av rördragningarna i Hammarby, som gjorts för att få plats med flödesmätare m m, demonteras och snyggas till. De tar stor plats i pannrummet och ger ett något rörigt intryck.

10 Övriga frågor

Inga övriga frågor anmäldes.

11 Nästa möte

Besluts att nästa sponsors-, referensgrupps- och mätgruppsmöte hålls tisdag 2011-03-29, kl 10:00 på KTH.

Palne Mogensen

Till sponsorer samt referensgrupps- och mätgruppsledamöter

Projekt: Effektivare dimensionering av bergvärmesystem

Sponsors-, Referensgrupps- och Mätgruppsmöte, 2011-03-29

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Klas Andersson, fastighetsägare, Lidingö
Björn Bonnevier, docent
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Claes Forsman, LAFOR
Martin Forsén, SVEP
Jim Fredin, IVT AB
Peter Fuks, forskare, KTH, antennteorier
Eric Granryd, professor em
Bo Jansson, Stures Brunnsborrning
Mikael Klasson, Avanti System AB
Björn Kyrk, konsult, Cooly
Björn Lindblom, PEMTEC
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Björn Palm, professor KTH, handledare
Peter Platell, LOWTE AB
Mikael Ronge, LAFOR
Björn Thelin, Ekofektiv AB
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eureftec AB
Olav Öhmark, Thermia AB

Förhindrade:

Per Backlund, COMSOL
Johan Barth, GEOTEC
Ove Cednert, TA
Jens Gustafsson, Extena AB
Mats Hannander, Univar
Kent Hansson, Geosigma AB
Mats Helander, SWECO

Göran Hellström, professor, LTH
Peter Hill, handledare, KTH
Gustav Jansson, SWECO
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Sam Johansson, Hydroresearch AB
Thomas Jonsson, Viessmann Värmeteknik AB
Fredrik Karlsson, Thermia AB
Rahmat Khodabandeh, forskare, KTH
Urban Kronström, IVT AB
David Kroon, Nibe
Måns Larsen, Brunata
Lars Larsson, Aska Rör
Mauri Lieskoski, Mateve Oy
John Ljungqvist, Uponor
Oskar Meijer, Effekt Bygg & El i Stockholm AB
Jean Nicou, SEEC
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mats Nilsson, Alfa Laval
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Bosse Nordell, LTU
Jan-Erik Nowacki, NOWAB
Juha Ojala, Muovitech Oy
Ove Platell, LOWTE AB
Heikki Porkkala, Lämpöässä, Finland
Claus Schön Poulsen, DTI, Danmark
Martin Thorén, Thorén VP
Bengt O'Wallin, Energiprojektering AB
Johan Wasberg, Merinova, Finland
Thomas Wildig, Ekofektiv AB

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Med hänvisning till att projektet övergått till EFFYS+ har projektet fått nytt namn enligt ovan. Björn P presenterade ramen kring projektet, som kommer att vidgas och fler teknologer kommer att involveras som exjobbare och liknande.

Utsänd agenda godkändes. Palne M utsågs att föra anteckningar.

2 Presentation av de närvarande

De närvarande presenterade sig kortfattat.

3 Föregående möte 2010-11-30

Inga kommentarer och inga ändringar gjordes till minnesanteckningarna.

4 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer samt kostnader

Redovisningsmässigt startade projektet redan 2010-09-01. I stort kommer redovisningen att ske på samma sätt som tidigare på en blankett som snart skickas ut.

5 Sponsorsavtal

Fortfarande finns några sponsorsavtal, som ej är underskrivna. Tommy N ligger på.

6 Redovisning av utförda samt nära förestående arbeten

6a. Hammarby. (6 st 140 mm borrhål à 260 m, dock ett på 250 m). Patricia Monzó presenterade sitt exjobb **Comparison of different Line Source model approaches for analysis of Thermal Response Test in a U-pipe BHE** för några veckor sedan (2011-02-23). Det behandlade utvärdering av TRT (termisk responstest) enligt olika metoder tillämpat på kollektorn i BH 4. Viss variation i resultaten mellan metoderna. José A visade diagram över några av resultaten. Rapporten finns på hemsidan. José A ansåg att man får räkna med en osäkerhet av ca 10 % i både bergets värmeledningsförmåga och R_b , borrhålsmotståndet.

Diskussion om värdet av TRT med tanke på förväntad osäkerhet i resultatet. Är det inte bättre att i stället lägga pengarna på ökad hållängd? José A påpekade att även 10 % osäkerhet innebär en väsentligt minskad osäkerhet jämfört med den variation, som olika bergarter uppvisar. Konstaterades (som vanligt) att inga kaxprover togs vid borrningen.

Kristallproppen (kaliumkarbonat) fortfarande kvar i BH 1. Försöket att lösa upp proppen genom att koppla TRT-aggregatet på den parallella slangen i borrhålet och värma hålet misslyckades. Brage B avser att gräva upp runt hålet för att kunna komma åt U-slangen.

Efter mötet har Palne M kommit fram till att det skulle kunna vara ett vätskelås, som hindrar cirkulationen. Koncentrerade kaliumkarbonat-lösningar har hög täthet ($1200 - 1500 \text{ kg/m}^3$) och kan lägga sig som en tung vätska i botten på U-slangen). En halt av 21 % (vikt) eftersträvas, vilket ger en fryspunkt av $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ och en densitet av ca 1200 kg/m^3 .

Isoleringen av den kalla sidan vilar tills karbonatkretsen fungerar och kan isoleras samtidigt.

6b. Vega. (2 st 140 mm borrhål à 220 m med nr 7 och 8 till enplansvilla, som dessutom har solpaneler). BH8 har ena skänkeln isolerad på de översta 25 m. Effekten av isoleringen är dock knappt skönjbar på hittills gjorda temperaturloggar.

Störningar på termoelementen. José A visade graf från en TRT mätning med störningar. Sex av nio termoelement är störda. Peter Fuks har inte haft möjlighet att studera störproblemen i Vega, men nämnde tre allmänna metoder för att minska störningar: 1. Öka avståndet till storkällan. Störningen bör avta med avståndet i kvadrat eller ännu snabbare. 2. Öka störskyddet genom att exempelvis förstärka signalen vid källan eller skärma. 3. Signalbehandla. Eftersom vi endast är intresserade av mycket lågfrekventa signaler kanske detta är den enklaste vägen.

6c. Kulvert, KTH. Inget gjort sedan föregående möte. Slangen ligger kvar.

6d. Norrtälje – termosifon. Huset har övergått till ny ägare, men denne är välvillig till fortsatt försöksverksamhet. Inga nya mätningar gjorda. Fördjupad analys skall göras av tidigare utförda mätningar.

6e. Lidingö. (Gamla BH 9 övergivet, nytt borrhål, BH 10, 190 m, diameter 115 mm, grundvattnenytta på 3 m). Ytterslangen ligger väl an mot borrhålsväggen enligt videoupptagning efter montaget. Centrumslangen isolerad ned till 80 m, men ej centrerad i hålet. Anläggningen går på rent vatten sedan december 2010. Uteffekt VP 10 kW, varvtalsreglerad. Mätningar med fiberoptik (både längs borrhålsväggen och i det cirkulerande vattnet) under värmepumpsdrift gjorda vid flödena 0,4; 0,5 och 0,6 l/s visades av José A. Mätningarna genomfördes under mars 2011 i cirka en vecka vid varje flöde. Utvärderingen pågår med hjälp av en ex-jobbare. Preliminär utvärdering av tidigare responstester utförda på Lidingö i BH 9 pekar på $R_b = \text{ca } 0,03 \text{ Km/W}$. Mätningar gjorda av Göran H på annan plats med helt isolerad centrumslang och högre flöden har givit $R_b = \text{ca } 0,01 \text{ Km/W}$ enligt Björn L.

Diskussion om isoleringens förmåga att behålla luften i porerna vid det höga vattentryck, som råder på större djup.

6f. Vaasa. En modifierad koaxialkollektor med mindre ytterdiameter och mindre kontaktarea mellan inner- och ytterkanalerna är möjligen klar för tillverkning. Förmodas bli betydligt lättare att installera i borrhål.

6g. Värmdö, Hålludden. Ett nybyggt område vid Hålludden på Värmdö består av ett 50-tal hus, samtliga med bergvärme och med håldjup från 100 m och längre. Två av borrhålen à 100 m, diameter 115 mm, har försetts med TIL-kollektorer. Den ena består av ett centralt isolerat rör, PEM 40, och 6 rör PEM 20/16 i parallell runt periferin. Den andra har ett centralt isolerat rör, som tidigare, och 12 rör PEM 16/12 runt periferin.

José redovisade resultat från 6 st DTRT (distributed TRT) på den senare kollektorn. Denna har utvärderats uppdelad i fyra sektioner om 20 m vardera från 10 till 90 m. Observerades en markant minskning av bergets värmeledningsförmåga mot djupet, medan R_b höll sig i genomsnitt nära konstant på ca 0,04 Km/W i alla tester. Inga kaxprover finns bevarade.

Simulering av värmeledningen mellan den cirkulerande värmebäraren och borrhålsväggen för två olika lägen för ytterslangarna har gjorts med finit element-metod. Den visade att när ytterslangarna ligger nära centrumslangen blir R_b typiskt 0,093 Km/W, medan med ytterslangarna mot hålväggen sjunker R_b till 0,018 Km/W.

6h. Mariehäll. (7 borrhål, varav ett instrumenterat). Inget nytt fanns att rapportera.

6i. Vår gård. Försök med den separata borrhålskretsen görs först sedan motsvarande försök gjorts vid Vega. Tommy N har tillfogat följande förtydligande: Vi avvaktar resultat från mätningar i Vega, innan vi dimensionerar och kompletterar anläggningen med en separat borrhålskrets. Detta var motivet för att ha med anläggningen i projektet, då José A m.fl. tidigare gjort mätningar där vid sitt ex-arbete.

7 Hemsida

José A håller hemsidan uppdaterad. Adress: www.energy.kth.se/energibrunnar. Lösenordet kommer att ändras och skickas till projektdeltagarna i EFFSYS+.

8 Garanti- och andra åtaganden

Inget är skrivet ännu beträffande den 5-åriga garantin mot läckage från kvarsittande mätutrustning efter avslutat experiment, eftersom de flesta anläggningarna går vidare under EFFSYS+.

9 Övriga frågor

Björn L upprepade sitt förslag om en gemensam testplats för kollektorer, där man borrar ett eller ev flera hål på en lämplig plats, som sedan skulle kunna användas för utvärdering av prestanda under överinseende av oberoende part.

Inga ytterligare övriga frågor anmälades.

10 Nästa möte

Beslöts att nästa sponsors-, referensgrupps- och mätgruppsmöte hålls tisdag 2011-09-20, kl 10:00 på KTH.

Palne Mogensen

Till sponsorer samt referensgrupps- och mätgruppsledamöter

Projekt: Effektivare dimensionering av bergvärmesystem

Sponsors-, Referensgrupps- och Mätgruppsmöte, 2011-09-20

Deltagare:

José Acuna, doktorand, KTH
Hans Alexandersson, PEMTEC
Björn Bonnevier, docent
Brage Bröberg, Brobergs Brunnsborrning
Daniel Edwinsson, LAFOR
Jim Fredin, IVT AB
Göran Hellström, professor, LTH
Bo Jansson, Stures Brunnsborrning
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Michael Klasson, Avanti System AB
David Kroon, Nibe
Björn Kyrk, konsult, Cooly
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, NOWAB
Björn Palm, professor KTH, handledare
Peter Platell, LOWTE AB
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eureftec AB
Olav Öhmark, Thermia AB

Förhindrade:

Per Backlund, COMSOL
Johan Barth, GEOTEC
Ove Cednert, TA

Claes Forsman, LAFOR
Martin Forsén, SVEP
Eric Granryd, professor em
Mats Hannander, Univar
Kent Hansson, Geosigma AB
Mats Helander, SWECO
Peter Hill, handledare, KTH
Sam Johansson, Hydroresearch AB
Thomas Jonsson, Viessmann Värmeteknik AB
Fredrik Karlsson, Thermia AB
Urban Kronström, IVT AB
Lars Larsson, Aska Rör
Måns Larsen, Brunata
Mauri Lieskoski, Mateve Oy
John Ljungqvist, Uponor
Jean Nicou, SEEC
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mats Nilsson, Alfa Laval
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Bosse Nordell, LTU
Juha Ojala, Muovitech Oy
Ove Platell, LOWTE AB
Mikael Ronge, LAFOR
Björn Thelin, Ekofektiv AB
Johan Wasberg, Merinova, Finland
Thomas Wildig, Ekofektiv AB

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen. Björn P meddelade att en ny doktorand (Patricia Monzó) börjar under hösten. Hon avlönas av FORMAS (Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande) och skall forska på mark och berg som värmelager. Detta projekt ligger således utanför Effsys+. Förhoppningsvis tillkommer också ett antal ex-jobbare under hösten.

