

Energianlæg baseret på jordvarmeboringer - udvikling af markedsfremmende værktøjer og best practice

Resume

Projektets formål er at tilvejebringe og formidle viden og værktøjer som kan bane vejen for en større udbredelse af lukkede jordvarmeboringer. Ved at stille information til rådighed om variationerne i de termiske egenskaber for forskellige danske jordarter og give anbefalinger til systemdesign i forhold til miljø og økonomi forventes mulighederne øget for at etablere mere effektive og rentable anlæg og dermed overvinde en af de væsentligste barrierer for både private og kommercielle investorer, nemlig tilbagebetalingstiden.

Indledning

Der er i samfundet en stadig stigende interesse for begrænsning af CO₂-udledninger som et middel i den globale kamp mod klimaforandringer. Den danske energipolitik inkluderer således langsigtede mål for en grøn vækst økonomi uafhængig af fossile brændsler som en del af anstrengelserne for at nå CO₂-reduktionsmålene i Kyoto Protokollen og samtidig sikre forsyningssikkerheden. Vejen mod opfyldelse af denne vision går via energibesparelser, energieffektivisering og en stigende andel af vedvarende energi. Omlægning af opvarmingskilder til varmepumpeanlæg baseret på jordvarme er en mulighed for både borgere og firmaer til at investere i grøn vækst og bidrage til energibesparelser og reduktion af CO₂-udledninger.

Antallet af varmepumpeanlæg baseret på jordvarme i Danmark er begrænset, men stigende, og udgøres indtil nu primært af traditionelle horisontale anlæg med slanger nedgravet i 1-1½ meters dybde. Det kræver imidlertid relativt store arealer til nedgravning af slanger og mange mennesker værger sig for at skulle have hele haven gravet op. Såkaldt åbne systemer hvor oppumpet grundvand benyttes direkte i varmepumpen og efterfølgende ledes tilbage i jorden i en injektionsboring kan være meget effektive til både opvarmning og kølebehov. Der er dog relativt strenge krav til den type anlæg og kan nemt forekomme interessekonflikter med drikkevandsindvinding fra en grundvandsressource som især i byområderne er under stigende pres, ligesom der allerede har været eksempler på interessekonflikter mellem naboanlæg.

Varmepumpeanlæg kombineret med slanger installeret i lukkede jordvarmeboringer kræver derimod næsten ingen plads og udgør ikke en risiko for grundvandet hvis de planlægges og udføres fornuftigt. Dermed udgør de et konkurrencedygtigt alternativ til traditionelle horisontale anlæg og åbne systemer baseret på oppumpning af grundvand.

Tidligere og igangværende projekter

Den første forskning i Danmark indenfor jordvarmeboringer fandt sted allerede i halvfjerdsene, hvor Teknologisk Institut, København publicerede flere undersøgelsesrapporter om varmepumper til rumopvarmning /1/. I løbet af firserne blev der installeret et mindre antal jordvarmeanlæg baseret på slanger i lukkede boringer. Den ringe interesse kan muligvis hænge sammen med stort fokus på grundvandsbeskyttelse i Danmark og en generel opfattelse af, at udslip af antifrysemidler fra slangerne ville kunne forurene grundvandet.

Som et resultat af en stigende interesse for kølesystemer baseret på åbne grundvandsboringer blev der imidlertid i 2006 udstedt en bekendtgørelse med regler for regulering af dette område /2/. Med de senere års generelt stigende fokus på grøn energi i Danmark er også interessen for jordvarme tiltagende, og i 2008 udgav Energistyrelsen en omfattende undersøgelsesrapport om teknologien bag jordvarmeanlæg og risikoen for jord- og grundvandsforurening /3/. Baseret på denne rapport

blev der i oktober 2009 udstedt en ny bekendtgørelse /4/ med regler for jordvarmeanlæg som dækker både anlæg med horisontale slanger og anlæg med slanger installeret i borerer.

Hidtil har stort set alle nyere jordvarmeanlæg i Danmark været med horisontale slanger. Kendskabet til anlæg med slanger installeret i lukkede borerer er ikke særligt udbredt, ligesom den generelle opfattelse har været at etableringsomkostningerne er for store i forhold til de traditionelle horisontale anlæg. De dynamiske markeds kræfter indenfor brøndboring og installationsarbejde har imidlertid medført en stigende interesse for lukkede jordvarmeboringer. Et projekt støttet af Energistyrelsens EUDP program (ENS-64009-0092) omhandler således lodrette jordvarmeboringer med særligt fokus på lagring af varme /5/.

Udenfor Danmark, f.eks. i Tyskland og Sverige er jordvarmeanlæg baseret på lukkede borerer mere almindelige. I Sverige eksisterer allerede 350.000 varmpumpeanlæg – svarende til en femtedel af alle en-familiehuse i landet /6/. I EU regi omhandler et specifikt projekt uddannelse indenfor vedvarende geotermisk varme og køling ("Geo-Education for a sustainable geothermal heating and cooling market", IEE/07/581/S12.499061).