Utsänd agenda godkändes. Palne M utsågs att föra anteckningar.

2 Presentation av de närvarande

De närvarande presenterade sig kortfattat.

3 Föregående möte 2011-03-29

Inga kommentarer och inga ändringar gjordes till minnesanteckningarna.

4 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer samt kostnader

De allra flesta har lämnat redovisning t o m kvartal 2. Eftersläntare bör lämna in sina redovisningar snarast så att de kan tas med under kvartal 3.

5 Sponsorsavtal

Fortfarande finns några sponsorsavtal, som ej är underskrivna. Tommy N ligger på.

6 Redovisning av utförda samt nära förestående arbeten

José A visade ett stort antal diagram under denna punkt. Dessa finns samlade i en separat fil som ligger som bilaga till minnesanteckningarna på projektets hemsida.

6a. Hammarby. (5 st 140 mm borrhål à 260 m, samt ett på 250 m). BH 1 med dubbla U-rör varav ett med kaliumkarbonat har fått ny beteckning så att slingan med kaliumkarbonat heter BH 0 och etanolkretsen behåller beteckningen BH 1.

José A beskrev vedermödorna med att få igång cirkulationen i borrhålet. Kaliumkarbonatlösningar har den egenskapen att densiteten blir hög vid höga koncentrationer. Vid inlösning av kaliumkarbonat i vatten förblir volymen i stort sett konstant och t ex får en 30 % lösning densiteten 1300 kg/m³. Vid påfyllningen av kaliumkarbonatet i BH 0 blev koncentrationen till en början så hög att en tung vätskepropp bildades i botten av U-röret och förhindrade cirkulation. Trycksättning med hjälp av laddpumpen till ca 5,3 bar hjälpte inte och högre tryck var knappast tillrädligt eftersom slangens tryckklass då skulle överskridas i botten. Först vid samtidig inblåsning av tryckluft genom en ca 70 m slang i motsatt skänkel (så att denna tömdes) kunde cirkulationen till slut komma igång.

José A redovisade en jämförelse mellan termiska egenskaperna hos etanol resp kaliumkarbonat med samma fryspunkt. Kaliumkarbonatet får, genom sin lägre viskositet, betydligt lägre strömningsmotstånd vid jämförbara Re-värden, vilket är en påtaglig fördel vid djupa borrhål. Samtidigt ökar övertrycket i slangen mot djupet, vilket är en nackdel vid grundvattenfyllda hål, men en fördel vid återfyllda. Diskussion om kaliumkarbonatlösningars korrosionsegenskaper. Lösningen är starkt alkalisk och angriper säkerligen koppar och mässing kraftigt.

José A redovisade tryckfallsmätningar vid olika flöden. Vid samtliga flödesvärden oscillerade flödet med en period av ca 20 min. Cirkulationspumpen är en vanlig pump utan regler tekniska finesser och misstanke framfördes om att vätskan ej var homogen utan hade densitetsvariationer. Rapportrades att det kan ta mycket lång tid att få en köldbärare homogen genom enbart cirkulation. Tryckfallet är mycket högre än förväntat, ca 2,8 gånger högre. Före mätningarna har vätskan cirkulerats under minst en månads tid och även filtrerats. Inga kristaller eller stora partiklar fångades av filtret. Den stora tryckfallsavvikelsen kommer att utredas närmare.

Köldbärarsystemet har fortfarande en liten läcka och den utlovade isoleringen får därför anstå tills denna är tätad.

6b. Vega. (2 st 140 mm borrhål à 220 m, BH 7 och BH 8, till enplansvilla, som dessutom har solpaneler. BH 7 har distanshållare mellan slangarna som ger ett cc-avstånd på 78 mm. BH 8 har ena skänkeln isolerad på de översta 25 m). José A visade diagram över temperaturfördelningen i BH 7 vid VP-drift med olika flöden där värmeuttaget reglerats så att ΔT upptill i hålet hölls nära konstant.

José A redovisade DTRT-mätningar på BH 7 vid olika flöden och visade hur temperaturprofilen varierar. Det termiska shuntflödet mellan slangskänklarna blir uppenbart vid låga flöden. Re-talet varierar med flödet samt med temperaturnivåerna i köldbärarkretsen. Detaljstudie av värmeöverföringen längs U-röret vid olika flöden pågår.

Problemet med störningar på termoelementsignalerna i BH 8 har ej lösts; inga ytterligare synpunkter har inkommit från Peter Fuks institution. Fortsatta observationer har i alla fall visat att störningarna är betydligt sällsyntare på nätterna. Genom att ta ett rullande medelvärde över 60 min anser José A att mätvärdena bör vara fullt användbara under TRT förhållanden. Att få användbara mätningar under värmepumpdrift blir inte möjligt då drifttiderna är så korta.

Någon effekt av isoleringen på övre delen av slangen i BH 8 är svår att observera vid de gjorda mätningarna.

6c. Kulvert, KTH. Inget gjort sedan föregående möte. Slangen ligger kvar.

6d. Norrtälje – termosifon. Inget nytt att rapportera.

6e. Lidingsö. (Gamla BH 9 övergivet, nytt borrhål, BH 10, 190 m, diameter 115 mm, grundvattenyta på 3 m Centrumslangen är isolerad ned till 80 m, den är dock ej centrerad i hålet). Mätningar under drift av värmepumpen har gjorts på BH 10 vid 1,5; 1,8 och 2,1 m³/h. Resultatet finns redovisat i ett examensarbete, som kan laddas ner från hemsidan.

Ytterslangen ligger väl an mot borrhålsväggen enligt videoupptagning efter montaget. Anläggningen går på rent vatten sedan december 2010. Uteffekt VP 10 kW, varvtalsreglerad kompressor med styrning från värmebehov eller köldbärartemperatur. Mätningar görs med fiberoptik (både längs borrhålsväggen och i det cirkulerande vattnet).

José redovisade DTRT-mätningar på BH 9. För sektion 8, som ligger längst ned i borrhålet, avviker bergets värmeledningsförmåga påtagligt. Utöver att detta kan vara riktigt föreslogs att det skulle kunna bero på konvektionseffekter i borrhålets nedersta del och att värmeledningen får halvsfärisk geometri längst ned.

En finit element-simulering av den vertikala temperaturfördelningen i BH 9 visades. Kvalitativt stämmer modellen bra, men avvikelserna från uppmätta värden är stora och modellen skulle behöva förfinas. Även borrhålmotståndet i ett tvärsnitt av kollektorn vid olika lägen för centrumslangen har simulerats. Resultatet blev att läget av denna inte har någon inverkan vid isolerad centrumslang och endast med enstaka procent vid oisolerad slang.

José A redovisade fördelningen av värmeupptaget på 4 kollektoravsnitt i BH 10: Övre resp nedre innerkanal samt nedre resp övre ytterkanal, samma ordning som strömningsriktningen. José A redovisade stapeldiagram för de tre olika flödena. Framgick att den dominerande värmeupptagningen som väntat sker i ytterkanalen i den nedre delen av kollektorn. Värmeupptagningen i den övre delen av ytterkanalen är påtagligt flödesberoende.

6f. Vaasa. Inget nytt att rapportera.

6g. Värmdö, Hålludden. Ett nybyggt område vid Hålludden på Värmdö består av ett 50-tal hus, samtliga med bergvärme och med håldjup från 100 m och längre. Två av borrhålen à 100 m, diameter 115 mm, har försetts med TIL-kollektorer. Den ena består av ett centralt isolerat rör, PEM 40, och 6 rör PEM 20/16 i parallell runt periferin. Den andra, i BH 11, har ett centralt isolerat rör, som tidigare, och 12 rör PEM 16/12 runt periferin.

José A med flera har redovisat DTRT-mätningar m m i en artikel, IEA-HPC 2011, som kan laddas ned från hemsidan. Ytterligare en artikel är skriven, men redigering pågår och den kommer att läggas ut på hemsidan så fort det låter sig göras. Kan noteras att det är skillnad mellan lokalt och globalt borrhålmotstånd. Det senare är flödesberoende. Påpekades att det därför är viktigt att redovisa vätskeflödet vid redovisning av borrhålmotstånd.

Simulering av värmeledningen mellan den cirkulerande värmebäraren och borrhålväggen för två olika lägen för ytterslangarna har gjorts med finit elementmetod. Den visade att när ytterslangarna ligger nära centrumslangen blir R_b typiskt 0,093 Km/W, medan med ytterslangarna mot hålväggen sjunker R_b till 0,018 Km/W. DTRT-mätningar visar ett borrhålmotstånd från 0,02 till 0,06 Km/W och värmeledningsförmåga i berget från 4,0 W/(Km) i övre delen till 2,8 W/(Km) nedtill.

6h. Mariehäll. Anläggningen går bra med god lönsamhet enligt fastighetsägaren.

6i. Vår gård. Försök med den separata borrhålskretsen görs först sedan motsvarande försök gjorts vid Vega. Tommy N har tillfogat följande förtydligande: Vi avvaktar resultat från mätningar i Vega, innan vi dimensionerar och kompletterar anläggningen med en separat borrhålskrets. Detta var motivet för att ha med anläggningen i projektet, då José A m.fl. tidigare gjort mätningar där under sin civilingenjörsutbildning.

7 Hemsida

José A håller hemsidan uppdaterad. Nytt lösenord kommer att skickas ut separat till sponsorer och andra medarbetare. Rapporter och liknande läggs kontinuerligt ut när de är färdiga. Adress: www.energy.kth.se/energibrunnar.

8 Garanti- och andra åtaganden

Inget är skrivet ännu beträffande den 5-åriga garantin mot läckage från kvarstannande mätutrustning efter avslutat experiment, eftersom de flesta anläggningarna går vidare under EFFSYS+.

9 Tidplan

José A redovisade tidplan för projektet. Han avser att disputera under 1:a kvartalet 2012, men projektet kommer att fortsätta efter detta. Projektet går enligt planen förutom slutgiltiga mätningar med kaliumkarbonatkretsen som har blivit försenade (se punkt 6a).

Diskussion om vad som händer när köldbärartemperaturen blir så låg att vattnet fryser i borrhålet. Flera rapporterade problem där slangarna går igenom långa foderrör och hopklämning av slangarna har skett. När borrhålvattnet fryser har motsvarande is större volym och det undanträngda vattnet måste ta vägen någonstans. Is själv har ingen sprängverkan. I långa foderrör kan tillfrysning ske i foderrörets båda ändar så att en viss vattenvolym stängs in som sedan fryser och skapar övertryck.

10 Nästa möte

Besluts att nästa sponsors-, referensgrupps- och mätgruppsmöte hålls tisdag 2012-02-14, kl 10:00 på KTH.

Palne Mogensen

Effektivare dimensionering av bergvärmesystem
KTH tisdagen den 27 mars 2012

Protokoll fört av Jan-Erik Nowacki (i Palne Mogensens frånvaro)

1. Godkännande av föredragningslista

Studenterna, pkt 6, läggs först så att de kan gå om de vill. I detta protokoll ligger det kvar som punkt 6.

2. Presentation av de närvarande

Alla presenterade sig – jag blir protokollförare

Närvarande:

José Acuña, KTH

Björn Bonnevier, KTH

Jim Fredin, IVT

Eric Granryd, KTH

Bo Jansson, Stures Brunnsborrning och Avanti

Sam Johansson, Hydroresearch

Björn Kyrk, Cooly

John Ljungqvist, Uponor

Tommy Nilsson

Jan-Erik Nowacki, Nowab

Olav Öhmark, Danfoss

Kenneth Weber, ETM

Peter Hill, KTH

Mattias v Malmborg, SEEC

Klas Andersson, Klas Andersson Engineering

Patricia Monzó, KTH

Eric Johansson, KTH

Gunnar Forsberg, Viessmann

3. Minnesanteckningar från föreg. möte

Inga frågor

4. Redovisning av nedlagd tid

Deltagarna får påminnelser då och då men den totalt nedlagda tiden ligger i stort sett enligt plan.