Projektbeskrivelse

Projektets formål er at tilvejebringe viden og værktøjer til planlægning og design af små og store varmpumpeanlæg baseret på lukkede borerer og at bidrage til udviklingen af best practice i forbindelse med den type installationer i forhold til at beskytte både miljøet og forbrugerne. Fokus vil være på både opvarmning og køling af bygninger samt på energilagring. Arbejdet er organiseret i 8 work packages:

WP1 Database og formidling

I WP1 identificeres parametre som vil være relevante for dimensionering af jordvarmeboringer og varmpumpeanlæg. Det drejer sig f.eks. om parametre som beskriver jordarter og materialers termiske egenskaber (varmeledningsevne, termisk diffusivitet, specifik varmekapacitet, varmestrøm, temperaturgradient, overfladetemperatur m.m.). I starten af projektet afholdes en vidensdeling workshop med deltagelse af udenlandske eksperter. Der udarbejdes endvidere en sammenstilling af geologien i de øverste 300 m af den danske lagserie med henblik på tilrettelæggelse af måleprogram i både WP2 (jordarternes termiske egenskaber) og WP3 (temperaturgradienter). På baggrund af den opstillede liste over relevante parametre konstrueres en database, hvor inputdata blandt andet udgør termiske data målt i WP2 samt temperaturdata indsamlet, målt og systematiseret i WP3.

Nyttiggørelsen af databasen afhænger i høj grad af, hvor tilgængelig de termiske data vil være for den brede offentlighed, inkl. installatører, rådgivende ingeniører og andre interessenter. Der udvikles derfor en internetbaseret tjeneste opbygget efter samme principper som GEUS' øvrige databasetjenester Jupiter (boringer), Gerda (geofysiske undersøgelser), Rapportdatabasen (grundvandsundersøgelser) og Modeldatabasen (geologiske modeller og grundvandsmodeller).

Resultatet af WP1 forventes at blive en offentligt tilgængelig landsdækkende database over parametre med betydning for dimensionering af jordvarmeboringer og varmpumpeanlæg. Endvidere udvikles et koncept for standardprodukter i form af geo-rapporter som kan sælges til designere og installatører af jordvarmeanlæg i forbindelse med planlægning og etablering af konkrete anlæg. En geo-rapport vil således give en oversigt dels over geologien i et konkret område og dels over de termiske egenskaber, som kan forventes for jordlagene i området.

WP2 Udstyr og målemetoder

Pålidelige målinger af relevante termiske parametre er afgørende for at kunne dimensionere anlæg baseret på jordvarmeboringer. I WP2 vil vi indledningsvist teste eksisterende udstyr - og evt. videreudvikle det, der i dag findes til måling af varmeledningsevne og andre termiske og fysiske egenskaber for jord. Endvidere vil vi teste og evt. videreudvikle det udstyr, der bruges til målinger af relevante egenskaber ved de rør, slanger og briner, der bruges ved udbygning af boringer og etablering af energisystemet. Aktiviteten omfatter også udstyr og måleprocedurer til termisk responstest af jordvarmeboringer.

Som input til databasen i WP1 vil der blive foretaget målinger af termiske egenskaber på en række forskellige jordarter udvalgt på en måde så der sikres en god geologisk og geografisk repræsentation. Tilsvarende vil der blive foretaget målinger på en række af de materialer som indgår i energisystemet. Målingerne foretages på GEUS og VIA UC, hvor der opbygges faciliteter og indkøbes relevant udstyr. Metodetest og sammenlignende målinger foretages ved AU.

Resultatet af WP2 forventes udover måleresultater som input til WP1 at blive et sæt vejledninger og instruktioner i, hvordan de forskellige parametre bedst måles inkl. måleprincipper, opstillinger, kalibreringer og måleusikkerheder – afstemt efter de internationale standarder og andre normer, der findes på området.

WP3 Temperaturgradienter og overfladetemperatur

Der udføres et skrivebordsstudie med indsamling og systematisering af eksisterende viden om temperaturgradienter i de øverste 300 m af den danske lagserie samt om fordelingen af overfladetemperaturer og årstidsvariationer. Baseret på en vurdering af det eksisterende datagrundlag indsamles nye data for at sikre en repræsentativ geografisk og geologisk dækning af variationerne i temperaturgradienter. Temperaturlogging foretages af GEUS og af GIAU som har state-of-the-art udstyr. Både systematiserede eksisterende data og nye indsamlede data vil indgå i databasen som opbygges i WP1.

Resultatet af WP3 forventes at blive en større viden om de regionale og lokale variationer, der findes mht. temperaturgradienter i de øverste jordlag, inkl. viden om, hvilke geologiske forhold, der er styrende for de observerede variationer i geotermiske gradienter og varmestrøm.