5. Projektets fortsättning

Jose lämnar snart in ett ex av sin avhandling. Exakt disputationsdatum kommer att meddelas senare. José skall sen dela sin tid genom att bli bihandledare samtidigt som han jobbar på Hydroresearch på deltid. Hydroresearch har nu tre doktorer på firman. Jose som blir den fjärde skall användas för andra uppgifter. KTH projektet fortsätter alltså ändå. Det blir flera nya examensarbetare som kommer att mäta vidare from april (se nedan).

6. Kort presentation av en ny doktorand och sex ex-jobbare

Patricia Monzo, doktorand KTH

Berättade om "Analysis of the influence of the heat power variations during a Distributed Thermal Responstest" Detta blir en vidareutveckling av

Hammarbyberäkningarna

Även berget runt hålet kommer nu med bättre i analysen. Olika former av analyser med hänsyn till olika effektsteg presenterades. Grundvattenrörelser har ej medtagits i analysen, men inverkan av dessa är förmodligen inte så stora

Eduardo Calzada, Spanien ej när. Jobbar med att tillföra bubblor i grundvattnet (BH4) och studerar forcerad konvektion.

Erik Johansson, ex-jobbare KTH

Arbetet handlar om optimering av bergkyla i kombination med frikyla. Arbetet sker i samarbete med Grontmij och berör huvudsakligen anläggningar i Stockholmsområdet. Man antar cirka 100 kW i konstant kylast och använder också luftkylare för återladdning. Hålen är "kvastborrade".

Det man vill se på är den totala borrhåslängdens inverkan, på energiförbrukning livscykelkostnad mm. Man söker en i någon bemärkelse optimal lösning. Arbetet sker med simulering med Comsolprogram.

En beräknad temperaturprofil för en utförd "kvast" med 20 borrhål på 200 m visades. Borrhåsavvikelserna var inte mätta då detta inte är en befintlig anläggning. Bo Jansson inflikade att han har kört med styrd borring ned till 220 m. Han hade då uppmätt 17 m avvikelser i sidled. Utrustningen kan även mäta avvikelser genom att proben stoppas in inne i slangarna. Geologin styr mycket hur borren går.

Anthony Kamarad, ex-jobbare KTH

Hans mål är att ta fram en mobil utrustning for Termiska Respons Test (TRT). Ett problem är att stabilisera den avgivna värmeeffekten. Stabiliseringsbehovet uppkommer eftersom spänningen varierar. Ett annat problem att lösa är att presentera styra TRT-mätningen med ett användarvänligt interface på distans. Han kommer också att använda avancerade modeller för att evaluera mätresultatet. Många olika mätkomponenter skall integreras och data skall skickas via nätet, så att man kan evaluera TRT hemifrån. Labview utgör det föredragna presentationssystemet.

Luigi Risorto, ex-jobbare KTH

Luigi ska se lite djupare på termosifon bergvärme. Olika saker som dryout, tryckfall och hur själva termosifonloopen är konfigurerad var viktiga parametrar. Målet är att bygga en modell som ska valideras med våra

mätningar från Kenneth Webers hål i Norrtälje med kopparrör och ett isolerat fallrör (downcomer).

Claudio Rubatti, Italien. Ex-jobbare KTH. Numerisk utvärdering av TRT med COMSOL.
Ej närv.

Juliia Svyrydonova Ukriana. Exjobbare KTH och Sweco. ATES och BTES för uppvärmning av sjukhus.

Ej närv.

7. Samarbete med OSU och andra

OSU står för Oklahoma State University. Två modelleringsrapporter har skrivits tillsammans med OSU. Rapporterna handlar om modellering av validering av mätningar både i U-rör och koaxialrör. De modeller som tagits fram stämmer också bra med mätningar.

Vi har också samarbete med CTH och Genova Universitetet i Italien, och NTNU i Norge

8. Redovisningar av tidigare arbeten, samt nära förestående arbeten Se 9

9. Anläggningar

a. Hammarby

i. Mätningar

ii. Försök med pottaska i borrhål 0

Man har mätt tryckfallet i den helt avskilda kretsen. Det har varit svårt att få fram en lösning som cirkulerar – det finns ett stopp någonstans. Man har nu cirkulerat i tre månader och tryckfallet pendlar mellan 1,6 till 1,2 bar. Håldjupet är 250 m och nu är tryckfallet 1,3 bar i medelvärde men tryckfallet fluktuerar kraftigt.

Vid ett flöde på cirka 0,4 l/s borde tryckfallet bli ungefär 0,5 bar teoretiskt. Blandningen verkar alltså ge ett betydligt högre tryckfall än beräknat. Man har mätt viskositeten och den är vad man kan förvänta. Man har aldrig mätt kretsen med ren vattencirkulation som kanske skulle kunna ge en ledtråd. Några olika hypoteser som framkastades var t ex att sömsvetsar ibland kan ge en stor strypning (Bo Jansson). Han föreslog att vi skulle köra cirkulationen via ett blandningskärl en tid, för att få lösningen mer homogen, vilket fler instämde i. Jan-Erik Nowacki framkastade att stenbildning skulle kunna ge upphov till strypningen – ungefär som när kaustiksoda används med för lite vatten för avloppsrensning.

iii. Isolering av KB-ledningar efter instrumentering

- iv. Man har börjat försök med att tvångscirkulera grundvattnet i borrhålet med hjälp av kväve, enligt ett patent av Willy Ociansson. Behöver t ex bubblorna matas in längst ned eller räcker det högre upp? Just nu släpper man ut bubblorna på 90 m djup. Man prövar f.n. i borrhål 4 i Hammarby. Visualisering av temperaturprofiler sker med fibersensor. Detta är ett ex-jobb som utförs av Eduard Calzada. Just detta borrhål är mycket tätt.

Målet är att visualisera effekten som bubblorna har på borrhålet och sedan utföra ett DTRT med kvävgas. En doktorand från Luleå har också gjort experiment och menar att borrhålsmotståndet kan minskas cirka 30%.

Jose visade sedan en mycket intressant film som visade temperaturprofilen i och utanför en borrhålskollektor i fyra faser: ostört, med bara cirkulation, med värmning och cirkulation och slutligen avstängt så att hålet fick återhämta sig. Den termiska effekten motsvarade 40 W/m.

Examensarbetaren Rubatti har gjort en modell avseende en termisk responstest med verkligt inmatade effekter. En 20 m sektion analyserades radiellt

Avslutningsvis nämndes att ledningarna i Hammarby måste isoleras från kondens. (Brage Broberg)

b. Vega mätningar

- i. Beräknade vertikala profiler av Re, Nu mm. visades. Det blir en tydlig bananprofil vid TRT och lågt flöde i U-rör. Re profiler mellan 2000 och 9000 användes. Laminära flöden borde uppstå på vägen upp.

Eric Granryd anförde att de verkliga värmeövergångstalen när man hamnar under $Re=2000$ borde analyseras för att se om dessa överensstämmer med de förväntade vid laminärströmning.

Koaxial-multipipe har också analyseras. Där råder säkert laminär strömning i de yttre slangarna.

Det har varit svårt att få resultat från termoelementen i Vega. De har aldrig fungerat trots många mätningar. Störningarna börjar på morgonen och pågår till kvällen men termoelementen fungerar väl på natten. En spekulation är att det är den närbelägna järnvägen som spökar.

c. Norrtälje – Termosifon

Två hål finns med och utan isolerat fallrör. Luigi jobbar med modellering – men inga nya mätningar skall göras. I juni hoppas vi ha en modell.

d. Lidingö Koaxialkollektor

Man har installationen hos Klas Andersson. $Re=3000$ på vägen upp har konstaterats. Än så länge har bara höga flöden körts under två vintrar. En uppföljning av den gångna vintern visades (vinter 2). Värmepumpen har mätts både på kalla och på varma sidan.

0,6 l/s har använts hela vintern. I början var $K_{Bin}=8$ grader och K_{But} var 6 grader. Under vintern sjönk K_{Bin} till cirka 5 grader. Ibland verkade cirkulationen minska till 0 vad detta berodde på problem med vatten cirkulation i borrhålet. K_B temperaturen (=vattentemperaturen) höll sig > 4 grader hela vintern med ett fåtal undantag. Under nov till februari låg COP på 2,9. Slutsatsen är att vanligt vatten tycks fungera som köldbärare.

TRT testen har analyserats med och utan isolerad centrumslang. BH9 är utan isolering och BH10 har isolerad centrumslang. Man har dels mätt inne i slangen dels utanför slangen och slutligen mellan plastinfodringen av borrhålet och bergväggen.

Borrhålsmotståndet har beräknats för de båda borrhålen – dels med verkliga temperaturer och dels med "medeltemperaturdefinitioner". Borrhålsmotståndet mätt mellan det stigande vattnet utanför centrumslangen och väggen blir bara 0,005. Det finns en artikel skriven om detta. Hur stora olika resistanser i kedjan var visades. Man jämförde också förväntade resistanser med en klen resp. en grov centrumslang.

Pumpens sugförmåga debatterades - och hur långt från grundvattenytan som pumpen kan placeras. Olika pumptyper har olika sughöjd. Klas Andersson ville placera pumpen vid hålet.

Hur man får infodrings "strumpan" tät diskuterades också.

e. Värmdö och andra projekt med en central och många småslangar

På Värmdö finns 4 st. hus som man har följt upp med mätningar under vintern. Hus 29 har en kollektor bestående av en 100 m djup isolerad centrumslang 40 mm och 12 omgivande slangar 16 mm. Värmefaktorn för hus 29 ligger på 2,78 vilket var obetydligt bättre än de övriga husen (som har U-rör). Dock hade hus 29 20 m kortare borrhål.

Borrhålsmotståndet var ca 0,04 i huset nr 29.

Man har kört ett lågt flöde, 0,25 l/s, hela vintern. Värmepumparna var på cirka 3,5 kW kyleffekt. Man hade typiskt 1,5 grader ut och 4,5 grader in till VP. Start och stoppförlopp visades med temperaturprofiler dels i centrumslangen och dels i de omgivande slangarna visades.

När man kyler eller värmer kollektorn med samma effekt blir temperaturprofilen längs slangen helt som förväntat.

John Ljungqvist presenterades UPONOR G12 som använts med en 6 kW Värmepump. Ljungqvist har jobbat med P. Platell under lång tid. Man har haft bra kontakter med IVT och har nu kört kollektorn sen mitten av januari. Hålet är 90 m, byggnaden har golvvärme och är på 200 m² med 7 m i tak. Tappvarmvatten man har inte mätt separat. Kollektorn tar upp cirka 4 kW. Man hade en tempdiff. på 9-11 grader med ett flöde på endast 0,1 kg/s genom kollektorn. Pumpen som satt i värmepumpen har fått styra sig själv. Ibland gick -7 grader ned i backen.

Man ville ha en stor tempdifferens på kalla sidan uppsåtligen.

Bo Jansson varnade i detta sammanhang för låga temperaturer speciellt i lera – marken kollapsar när den fryser och trappor och husväggar kan spricka.

f. Mariehäll

Ingenting har hänt

g. Vaasa

Man bygger ett forskningslabb för geoenergi i Vaasa – kallat Geoenergilab. Man undrar därifrån om våra mätningar och vill gärna ha kontakt med oss om vår mätteknik mm.

h. Kulvert KTH

i. Vår gård

10. Garantiåtaganden

KTH lämnar garantier, under 5 år efter avslutade mätningar, om läckage skulle uppstå på kalla sidan i de anläggningar man forskat på. Värmdö kan bli svårt att forska vidare på eftersom huset sålts.

När projektet upphör skall förlängningarna av rördragningarna i Hammarby, som gjorts för att få plats med flödesmätare mm., demonteras och snyggas till.

11. Hemsidan

Visades översiktligt. Den kommer att växa vidare i samband med att vår forskningsgrupp växer. Forskning kring termisk responstest och BTES (Patricia Monzó) inkluderas i hemsidan.

12. Övriga frågor

13. Nästa möte

Sker på Josés disputation.

14. Mötet avslutades och alla fick en närande lunch – Tack José och KTH!

Vid protokollet

Jan-Erik Nowacki

Till sponsorer samt referensgrupps- och mätgruppsledamöter

Projekt: Effektivare dimensionering av bergvärmesystem

Sponsors-, Referensgrupps- och Mätgruppsmöte, 2013-05-21

Deltagare:

José Acuna, PhD, KTH
Andreas Bigert, A-Energi AB (Elementfläkten)
Björn Bonnevier, docent
Francesco Casellato, ex-arb, KTH
Luca Corbo, ex-arb, KTH
Mattias Ericsson, ex-arb, KTH
Gunnar Forsberg, Viessmann (anlände under mötet)
Francesco Iacono, ex-arb, KTH
Bo Jansson, Stures Brunnsborrning och AVANTI
Johan Kindelberger, ex. arb, KTH
David Kroon, Nibe (anlände under mötet)
Björn Kyrk, konsult, Cooly
Herbert Lindgren, A-Energi AB (Elementfläkten)
Cécile Mallet, ex-arb, KTH (anlände under mötet)
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Patricia Monzó, doktorand, KTH
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, NOWAB
Willy Ociansson, Energy Booster AB
Magnus Tuneld, Energy Booster AB
Björn Palm, professor KTH, handledare
Jens Penttilä, ex-arb, KTH
Jesus Perez, ex-arb, KTH
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eureftec AB
Morgan Willis, SVEP
Olav Öhmark, Danfoss Värmepumpar AB

Förhindrade:

Hans Alexandersson, PEMTEC
Per Backlund, COMSOL
Johan Barth, GEOTEC
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Eric Granryd, professor em
Mats Hannander, Univar
Mats Helander, SWECO
Peter Hill, KTH
Sam Johansson, Hydroresearch AB
Carl Johansson, GRUNDFOS AB
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Michael Klasson, Avanti System AB
Timo Haak, IVT AB
Lars Larsson, Aska Rör
Mauri Lieskoski, Vaasa, Finland
Jean Nicou, SEEC
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mats Nilsson, Alfa Laval
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Juha Ojala, Muovitech Oy
Peter Platell, LOWTE AB
Mikael Ronge, LAFOR
Johan Wasberg, Merinova, Finland

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen.

Utsänd agenda godkändes. Palne M utsågs att föra anteckningar.

2 Presentation av de närvarande

De närvarande presenterade sig kortfattat.

3 Föregående möte 2012-03-27

Inga kommentarer och inga ändringar gjordes till minnesanteckningarna.

4 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer samt kostnader

De allra flesta har lämnat redovisning t o m kvartal 1. Eftersläntare bör lämna in sina redovisningar snarast så att de kan tas med under kvartal 2. Björn P påpekade att det är viktigt för projektet att redovisning kommer in utan fördröjning, eftersom vi är beroende av sponsorsmedlen för att kunna avropa motsvarande projektmedel från EFFSYS+.

5 Redovisning av utförda samt nära förestående arbeten

Inga nya mätningar har utförts sedan föregående möte. Ett antal examensarbeten pågår, som huvudsakligen avser bearbetning av tidigare mätningar. Dessa redovisas nedan under respektive anläggning.

6 Anläggningar

6a. Hammarby. (5 st 140 mm borrhål à 260 m, samt ett på 250 m. BH 1 innehåller två U-rör varav ett används för kaliumkarbonatkretsen, som betecknas BH 0).

Francesco Casellato (Italien) redovisade sitt pågående examensarbete, i vilket han studerar hur borrhålmotstånd och shuntmotstånd mellan skänklarna påverkas av ett återfyllningsmaterials värmekonduktivitet. Han försöker även ta fram korrelationer, som skulle kunna användas vid beräkning av borrhålmotstånd m m i grundvattenfyllda borrhål. Han studerar möjligheten att ta fram ett godhetstal för kollektorer, som inkluderar tryckfallet över dessa. Redovisar examensarbetet den 26 eller 28 juni.

Cécile Mallet (Frankrike) kunde ej närvara och Jose A berättade att hon använder en 1D och en 2D finit element-modell i COMSOL med en lösare för beräkning av bergets värmekonduktivitet och borrhålmotstånd ur mätdata från Josés DTRT-mätningar. Mycket god överensstämmelse med tidigare resultat med linjekällemetoden. Redovisar examensarbetet den 17 juni.

Johan Kindelberger (Frankrike) redovisade sitt pågående examensarbete. Han arbetar på en fjärrstyrd responstestutrustning, som bl a har en bättre reglering av inmatad värmeeffekt och dessutom styrning och dataöverföring via mobilnätet. Återstår bl a att minska störningarna på mätningarna från mobilmodemet. Den innehåller även mjukvara för utvärdering med dels konventionell TRT-teknik, dels utvärdering enligt Rick Beier's metod, OSU (Oklahoma State University).

Samarbete har etablerats med NTNU (Norges teknisk-naturvetenskapelige universitet, Trondheim).

6b. Vega. (2 st 140 mm borrhål à 220 m, BH 7 och BH 8, till enplansvilla, som dessutom har solpaneler. BH 7 har distanshållare mellan slangarna som ger ett cc-avstånd på 78 mm. BH 8 har ena skänkeln isolerad på de översta 25 m). Problemen med störningar på mätsignalerna från termoelementen är ännu ej lösta. Det har konstaterats att störningarna minskar på natten, vilket tolkas som att de möjligen sammanhänger med närliggande järnväg. Här pågår samarbete med CTH och NTNU om metoder för utvärdering. Ett viktigt planerat försök vid denna anläggning var att få jämförande resultat med särskild borrhålskrets för KB-cirkulationen.

6c. Kulvert, KTH. Inget gjort sedan föregående möte. Slangen ligger kvar.

6d. Norrtälje – termosifon.

Pågår samarbete med universitet i Neapel (Università di Napoli) som vidareutvecklar våra modeller för utvärdering av 2-fasströmning.

6e. Lidिंगö. (Gamla BH 9 övergivet, nytt borrhål, BH 10, 190 m, diameter 115 mm, grundvat-
tenyta på 3 m. Koaxialkolektor (rör-i-rör) med tunn yttre plastslang (grön), som ligger an mot
borrhållsväggen. Centrumslangen är isolerad ned till 80 m, den är dock ej centrerad i hålet).

Anläggningen har fungerat bra även denna vinter och går som sagt på rent vatten. Här pågår
samarbete med OSU.

6f. Vaasa (Finland). Här pågår samarbete med Vaasa Universitet, som håller på att bygga en
testanläggning för geotermisk teknik på campus.

6g. Värmdö, Hålludden. Ett nybyggt område vid Hålludden på Värmdö består av ett 50-tal hus,
samtliga med bergvärme och med håldjup från 100 m och längre. Två av borrhållen à 100 m,
diameter 115 mm, har försetts med TIL-kollektorer. Den ena består av ett centralt isolerat rör,
PEM 40, och 6 rör PEM 20/16 i parallell runt periferin. Den andra, BH 11, har 12 rör PEM
16/12 runt periferin. Inga nya mätningar gjorda och huset har övergått till annan ägare och det är
därför ovisst om fortsatta mätningar kan utföras i BH 11.

6h. Mariehåll. (7 Borrhål). Inga nya mätningar utförda.

6i. Vår gård, (Saltsjöbaden). Försök med den separata borrhållskretsen görs först sedan motsva-
rande försök gjorts vid 6k Batterivägen alt vid 6j Husarvägen nedan.

6j. Husarvägen 17, (Vallentuna. 2 borrhål, 115 mm, 140 m. MuoviTechs Turboslang med räff-
lad insida 40x2,4 mm. KB med 20% vol etanol. Huset har ettrörssystem)

Mattias Ericsson (Sverige) redovisade sitt pågående examensarbete, som går ut på att experi-
mentellt studera köldbärarflödets inverkan på systemets värmefaktor och då speciellt vid kopp-
lingar med separat borrhållskrets. Värmepumpen är en IVT 10 kW. Diskussion om stryppörlus-
tens inverkan när man, som i detta fall, endast har en cirkulationspump. Strypörlusten bör be-
räknas. Önskvärt också att redovisa pumpeffekten netto, eftersom den använda cirkulat-
ionspumpen kan ha varierande verkningsgrad vid olika flöden. Anläggningen har försetts med
vux från Alfa-Laval för att kunna dumpa värme och göra experiment även sommardag.

På förslag av Magnus Wåhlin, Team Wåhlin, skall elementfläktar monteras på radiatorerna för
att sänka returtemperaturerna i systemet. Gäller även 6k Batterivägen. Mätningar kommer att
göras kommande vinter.

6k. Batterivägen 6, (Vallentuna. 3 borrhål, 115 mm, 100 m. MuoviTech Turboslang m räfflad
insida 40x2,4 mm. KB med 16 % vol etanol. Ett borrhål skall återfyllas och i detta installeras
40x3,0 mm för att motstå det högre utvändiga trycket vid återfyllningen. Huset har tvårörssy-
stem). Det återfyllda borrhålet har distansklämmor mellan slangskänklarna med cc = 66 mm och
ca en meters delning. Ett av de andra hållen har distansklämmor med cc = 53 mm och samma
delning. Även detta hus får elementfläktar. Även här finns en separat borrhållskrets, som skall
utvärderas på samma sätt som i 6j Husarvägen. Vux finns installerad för att dumpa värme som-
martid för experimenten. Effekten förväntas bli större här med tre borrhål i parallell.

Luca Corbo (Italien) redovisade sitt pågående examensarbete, i vilket han studerar kommersiella
material för återfyllning av borrhål. Återfyllning är planerad att ske med olika material på olika
djup, kanske 2-4 olika material. Redovisar examensarbetet den 17 juni. Diskussion om dels hur

återfyllningen skulle gå till, dels om det inte var för många försöksvariabler samtidigt. I detta sammanhang nämndes också att köldbäraren med 16 % vol etanol enligt Åke Melinder har högre specifik värmekapacitet än rent vatten.

7 Andra geoenergiprojekt som är nära knutna till detta projekt

Patricia Monzó (Spanien) redovisade sitt pågående doktorsarbete. Hon utvecklar en finit element-modell i COMSOL för beräkning av prestanda hos borrhålsfält. Vid beräkning av g-funktioner för prestandabestämning används idag dels analytiska modeller i vilka randvillkoret i borrhålet måste sättas som konstant värmefflöde till borrhålet lika längs hela borrhålet och lika för alla borrhål. I numeriska modeller finns möjlighet att i stället använda ett randvillkor med lika temperatur längs borrhålet och lika temperatur i alla borrhål, vilket svarar bättre mot verkliga förhållanden. De numeriska metoderna är emellertid beräkningstunga och man har vid praktisk tillämpning hittills varit hänvisad till att använda förutberäknade geometrier (EED m fl). Skillnaden mellan de båda randvillkoren blir större med tiden och vid stora borrhålsfält. Genom att i COMSOL-modellen fylla borrhålen med ett fiktivt högledande material (10 – 1000 MW/mK) erhålles (nästan) samma temperatur i hela borrhålet även om all värmeeffekt tillförs upptill. Genom att förena alla borrhål med samma högledande material kan önskad total värmeeffekt matas in på ett ställe och samtidigt uppfylls villkoret om lika temperatur i alla borrhål. Denna temperatur varierar naturligtvis med tiden och beror av den inmatade effektprofilen.

Jesus Perez (Spanien) redovisade sitt pågående examensarbete. Även han gör simuleringar i COMSOL med fiktivt högledande material i borrhål och studerar g-funktionen för hålfält. Denna funktion utgör ett dimensionslöst mått på hålfältets temperaturrespons som funktion av tiden vid en konstant inmatad värmeeffekt.

Jens Penttilä (Sverige) presenterade sitt pågående examensarbete. Även han arbetar med COMSOL-modeller för hålfält med koncentriska ringar av borrhål och jämför dem bl a med kvadratiska hålfält. I den koncentriska geometrin utnyttjas möjligheten att ladda och urladda varje ring individuellt och han visade temperaturkurvor för de olika ringarna vid skilda laddningsstrategier.

Samtliga arbeten ovan bortser från inverkan av grundvattenströmning. Palne M ansåg att det är sällan som grundvatten får någon nämnvärd betydelse, men det förekommer dock sådana fall.

Francesco Iacono (Italien) redovisade sitt pågående examensarbete där han studerar lönsamheten för olika typer av kollektorer i jämförelse med den konventionella U-rörskollektorn. Alternativen är i allmänhet dyrare än U-rörskollektorn och han hade svårt att hitta någon lönsamhet i dessa. Han använder en kalkylränta på 4 % och 10 års avskrivningstid. Jan-Erik N påpekade att man snarare borde använda realränta (i Sverige genomsnittligt 2 % sedan 1938) och betydligt längre avskrivningstid, minst 30 år.

Samarbete har etablerats med UNIGE (Università degli studi di Genova).

Jan-Erik N undrade om man, givet ett visst antal meter borrhål, kan finna ett optimalt avstånd mellan borrhålen vid årslagring av energi.

8 Hemsida

Hemsidan är nu uppdaterad med bl a länkar till José A avhandling och en video från disputationen. Länk: www.energy.kth.se/energibrunnar. Lösenord: GeoEnergiEFFSYS+.

9 Garanti- och andra åtaganden

Inget är skrivet ännu beträffande den 5-åriga garantin mot läckage från kvarsittande mätutrustning efter avslutat experiment, eftersom de flesta anläggningarna går vidare under EFFSYS+.

Väsentligt att formulera någon form av avtal där ägaren av anläggningar som försetts med mätutrustning kan få en garanti mot framtida läckor under t ex 5 år. Vissa återställningsarbeten måste också göras. Björn P åtog sig att engagera KTHs jurister i detta.

10 Projektets fortsättning

EFFSYS+ fortsätter åtminstone fram t o m 2014 och det är fullt möjligt att det blir en fortsättning efter detta. Deltagarna ombads att fundera på lämpliga projekt som kan föreslås i ett ev kommande anslagsäskande.

11 Övriga frågor

Diskussion om framtiden för bergvärme i Sverige. Konstaterades att de flesta villor nu har bergvärme eller annan värmepump och att marknaden på villasidan är nedåtgående. Påpekades att det finns mycket att göra beträffande större fastigheter, bostadsföreningar och liknande.

Vid byte av värmepump har den nya pumpen i allmänhet betydligt bättre värmefaktor än den gamla. Eftersom husets uppvärmningsbehov är oförändrat, betyder detta att mer värme tas ur markkollektorn än tidigare. Detta kan innebära att befintliga borrhål ej räcker till och en utökning av något slag behövs. Bo J berättade att fördjupning av befintliga borrhål börjar ske i viss omfattning och då uppstår kostnads fördelar genom att foderrörsborrningen är gjord, slangar till huset finns på plats m m.

12 Tidplan

José A gick igenom tidplanen för projektet. Det mesta är genomfört.

13 Nästa möte

Beslöts att nästa sponsors-, referensgrupps- och mätgruppsmöte hålls tisdag 2013-11-05, kl 10:00 på KTH.

Palne Mogensen

Till sponsorer samt referensgrupps- och mätgruppsledamöter

Projekt: Effektivare dimensionering av bergvärmesystem

Sponsors-, Referensgrupps- och Mätgruppsmöte, 2013-11-05

Deltagare:

José Acuna, forskare, KTH
Hans Alexandersson, PEMTEC
Björn Bonnevier, docent
Marc Derouet, ex-arb, KTH
Mattias Ericsson, ex-arb, KTH
Gunnar Forsberg, Viessmann Värmeteknik AB
Michel Garnier, ex-arb, KTH
Bo Jansson, Stures Brunnsborrning och AVANTI
Sam Johansson, Hydroresearch AB
David Kroon, Nibe
Björn Kyrk, konsult, Cooly
Marine Marcucci, ex-arb, KTH
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Patricia Monzó, doktorand, KTH
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Björn Palm, professor KTH, handledare
Peter Platell, LOWTE AB
Camille Simondon, ex-arb, KTH
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eureftec AB
Albrecht Wurtz, Danfoss Värmepumpar AB
Giovanni Nicora, UNIGE, ex-arb, KTH
Federico Parodi, UNIGE, ex-arb, KTH
Alexandro Righi, ex-arb, KTH

Förhindrade:

Per Backlund, COMSOL
Johan Barth, GEOTEC
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning
Eric Granryd, professor em
Timo Haak, IVT AB
Mats Hannander, Univar
Mats Helander, SWECO
Peter Hill, handledare, KTH
Carl Godmark, GRUNDFOS AB
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Michael Klasson, Avanti System AB
Lars Larsson, Aska Rör
Mauri Lieskoski, Vaasa, Finland
Herbert Lindgren, A-Energi AB (Elementfläkten)
Jean Nicou, SEEC
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mats Nilsson, Alfa Laval
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Jan-Erik Nowacki, NOWAB
Willy Ociansson, Energy Booster AB
Juha Ojala, Muovitech Oy
Mikael Ronge, LAFOR
Johan Wasberg, Merinova, Finland

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen.

Utsänd agenda godkändes. Palne M utsågs att föra anteckningar.

2 Presentation av de närvarande

De närvarande presenterade sig kortfattat.

3 Föregående möte 2012-05-21

Inga kommentarer och inga ändringar gjordes till minnesanteckningarna.

4 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer samt kostnader

Många, men inte alla, har lämnat redovisning t o m kvartal 3. Eftersläntrare bör lämna in sina redovisningar snarast så att de kan tas med under kvartal 4. Vi är beroende av sponsorsmedlen för att kunna avropa motsvarande projektmedel från EFFSYS+.

5 Redovisning av utförda samt nära förestående arbeten

José A meddelade att två nya anläggningar i Vallentuna har tillkommit och mätningar påbörjats i dessa. I övrigt har det mest handlat om fortsatt bearbetning av tidigare mätdata, framförallt från BH 4 i Hammarby. Vi deltar i EU-projektet **GROUND-MED**, som avser tillämpningar av markvärmepumpar i medelhavsklimat. Projektet är femårigt med start 2009 och med mål att uppnå SPF (säsongsvärmefaktor) >5. I ett tillhörande doktorandprojekt simuleras temperaturför-

loppet i ett litet borrhålsfält vid Universitetet i Valencia, UPV. Ett antal nya kontakter har etablerats med andra universitet inom Europa och i några fall även längre bort. Inom ramen för ett EU-projekt har en kvalificerad handbok, **Bergvärme på djupet**, tagits fram av en mindre grupp vid institutionen. Projektet redovisas mer i detalj under punkt 6 nedan.

6 Anläggningar

6a. Hammarby. (5 st 140 mm borrhål à 260 m, samt ett på 250 m. BH 1 innehåller två U-rör varav ett används för kaliumkarbonatkretsen, som betecknas BH 0). Samarbete har etablerats med NTNU (Norges Teknisk–Naturvetenskapliga Universitet, Trondheim), som gör en detaljstudie över vad som sker under "första timmen" i grundvattenfyllt borrhål med U-rör. Samarbete också med CTH angående konvektion i borrhål samt med Oklahoma State University, OSU, angående matematisk modellering av hela temperaturprofilen i borrhål. Samarbete med UPV angående utveckling av nya transienta modeller för U-rörs värmeväxlare.

Camille Simondon, ex-jobbare, Frankrike, har arbetat med att ställa i ordning den nyutvecklade utrustningen för termisk responstest, TRT. Utrustningen är nu helt klar mekaniskt (se tidigare anteckningar för detaljer), bl a har en läckande pump åtgärdats och arbetet är nu inriktat på att få systemet för fjärrstyrning i funktion. Detta innehåller många finesser och blev väl komplicerat. Det mesta av finesserna är nu passiverade tills vidare och endast basfunktionerna återstår. Övriga finesser kommer att kopplas in allteftersom behov uppstår. Han studerar även olika metoder för utvärdering av TRT. Styrning och presentation av data från TRT-utrustningen på den virtuella manöverpanelen har programmerats i Labview och länkningen till styrda och mätande enheter sker bland annat via Modbus. För utvärderingsmodellerna används programmeringsspråket Python.

6b. Vega. (2 st 140 mm borrhål à 220 m, BH 7 och BH 8, till enplansvilla, som dessutom har solpaneler. BH 7 har distanshållare mellan slangarna som ger ett cc-avstånd på 78 mm. BH 8 har ena skänkeln isolerad på de översta 25 m). Problemen med störningar på mätsignalerna från termoelementen är ännu ej lösta. Det har konstaterats att störningarna minskar på natten, vilket tolkas som att de möjligen sammanhänger med närliggande järnväg. Mätningar görs bara med fibertekniken, vilket ger bättre information än med termoelementen. Här pågår samarbete med CTH om metoder för utvärdering. Ett viktigt planerat försök vid denna anläggning var att få jämförande resultat med särskild borrhålskrets för KB-cirkulationen.

Monika Ignatowicz, doktorand, studerar köldbärares egenskaper i praktiken med tonvikt på etanol. Åke Melinders etanoldata är framtagna för kemiskt ren etanol, medan den etanol som används i praktiken, köldbärande-etanol, dels innehåller 5 % vikt vatten, dels flera % denatureringsmedel (vanligen n-butanol och isopropanol) samt ofta korrosionsinhibitorer av olika slag. Fryspunkt, viskositet, densitet, värmeövergångstal m m påverkas.

Möjligheterna att använda mer utspädda etanollösningar diskuterades och det nämndes att vid låga koncentrationer har etanollösningar högre specifik värmekapacitet än rent vatten. Viskositeten är dock högre och värmekonduktiviteten lägre än för vattnet, så man kan inte allmänt säga att dessa lösningar är bättre köldbärare än vatten.

Diskussion också kring frågan om risken för frostsprängning ökar för utspädda etanollösningar. Påpekades att is i sig själv inte har någon sprängverkan, utan frostsprängning uppstår när ofrusat vatten stängs in så att trycket ökar när vattnet fortsätter att frysa. Kenneth W hade med praktiska

prov konstaterat att vid frysning kunde även så utspädda lösningar som ca 7 % etanol ge en is-sörja som var tillräckligt plastisk för att tryckas upp ur halsen på en glasflaska.

6c. Norrtälje – termosifon.

Samarbete har skett med Universitetet i Neapel (Università di Napoli) som vidareutvecklat våra modeller för utvärdering av 2-fasströmning. Samarbetet är dock ifrågasatt för tillfället. Anläggningen har nu bytt ägare och det är tveksamt om fortsatta mätningar kan utföras här.

6d. Lidingö. (Gamla BH 9 övergivet, nytt borrhål, BH 10, 190 m, diameter 115 mm, grundvattnetyta på 3 m. Koaxialkolektor (rör-i-rör) med tunn yttre plastslang (grön), som ligger an mot borrhålsväggen. Centrumslangen är isolerad ned till 80 m, den är dock ej centrerad i hålet). Här pågår samarbete med OSU, där en matematisk modell för temperaturprofilen i ett borrhål testas mot våra mätdata från tidigare experiment.

6e. Värmdö, Hålludden. Ett nybyggt område vid Hålludden på Värmdö består av ett 50-tal hus, samtliga med bergvärme och med håldjup från 100 m och längre. Två av borrhålen à 100 m, diameter 115 mm, har försetts med TIL-kollektorer. Den ena består av ett centralt isolerat rör, PEM 40, och 6 rör PEM 20/16 i parallell runt periferin. Den andra, BH 11, har 12 rör PEM 16/12 runt periferin. Inga nya mätningar gjorda och huset har övergått till annan ägare. Det är möjligt att utföra fortsatta mätningar i BH 11 om så önskas. Mätgivare finns kvar.

6f. Mariehäll. (7 Borrhål). Inget är gjort eller planerat, men mätgivarna finns kvar.

6g. Vaasa (Finland). Vaasa Universitet håller på att bygga en testanläggning för geotermisk teknik på campus. José A har bistått med råd ang uppbyggnaden av anläggningen.

6h. Kulvert, KTH. Inget gjort sedan föregående möte. Slangen ligger kvar och är tillgänglig för experiment om så önskas.

6i. Vår gård, Saltsjöbaden. Försök med den separata borrhålskretsen görs förhoppningsvis först sedan motsvarande försök gjorts vid 6j Husarvägen alt vid 6k Batterivägen nedan.

6j. Husarvägen 17, Vallentuna. (2 borrhål à 140 m, diameter 115 mm. MuoviTechs Turboslang med räfflad insida 40x2,4 mm. Körs med 20% vol KB-etanol. Huset har ettrörssystem)

Mattias Ericsson presenterade anläggningen, som har separat borrhålskrets, en pump och reglerbar bypass för att minska köldbärarflödet i värmepumpen, som här är en IVT Premium Line EQ, E10 10kW. Anläggningen har byggts ut med tryckmätning på båda sidor om cirkulationspumpen för att kunna bestämma strypförlusten. Effektöverskottet på varma sidan kyls bort med stadsvatten och en termostatstyrd reglerventil håller framledningstemperaturen konstant. Mätssystemet är kompletterat med en logger som går att läsa på distans för att effektivisera mätningarna. Husets radiatorer håller på att förses med elementfläktar för att så småningom utvärdera effektiviteten hos detta koncept.

6k. Batterivägen 6, Vallentuna. (3 borrhål à 100 m, diameter 115 mm. MuoviTech Turboslang m räfflad insida 40x2,4 mm. Körs med 16 % vol KB-etanol. Ett borrhål är återfyllt och i detta sitter 40x3,0 mm slang för att motstå det högre utvändiga trycket vid återfyllningen. Huset har tvårörssystem). Det återfyllda borrhålet har distansklämmor mellan slangskänklarna med cc =

66 mm och ca en meters delning. Ett av de andra hålen har distansklämmor med $cc = 53$ mm och samma delning. Även detta hus får elementfläktar. Också här finns en separat borrhålskrets, som skall utvärderas på samma sätt som i 6j Husarvägen. Vvx mot stadsvatten finns installerad för att dumpa värme sommartid och möjliggöra experiment året runt. Effekten av separat borrhålskrets förväntas bli större här med tre borrhål i parallell.

Marine Marcucci, ex-jobbare, Frankrike, arbetar i projektet med utvärdering av differentiell temperaturresponsmätning DTRT, enligt gängse metoder. Ett borrhål är återfyllt med; längst ned cementkvartsblandning därefter ett grafithaltigt material, som ska blandas med en bestämd mängd vatten och sedan pumpas ned i hålet. Slutligen grafitfyllda pellets, som löser upp sig till lagom konsistens i borrhålsvattnet och kan skyfflas ned direkt. Injekteringen försvårades av distanshållarna på vilka särskilt pellets hade en tendens att fastna. Marine tittar även på teoretiska och labbmodeller för beräkning och mätning av återfyllningens termiska motstånd.

Diskussion om andra återfyllnadsmaterial, speciellt möjligheten att använda borrhax. Berget har ofta en värmekonduktivitet kring 3 W/mK , vilket är högt i detta sammanhang. Påpekades att blandningen av kaxpartiklar och vatten får en betydligt lägre konduktivitet. Det råder en negativ syn på denna möjlighet p g a risken för sedimentation. Kaxet består av partiklar med vitt skilda storlekar, som får olika sjunkhastighet. Stora partiklar kommer att lägga sig längst ned i hålet och de minsta högst upp. Packningsgraden blir dålig och återfyllningen blir således inte tät.

6l. Syrenparken, Saltsjöbaden. En bostadsrättsförening med 150 lägenheter i låghus (total uppvärmt yta $14\,000 \text{ m}^2$), årligt energibehov för värme och varmvatten ca $1\,600 \text{ MWh}$, har mycket större oljeförbrukning än förväntat efter installation av tre stora värmepumpar. Typiskt förbrukas $50 \text{ m}^3/\text{år}$ i stället för beräknat 20 m^3 eldningsolja. Uppgiften är att undersöka var orsaken till detta missförhållande ligger och föreslå åtgärder.

Marc Derouet och Michel Garnier, exjobbare, från Frankrike, arbetar tillsammans på detta projekt. Marc skall behandla borrhålsfältet och Michel värmepumpanläggningen med tillhörande oljepanna. Systemet har byggts ut i två etapper. I den första (1999) gjordes 13 borrhål i linje längs en kant på tomten och 2 värmepumpar installerades. I andra etappen borrades 12 borrhål längs 2 tomtsidor och en tredje värmepump installerades. Borrhålen sitter parvis i samlingsbrunnar; i princip ett vertikalt och ett gradat. I det senare borrhålsfältet ligger borrhålen ungefär i L-form. De båda borrhålsfälten har rimligen mycket liten interaktion sinsemellan och Marc skall utveckla en g-funktion för vardera fältet. Detta är nödvändigt eftersom de båda fälten har skilda belastningshistorier.

Michel har börjat titta på mätdata och funnit att något kan vara fel i data för VP3 (den nyaste värmepumpen).

7 Andra geoenergiprojekt som är nära knutna till detta projekt

Patricia Monzó, doktorand, redovisade sitt pågående doktorsarbete. Hon utvecklar en finit element-modell i COMSOL för beräkning av prestanda hos borrhålsfält. Arbetet har två skilda mål. Dels skall man kunna simulera en given anläggning, dvs beräkna utgående temperatur med kännedom om inmatad resp uttagen värmeeffekt, bergets termiska data och borrhålsgeometrin. Patricia M visade en graf från ett 2×3 borrhålsfält vid Universitetet i Valencia, där överensstämmelsen var god mellan uppmätta och beräknade temperaturer över flera år.

Det andra målet är att kunna bestämma den så kallade g-funktionen för ett godtyckligt borrhålsfält. Denna funktion är i viss mening en abstraktion; fältet antas ligga i helt homogen mark (berg), inget geotermiskt flöde råder, ingen nederbörd eller grundvattenflöde förekommer osv. Funktionen anger borrhålsfältets temperatursvar över tid som resultat av ett pålagt effektsteg vid tiden noll. Eftersom temperatursvaret vid varje tidpunkt är proportionellt mot effekten kan g-funktionen användas för att beräkna köldbärartemperaturen efter ett antal effektsteg med olika storlek och varaktighet.

Vid beräkning av g-funktioner används idag dels analytiska modeller i vilka randvillkoret vid borrhålsväggen måste sättas som ett konstant värmefflöde per meter till borrhålet lika längs hela borrhålet och lika för alla borrhål. I numeriska modeller finns möjlighet att i stället använda ett randvillkor med lika temperatur längs borrhålet och lika temperatur i alla borrhål, vilket svarar bättre mot verkliga förhållanden där alla borrhål kopplas i parallell. De numeriska metoderna är emellertid beräkningstunga och man har vid praktisk tillämpning hittills varit hänvisad till att använda förberäknade geometrier (EED m fl). Skillnaden mellan de båda randvillkoren blir större med tiden och vid stora borrhålsfält. Genom att i COMSOL-modellen fylla borrhålen med HCM, ett fiktivt material med mycket hög värmekonduktivitet (10–1000 W/mK), erhålls (nästan) samma temperatur i hela borrhålet, även om all värmeeffekt tillförs upptill. En låg konduktivitet som skapar en axiell temperaturdifferens inkluderas också för att studera randvillkoren med koaxialkollektorer. Genom att förena alla borrhål med bryggor av HCM, kan önskad total värmeeffekt matas in på ett ställe och samtidigt uppfylls randvillkoret om lika temperatur i alla borrhål. Denna temperatur varierar naturligtvis med tiden och beror av den inmatade effekten. Palne M agerar bollplank i detta arbete. Samarbete har etablerats med UNIGE (Università degli studi di Genova).

8 Hemsida

Hemsidan är nu uppdaterad med bl a många examensarbeten och publicerade rapporter. Länk: www.energy.kth.se/energibrunnar. Lösenord: GeoEnergiEFFSYS+.

9 Garanti- och andra åtaganden

Inget är skrivet ännu beträffande den 5-åriga garantin mot läckage från kvarsittande mätutrustning efter avslutat experiment och eftersom Björn P varit tvungen att avvika tidigare från mötet, kunde inte det aktuella läget rapporteras.

10 Projektets fortsättning

EFFSYS+ fortsätter åtminstone fram t o m juni 2014 och det är fullt möjligt att det blir en fortsättning efter detta.

11 Övriga frågor

Inbjöds att inkomma med förslag på nya projekt, exempelvis nya kollektorer.

12 Nästa möte

Beslöts att nästa sponsors-, referensgrupps- och mätgruppsmöte hålls tisdag 2014-03-18, kl 10:00 på KTH.

Palne Mogensen

Till sponsorer samt referensgrupps- och mätgruppsledamöter

Projekt: Effektivare dimensionering av bergvärmesystem

Sponsors-, Referensgrupps- och Mätgruppsmöte, 2014-03-18

Deltagare:

José Acuña, forskare, KTH
Klas Andersson, Klas Andersson Engineering
Björn Bonnevier, docent
Marc Derouet, ex-arb, KTH
Michel Garnier, ex-arb, KTH
Jerry Kajnäs, Thermovent
Björn Kyrk, konsult, Cooly
Herbert Lindgren, A-Energi AB (Elementfläkten)
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, NOWAB och SVEP
Willy Ociansson, Energy Booster AB
Björn Palm, professor KTH, handledare
Davide Rolando, doktorand, UNIGE och KTH
Dag Suleyman, Uponor
Albrecht Wurtz, Danfoss Värmepumpar AB

Gunnar Forsberg, Viessmann Värmeteknik AB
Eric Granryd, professor em
Timo Haak, IVT AB
Mats Hannander, Univar
Mats Helander, SWECO
Peter Hill, handledare, KTH
Bo Jansson, Stures Brunnsborrning och AVANTI
Carl Godmark, GRUNDFOS AB
Sam Johansson, Hydroresearch AB
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Michael Klasson, Avanti System AB
David Kroon, Nibe
Lars Larsson, Aska Rör
Mauri Lieskoski, Vaasa, Finland
Patricia Monzó, doktorand, KTH
Jean Nicou, SEEC
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mats Nilsson, Alfa Laval
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Juha Ojala, Muovitech Oy
Peter Platell, LOWTE AB
Johan Wasberg, Merinova, Finland
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eureftec AB

Förhindrade:

Hans Alexandersson, PEMTEC
Per Backlund, COMSOL
Johan Barth, GEOTEC
Brage Broberg, Brobergs Brunnsborrning

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen.

Utsänd agenda godkändes med tillägg av punkt 6m. Mobil responstestutrustning.
Palne M utsågs att föra anteckningar.

2 Presentation av de närvarande

De närvarande presenterade sig kortfattat.

3 Föregående möte 2013-11-05

Inga kommentarer och inga ändringar gjordes till minnesanteckningarna.

4 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer samt kostnader

Eftersläntare bör lämna in sina redovisningar snarast så att de kan tas med under kvartal 1 i år.
Vi är beroende av sponsorsmedlen för att kunna avropa motsvarande projektmedel från EFFSYS+.

5 Utförda samt nära förestående arbeten. Hälsning från Martin Forsén

José A meddelade att det mest handlat om fortsatt bearbetning av tidigare mätdata, framförallt från BH 4 i Hammarby samt mätningar på de nytillkomna anläggningarna i Saltsjöbaden och Vallentuna. Kontakterna med andra universitet har i flera fall utvecklats väl med ökande samarbete och erfarenhetsutbyte.

Tommy N läste upp följande hälsning från Martin Forsén, ordf i EFFSYS+, som fördelar Energinmyndighetens anslag: ...”*Det är en imponerande grupp ni har som har träffats med god kontinuitet under lång tid. Jag hoppas verkligen att det kan bli en fortsättning på det här i ett kommande program. På EFFSYS+ styrelsemöten framhåller jag ofta detta projekt som ett mönsterprojekt. Jag kan inte komma på något annat projekt som lyckats så väl (i vår bransch ska väl kanske tilläggas) med att överbrygga klyftan mellan forskarvärlden, tillverkare och utförare*” ...

6 Anläggningar

6a. Hammarby. (5 st 140 mm borrhål à 260 m, samt ett på 250 m. BH 1 innehåller två U-rör varav ett används för kaliumkarbonatkretsen, som betecknas BH 0).

Samarbetet med NTNU (Norges Tekniskt–Naturvetenskapliga Universitet, Trondheim), har lett till en rapport över temperaturförlopp i grundvattenfyllt borrhål med U-rör och en motsvarande rapport för koaxiala kollektorer (under publicering). Studierna har utsträckts till 700 m djupa hål och även inkluderande motsvarande geotermiska gradienter. José A visade en graf över beräknade KB-temperaturer samt en graf över variationen i COP (värmefaktor) med KB-flödet och med BH-djupet som parameter. En förenklad modell för COP som funktion av relevanta variabler har använts.

Davide R, doktorand på UNIGE och KTH, redovisade sina studier av TRT (termiskt respons-test) inkl TRT under kylning. Han redovisade även sitt arbete med att förbättra ASHRAEs formel för dimensionering av BH-fält. Formeln innehåller en ”Temperatur penalty”-term, som tar hänsyn till de fyra mest närliggande borrhålen. Davide R har vidareutvecklat formeln till att inkludera de åtta närmaste borrhålen. Han har även arbetat med helt analytiska FLS-(Finite Line Source)-lösningar för g-funktioner. Davide kommer att utföra ett DTRT med värmeuttag i BH 4.

Samarbete pågår med UPV (Universitetet i Valencia) angående en 1D-modell för injekterade U-rörskollektorer, där man använder en elektrisk analogi med resistanser och kapacitanser. Påminner om Claesson-Javeds modell, CTH.

6b. Vega. (2 st 140 mm borrhål à 220 m, BH 7 och BH 8, till en enplansvilla, som dessutom har solpaneler. BH 7 har distanshållare mellan slangarna som ger ett cc-avstånd på 78 mm. BH 8 har ena skänkeln isolerad på de översta 25 m). Inget nytt gjort förutom att vi delat med oss av vissa dataserier från denna anläggning, som forskningsgruppen vid CTH har begärt och som kan resultera i ökat samarbete.

6c. Norrtälje – termosifon.

Samarbetet med Universitetet i Neapel (Università di Napoli) har upphört. Inget nytt gjort. Huset har sålts och möjligheten att få tillgång till borrhålet är oklar.

6d. Lidingö. (Gamla BH 9 övergivet, nytt borrhål, BH 10, 190 m, diameter 115 mm, grundvattenyta på 3 m. Koaxialkolektor (rör-i-rör) med tunn yttre plastslang (grön), som ligger an mot borrhållsväggen och tyvärr läcker något. Centrumslangen är isolerad ned till 80 m, den är dock ej centrerad i hålet). Husets boarea 150 m². Anläggningen går fortfarande på rent vatten utan problem. Ägaren eldar dock en hel del ved. Diskussion om körsätt för cirkulationspumpen med hänsyn till läckan.

En matematisk modell från OSU (Rick Beier) för temperaturprofilen i ett borrhål har testats mot våra mätdata. Överensstämmelsen blev mycket god.

6e. Värmdö, Hålludden. Ett relativt nybyggt område vid Hålludden på Värmdö består av ett 50-tal hus, samtliga med bergvärme och med håldjup från 100 m och längre. Två av borrhålen à 100 m, diameter 115 mm, har försetts med TIL-kollektorer. Den ena består av ett centralt isoleerat rör, PEM 40, och 6 rör PEM 20/16 i parallell runt periferin. Den andra, BH 11, har 12 rör PEM 16/12 runt periferin. Inget nytt gjort. Tillgång till huset möjlig för ev fortsatta mätningar.

6f. Mariehäll. (7 Borrhål). Inget är gjort eller planerat, men mätgivarna finns kvar.

6g. Vaasa (Finland). Uppbyggnad av testanläggning för berg- och jordvärme pågår. José A inbjuden att medverka.

6h. Kulvert, KTH. Slangen ligger kvar och är tillgänglig för experiment om så önskas.

6i. Vår gård, Saltsjöbaden. Försök med den separata borrhålskretsen görs först sedan motsvarande försök gjorts vid 6j. Husarvägen alt vid 6k. Batterivägen nedan.

6j. Husarvägen 17, Vallentuna. (2 borrhål à 140 m, diameter 115 mm. MuoviTechs Turboslang med räfflad insida 40x2,4 mm. Körs med 20 % vol KB-etanol. Huset har ettrörssystem)

Anläggningen har separat borrhålskrets, en pump och reglerbar bypass för att minska köldbärarflödet i värmepumpen, som här är en IVT Premium Line EQ, E10 10kW. Anläggningen har byggts ut med tryckmätning på båda sidor om cirkulationspumpen för att kunna bestämma strypförlusten. Effektoverskottet på varma sidan kyls vid behov bort med stadsvatten och en termostatstyrd reglerventil håller framledningstemperaturen konstant. Mätssystemet är kompletterat med en logger som går att läsa på distans för att effektivisera mätningarna. Husets radiatorer har försetts med elementfläktar för att utvärdera effektiviteten hos detta koncept kombinerat med ettrörssystem och bergvärme. Två exjobbare, Frida Andersson och André Sahlstén arbetar med detta.

Diskussion om optimal temperaturdifferens i KB-kretsen (KB = köldbärare).

6k. Batterivägen 6, Vallentuna. (3 borrhål à 100 m, diameter 115 mm. MuoviTech Turboslang m räfflad insida 40x2,4 mm. Körs med 16 % vol KB-etanol. Ett borrhål är återfyllt och i detta sitter 40x3,0 mm slang för att motstå det högre utvändiga trycket vid återfyllningen. Huset har tvårörssystem). Det återfyllda borrhålet har distansklämmor mellan slangskänklarna med cc = 66 mm och ca en meters delning. Ett av de andra hålen har distansklämmor med cc = 53 mm och samma delning. Även detta hus får elementfläktar för utvärdering tillsammans med tvårörssystem och bergvärme. Också här finns en separat borrhålskrets, som skall utvärderas på samma sätt som i 6j. Husarvägen. VVX mot stadsvatten finns installerad för att dumpa värme sommartid och möjliggöra experiment året runt. Effekten av separat borrhålskrets förväntas bli större här med tre borrhål i parallell.

Marine Marcucci, ex-jobbare, Frankrike, har utvärderat det återfyllda borrhålet med differentiell temperaturresponsmätning, DTRT, enligt gängse metoder. Ett borrhål är återfyllt med; längst ned cement-kvartsblandning, därefter ett cement-grafithaltigt material, som ska blandas med en bestämd mängd vatten och sedan pumpas ned i hålet. Slutligen grafitfyllda pellets, som löser upp sig till lagom konsistens i borrhålsvattnet och kan skyfflas ned direkt. Injekteringen försvårades av distanshållarna på vilka särskilt pellets hade en tendens att fastna. Marine tittar även på teoretiska resp labbmodeller för beräkning och mätning av återfyllningens termiska motstånd.

Försök att bestämma värmekonduktiviteten på labbtillverkade prover av de cementbaserade proverna misslyckades på grund av dålig mekanisk hållfasthet och en tendens att torka ut under mätningen. Rapport finns utlagd på hemsidan. Resultatet från DTRT visar någorlunda bra överensstämmelse med tillverkardata vad gäller pulverlösningarna, med en värmeledningsförmåga av cirka 2 W/mK (lokalt borrhålmotstånd ca 0.11 Km/W). Resultatet i sektionen med pellets blev närmare som ett grundvattenfyllt borrhål ($R_b=0,07$ Km/W) pga ovannämnda problem under injiceringen.

6l. Syrenparken, Saltsjöbaden. En bostadsrättsförening med 150 lägenheter i låghus (total uppvärmt yta 14 000 m²), årligt energibehov för ventilation, värme och varmvatten ca 1 750 MWh, har mycket större oljeförbrukning än förväntat efter installation av tre stora värmepumpar med sammanlagt 270 kW nom värmeeffekt. Typiskt förbrukas 50 m³ eldningsolja per år i stället för beräknat 20 m³. Den första uppgiften har varit att undersöka var orsaken till detta missförhållande ligger och föreslå åtgärder.

Marc Derouet och Michel Garnier, exjobbare från Frankrike, arbetar på detta projekt. Marc har behandlat borrhålsfältet och Michel värmepumpanläggningen med tillhörande oljepanna. De redovisade huvuddragen i respektive exjobb som slutredovisas på fredag 21 mars.

Systemet har byggts ut i två etapper. I den första (1999) gjordes 14 borrhål i linje längs en kant på tomten och 2 värmepumpar installerades. I andra etappen borrades 12 borrhål längs 2 tomtsidor och en tredje värmepump installerades. Borrhålen sitter parvis i samlingsbrunnar och är i princip gradade i motsatta riktningar. I det senare borrhålsfältet ligger borrhålen ungefär i L-form. De båda borrhålsfälten har till att börja med mycket liten interaktion sinsemellan och Marc har utvecklat en g-funktion för vardera fältet. Detta var nödvändigt eftersom de båda fälten har skilda belastningshistorier. Marc vidareutvecklade ett befintligt FLS-program till att även omfatta osymmetriska geometrier. Efter ca 30 år kommer de båda hålgrupperna att börja påverka varandra och Marc redovisade även den totala g-funktionen, som inte planar ut förrän efter långt mer än 1000 år. Med ett antagande om fortsatt oförändrat värmeuttag visade Marc att hålens medeltemperatur kommer att sjunka ytterligare ca 2 K fram till 2050. Slutsatsen blev dock att hålen är adekvat dimensionerade för nuvarande värmeuttag.

Michel kunde, efter loggning av systemet under ett antal olika driftförhållanden, göra energibalanser för några perioder inklusive hela 2013 och även ett varaktighetsdiagram för effektbehovet. Det konstaterades att oljepannan gick in i onödan, trots gjorda justeringar av samkörningen. På försök stängdes oljepannan av under ett par veckor i februari, med undantag för den dag i veckan då varmvattentemperaturen höjs för att döda ev legionellaförekomst. Försöket ledde till få klagomål, trots att det genomsnittligt fattades ca 3 K för att nå framledningstemperaturens börvärde. Visade sig också att framledningstemperaturens börvärde blev marginellt högre än tillåtet för VP3. Slutsatserna blev att erforderlig framledningstemperatur bör minskas genom lämpliga åtgärder, så att värmepumparna kan utnyttjas till sin fulla effekt. Vidare bör styrstrategin utvecklas för att bättre kunna ta hand om köldknäppar och höglastperioder.

6m. Mobil TRT-utrustning. Camille Simondon, ex-jobbare, Frankrike, har nu ställt i ordning den nyutvecklade utrustningen för termiskt responstest, TRT och DTRT (differentiellt TRT). Fjärrstyrning samt presentation av data från TRT-utrustningen på den virtuella manöverpanelen har programmerats om i Python (ett fritt tillgängligt programmeringsspråk i motsats till Labview, som ursprungligen användes) och länkningen till styrda och mätande enheter sker bland annat via Modbus. Även för utvärderingsmodellerna har Python använts.

Dessutom presenterades Palne Ms TRT-utrustning, världens första mobila TRT-maskin, från 1983, som numera finns på KTH och visas för allmänheten. Utrustningen arbetade med värmeuttag från BH för att minska inflytandet från egenkonvektion i grundvattenfyllda borrhål.

7 Andra geoenergiprojekt som är nära knutna till detta projekt

Patricia Monzó, doktorand, utvecklar en finit element-modell i COMSOL för beräkning av prestanda hos borrhålsfält. Arbetet har två skilda mål. Dels skall man kunna simulera en given anläggning, dvs beräkna utgående temperatur med kännedom om inmatad resp uttagen värmeeffekt, bergets termiska data och borrhålsgeometrin. Det andra målet är att kunna bestämma (och eventuellt förbättra beräkningen av) den så kallade g-funktionen för ett godtyckligt borrhålsfält.

Vid beräkning av g-funktioner används idag dels analytiska modeller i vilka randvillkoret vid borrhålsväggen måste sättas som ett konstant värmefflöde per meter till borrhålet, lika längs hela borrhålet och lika för alla borrhål. I numeriska modeller finns möjlighet att i stället använda ett randvillkor med lika temperatur längs borrhålet och lika temperatur i alla borrhål, vilket svarar bättre mot verkliga förhållanden där alla borrhål kopplas i parallell. De numeriska metoderna är emellertid beräkningstunga och man har vid praktisk tillämpning hittills varit hänvisad till att använda förutberäknade geometrier (EED, GLHEPRO m fl). Skillnaden mellan de båda randvillkoren blir större med tiden och vid stora borrhålsfält. Genom att i COMSOL-modellen fylla borrhålen med HCM, ett fiktivt material med mycket hög värmekonduktivitet, erhålls samma temperatur i hela borrhålet, även om all värmeeffekt tillförs upptill. Genom att förena alla borrhål med bryggor av HCM, kan önskad total värmeeffekt matas in på ett ställe och samtidigt uppfylls randvillkoret om lika temperatur i alla borrhål. Denna temperatur varierar naturligtvis med tiden och beror av den inmatade effekten. Modellen har validerats i samarbete med UPV med mätdata från ett flerborrhålssystem i Valencia, Spanien. Nu utvecklas denna vidare för att studera några obesvarade frågor gällande Eskilsons g-funktioner.

8 Hemsida

Hemsidan hålls uppdaterad med bl a många examensarbeten och publicerade rapporter. Länk: www.energy.kth.se/energibrunnar. Lösenord: GeoEnergiEFFSYS+.

9 Garanti- och andra åtaganden

Inget är skrivet ännu beträffande den 5-åriga garantin mot läckage från kvarsittande mätutrustning efter avslutat experiment. Avsikten är att formulera någon form av avtal där ägare av anläggningar, som försetts med mätutrustning, kan få en garanti mot framtida läckor under t ex 5 år. Vissa återställningsarbeten måste också göras.

10 Projektets fortsättning

EFFSYS+ skall slutredovisas sista juni 2014. Det är fullt möjligt att det blir en fortsättning.

11 Övriga frågor

Om det blir en fortsättning på EFFSYS+ är det lämpligt att var och en funderar på förslag till framtida projekt.

12 Nästa möte

Beslöts att nästa sponsors-, referensgrupps- och mätgruppsmöte hålls tisdag 2014-06-03, kl 10:00 på KTH.

Till sponsorer samt referensgrupps- och mätgruppsledamöter

Projekt: Effektivare dimensionering av bergvärmesystem

Sponsors-, Referensgrupps- och Mätgruppsmöte, 2014-06-03

Deltagare:

José Acuna, forskare, KTH
Klas Andersson, Klas Andersson Engineering
Björn Bonnevier, docent, KTH
Martin Forsén, NIBE
Eric Granryd, professor em
Monika Ignatowicz, doktorand, KTH
Rolf Jonasson, Wilo Sverige AB
Björn Kyrk, konsult, Cooly
Herbert Lindgren, A-Energi AB (Elementfläkten)
Palne Mogensen, konsult, PMAB
Patricia Monzó, doktorand, KTH
Tommy Nilsson, projektsamordnare
Jan-Erik Nowacki, NOWAB och SVEP
Björn Palm, professor KTH, handledare
Myles Quigley, Uponor, Ground Energy
Davide Rolando, gästdoktorand, UNIGE, Italien
Johan Stare, KTH
Dag Suleyman, Uponor
Kenneth Weber, EMT Kylteknik AB & Eureftec AB
Albrecht Wurtz, Danfoss Värmepumpar AB

Per Backlund, COMSOL
Johan Barth, GEOTEC
Brage Broberg, Brobergs Brunnborrning
Gunnar Forsberg, Viessmann Värmeteknik AB
Timo Haak, IVT AB
Mats Hannander, Univar
Mats Helander, SWECO
Peter Hill, handledare, KTH
Bo Jansson, Stures Brunnborrning och AVANTI
Carl Godmark, GRUNDFOS AB
Jerry Kajnäs, Thermovent
Sam Johansson, Hydroresearch AB
Michael Klasson, Avanti System AB
David Kroon, Nibe
Lars Larsson, Aska Rör
Mauri Lieskoski, Vaasa, Finland
Jean Nicou, SEEC
Mathias Nilsson, Manil bygg och fastighetsförvaltning
Mats Nilsson, Alfa Laval
Mikael Nordahl, Nordahl Fastigheter
Willy Ociansson, Energy Booster AB
Juha Ojala, Muovitech Oy
Peter Platell, LOWTE AB
Johan Wasberg, Merinova, Finland

Förhindrade:

Hans Alexandersson, PEMTEC

1 Mötesformalia

Tommy N öppnade mötet och hälsade välkommen.

Utsänd agenda godkändes med tillägg av en presentation under pkt 7 av Monika Ignatowicz: Egenskaper hos olika köldbärandeblandningar med 20 % wt etanol.

Palne M utsågs att föra anteckningar.

2 Presentation av de närvarande

De närvarande presenterade sig kortfattat.

3 Föregående möte 2014-03-18

Inga kommentarer och inga ändringar gjordes till minnesanteckningarna.

4 Nedlagd tid och redovisade intäkter från sponsorer samt kostnader

Endast 25 % av sponsorerna har lämnat redovisningar t o m kvartal 1, 2014. Upparbetat under pågående kvartal måste redovisas senast 2014-06-30. Eftersläntrare bör lämna in sina redovisningar snarast så att de kan tas med innan projektet avslutas. Vi är beroende av sponsorsmedlen för att kunna avropa motsvarande projektmedel från EFFSYS+.

5 Utförda samt nära förestående arbeten

José A hade sammanställt ett musiksatt bildspel som visade brottstycken från olika faser hos avslutade eller pågående EFFSYS-projekt. Den imponerande bredden hos verksamheten framgick tydligt. Projektet har bl a avsatt en doktorsavhandling, en lic-avhandling och 29 examensarbeten, samt 52 publikationer i tidskrifter och konferenser.

José A nämnde att man avser att sammanställa samtliga minnesanteckningar, ca 120 sidor, till en bok, som skall skickas ut till samtliga sponsorer tillsammans med den slutgiltiga slutrapporten.

6 Anläggningar

Denna gång redovisas endast anläggningar där mätning eller utvärdering fortfarande pågår. Den som är intresserad av övriga anläggningar kan exempelvis titta i tidigare minnesanteckningar.

6a. Hammarby. Davide R redovisade en felanalys för värmeledningsförmåga resp borrhålsmotstånd vid ett konventionellt termiskt responstest (TRT). Han har tidigare studerat möjligheten att förbättra ASHRAEs formelsystem för dimensionering multipla borrhål och redovisat detta i annat sammanhang.

Davide R kommer även att utföra ett DTRT (differentiellt termiskt responstest) på ett av hålen i Hammarby. Han kommer därvid att arbeta med värmeuttag i stället för värmeförsel. Därigenom sänks temperaturen på borrhålsvattnet till i närheten av 4 °C (vattnets täthetsmaximum), där bidraget från naturlig konvektion till värmeövergången mellan slang och BH-vägg är litet. Detta kommer att efterlikna de förhållanden som råder i borrhål med enbart värmeuttag. Tanken med testet är även att frysa borrhålet och studera prestanda vid sådana förhållanden.

6d. Lidingö. Koaxialkolektor. Mätdata från denna anläggning används för att kalibrera modeller i samarbete med NTNU (Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Trondheim). Studierna omfattar dimensionering av kolektorer m m, även vid djupa borrhål, ned till 800 m.

6j. Husarvägen 17, Vallentuna. Husets radiatorer har försetts med elementfläktar, för att kunna sänka framledningstemperaturen och därmed öka värmepumpens kapacitet. Projektet avser utvärdering av elementfläktarnas effektivitet.

Systemet med loggning på distans har tyvärr ej fungerat tillfredställande här och har komplicerat beräkningarna och rapporteringen. Förhoppningsvis kan det vara möjligt att ändå utvinna meningsfulla data ur de gjorda mätningarna.

6l. Syrenparken. Orsaken till den höga oljeförbrukningen har enligt de båda franska ex-jobbarna dels berott på prioritetsordningen mellan oljepannan och värmepumparna, dels en felkoppling i rörsystemet som har gjort att värmepumparna har fått arbeta med onödigt höga returtemperaturer (Kenneth W). Detta har till en del omöjliggjort värmepumpdrift och därmed lett till onödig oljeförbrukning. Vidare har ex-jobbarna prognoserat KB-temperaturer för lång tid framöver, varvid framgick att en ytterligare KB-temperatursänkning, med 1 - 2 K kan förväntas på ett par decenniers sikt. En artikel om denna studie lämnas in till konferensen World Geothermal Congress 2015.

7 Andra geoenergiprojekt som är nära knuta till detta projekt

Borrhålsmodell. Patricia M presenterade sin numeriska borrhålsmodell (i COMSOL), i vilket borrhålen är fyllda med ett fiktivt högledande material, som gör att borrhålen automatiskt får en

uniform temperatur samtidigt som inmatning av värmeeffekt kan ske i en enda punkt och därigenom enkelt styras till önskat värde. Denna modell omfattar området ut från och med borrhålsväggen till den omgivande marken. Andra modeller (för samma område) arbetar med analytiska metoder, antingen med konstant tillförd effekt per längdmeter borrhål, på senare tid även modifierade för att efterlikna den högre värmeövergång, som råder i borrhålets båda ändar. Patricia M har tidigare redovisat beräkning av termisk respons, g-funktioner för ett ensamt BH och ett 2x3 BH-fält.

Nu redovisade Patricia M en jämförelse mellan av modellen beräknade köldbärarterperaturer i jämförelse med uppmätta hos en anläggning vid UPV (Universitat Politècnica de València). Överensstämmelsen mellan uppmätta och beräknade temperaturer är i allmänhet mycket god och felet överstiger sällan 1 K (data från 6:e driftåret). Vid en jämförelse mellan modellen med uniform temperatur hos BH-väggen och en modell med uniform värmeflödestäthet vid denna, blev skillnaden i beräknad temperatur hårfin vid tillämpning på denna anläggning. Detta förklaras av att värmeuttag och dito tillförsel är nära balanserade och därigenom försvinner långtidseffekter orsakade av influens mellan BH. Varje BH uppträder i stället som ett fristående BH (under sitt första driftår) då värmeflödet blir nära jämnt fördelat över hålets hela längd. I obalanserade BH-fält kommer skillnaden däremot att växa med tiden under många år. Vi är ute efter mätningar från obalanserade borrhålsfält för mer detaljerad validering.

Noggrannheten i beräkningarna är givetvis beroende av uppmätta värden på markens termiska egenskaper. Den största osäkerheten ligger troligen i värmeledningsförmågan, som är bestämd ur upptagna prover och det skulle vara värdefullt att få tillgång till data för ostörd mark.

Patricia M drog även den presentation av sin modell, som hon skall göra på en ASHRAE-konferens i Seattle i kommande månadsskifte.

Etanoldata. Monica I redovisade mätningar på etanolblandningar med nominell halt av 20 % (vikt). Fyra prover har undersökts beträffande fryspunkt, densitet, specifik värmekapacitet (C_p), värmeledningsförmåga och dynamisk viskositet. Samtliga halter nedan i viktprocent:

1. Fältprov, köldbärare från en anläggning i Vallentuna, (20 % etanol med 1.4 -1.8 % isopropanol och 0.4 % n-butanol)
2. Ett prov med 18 % etanol framställt ur köldbäraretanol med tillsatser (1,6 % isopropanol och 0,4 % n-butanol)
3. Ett prov med 20 % etanol, framställt med ren etanol
4. Ett prov med 18,4 % etanol och 1,6 % isopropanol

Etanolhalten i proverna är beräknad efter korrektion för köldbäraretanolens (HELACHEM) sammansättning:

90 % etanol 95 % (resten vatten)
2 % n-butanol
8 % isopropanol

Mätresultaten visar att tillsatserna av isopropanol och n-butanol har en liten och, ur köldbärarsynpunkt, i allmänhet gynnsam inverkan. Tillsatserna påverkar C_p och värmeledningsförmåga positivt, ger lägre dynamisk viskositet och har ingen effekt på densiteten. Vid jämförelse av

prov 3 med äldre data från Åke Melinder för 20 % etanol (utan tillsatser), är överensstämmelsen god med ett litet undantag för C_p och värmeledningsförmåga, som i Monikas mätningar får en stigande temperaturkoefficient i motsats till Åkes resultat. Studien har resulterat i en artikel som har lämnats in till World Geothermal Congress 2015.

8 Avtackning

Björn P var tvungen att lämna mötet och tackade projektarbetare och sponsorer för deras värdefulla insatser under de gångna åren.

9 Hemsida

Hemsidan hålls uppdaterad med bl a många examensarbeten och publicerade rapporter. Länk: www.energy.kth.se/energibrunnar. Lösenord: GeoEnergiEFFSYS+.

10 Garanti- och andra åtaganden

Inget är skrivet ännu beträffande den 5-åriga garantin mot läckage från kvarsittande mätutrustning efter avslutat experiment. Avsikten är att formulera någon form av avtal där ägare av anläggningar, som försetts med mätutrustning, kan få en garanti mot framtida läckor under t ex 5 år. Vissa återställningsarbeten måste också göras.

11 Får projektet en fortsättning?

Projektet tar formellt slut med utgången av juni och det är inte bestämt ännu om blir någon fortsättning med tilldelning av nya medel. Om det skulle bli en fortsättning spånade mötet om möjliga delprojekt, bl.a. följande:

- Optimalt borrhålsavstånd när tillgänglig bergvolym är den begränsande faktorn
- Dränkbara cirkulationspumpar med hög verkningsgrad i BH-kretsen för koaxiala värmeväxlare
- Utvärdering av elementfläkten
- Termisk lagring (i eller kring husgrund, "källarvärme")
- Termisk responstest på varma sidan för att bestämma termiska data för huset och dess värmeanläggning
- Djupa borrhål
- Urbana bergvärmesystem
- Lågtemperatur-fjärrvärme, som utnyttjas med hjälp av värmepump

Efterhandskommentar av Tommy:

Jag hoppas att projektet (som vi startade 2005) får fortsätta efter sommaren.

Bl.a. har mätningarna i Vallentuna "bara påbörjats". När de resultat vi redan har uppnått, kan kompletteras med vår kommande forskning, kan vi sannolikt göra avsevärda energibesparingar.

Efter mötet har följande hänt:

Komplettering av mätutrustningen till Batterivägen i Vallentuna har beställts, så att mätningarna kan komma igång i höst utan störningar

12 Övriga frågor

Inga övriga frågor togs upp.

13 Nästa möte

Reserverades preliminärt 28 oktober 2014. Anmälde att ny styrelse i EFFSYS tillträder 1 sept. 2014, så detta preliminära mötesdatum förefaller ligga rätt i tiden.