WP4 Boremetoder og grout teknik

Den praktiske udførelse af boringer og efterfølgende montering af slanger og rør til varmeoptagelse samt ikke mindst udstøbning er meget centrale aktiviteter, når der skal etableres et energianlæg baseret på jordvarmeboringer. Samtidig er det en omkostningstung aktivitet, der har fået mange til at fravælge jordvarmeboringer som en mulig kilde til alternativ energi. De danske brøndborere har traditionelt haft mest erfaring med vandforsyningsboringer samt miljøboringer og geotekniske boringer. Der er dog også gjort indledende erfaringer med udførelse af jordvarmeboringer og investeret i nyt udstyr. Det er vigtigt at kunne bore med så lille diameter som muligt og minimere tabet af borevæske samt mængden af forseglingsmateriale og der er behov for mere viden omkring valg af materialer til både rør og forsegling, dels af miljøhensyn og dels i forhold til varmeoptagelsen. I WP4 vil der således blive indsamlet eksisterende viden og erfaring med boremetoder, materialer og støbeteknik. Forskellige bore- og støbemetoder vil blive testet gennem etablering af 5 boringer til 30-80 meters dybde som efterfølgende vil blive anvendt som test site i WP5.

Resultatet af WP4 forventes at blive anbefalinger til hvordan jordvarmeboringer optimeres i forhold til miljøsikkerhed og etableringsøkonomi.

WP5 Systemdesign og energibalance

Der gennemføres en analyse af hvilke elementer der indgår i et anlæg baseret på jordvarmeboringer, hvilke oplysninger der skal indhentes og hvordan hele anlægget og de forskellige kredsløb skal designes, så det sikres at den nødvendige varme tilføres jorden og der kan opnås en stabil drift med balance i energiudnyttelsen. Det vurderes hvilke beregninger der skal foretages og hvordan økonomien i anlægget kan bestemmes. Der vil blive regnet og vurderet på konkrete eksisterende anlægseksempler og inddraget erfaringer fra en ny test site baseret på de fem boringer som udføres i WP4. På denne test site udføres forskellige typer af boringer og installationer som ved hjælp af ekstra monitoringsudstyr kan sammenlignes og vurderes med hensyn til økonomi og effektivitet. De teoretiske overvejelser vil blive suppleret med inddragelse af installatørbranchen for at få den praktiske og håndværksmæssige vinkel med samt få realistiske priser på de forskellige løsningsforslag.

Resultatet af WP5 forventes at blive flere gennemarbejdede eksempler på konkrete anlæg inkl. demonstrationsanlæg, hvor det er muligt at sammenholde de teoretiske beregninger med målte driftsresultater. Endvidere vil der i WP5 blive udarbejdet vejledninger og anbefalinger i dimensionering af anlæg baseret på jordvarmeboringer under hensyntagen til energibalance, økonomi og miljøforhold.

WP6 Kurser og efteruddannelse

Der er i Danmark et konkret behov for viden og uddannelse om design af anlæg baseret på energi fra jorden og med balanceret indvinding af varme – det vil sige hvor der i perioder med overskudsvarme føres energi ned i jorden. De enkelte elementer er velkendte discipliner (brøndboring, geologi, rørhydraulik og termodynamik mv.), men det nye er kombinationen af elementerne inkl. design og dimensionering af det samlede system. I WP6 analyseres behovet for uddannelse og der udarbejdes materiale og konkrete kursustilbud.

Resultatet af WP6 forventes at blive kursustilbud om energi fra jordvarmeboringer i de eksisterende uddannelser af f.eks. bygningsingeniører, installatører, arkitekter og planlæggere samt evt. integration af emnet i eksisterende kurser om f.eks. energiforsyning. Endvidere forventes der opbygget efteruddannelseskurser til de forskellige grupper af aktører indenfor energianlæg (f.eks. brøndborere, rådgivende ingeniører, installatører, planlæggere og arkitekter, sagsbehandlere ved myndighederne etc.).

WP7 Interaktion med omgivende grundvandssystem

Der foretages vurdering og valg af eksisterende værktøjer til modellering af varmestrøm i jorden og af hvordan jordvolumet omkring en boring afkøles og opvarmes samt hvordan grundvandsstrømningen influerer på systemet. Modelværktøjerne vil blive benyttet til at undersøge jordvarmeboringers potentiale for opvarmning og afkøling under danske forhold ved at opstille en række forskellige scenarier som afspejler typiske geologiske og hydrogeologiske forhold i Danmark og med varierende termiske egenskaber jf. resultater fra WP2. De opstillede scenarier vil inkludere feltforhold som ved test site i WP5 og modelsimuleringerne vil blive benyttet til at understøtte analyserne af data herfra.

Som en del af WP7 vil der også blive foretaget en kvalitativ vurdering af mulig effekt på grundvandskvaliteten når der tilføres/fjernes varme til/fra jorden i forbindelse med jordvarmeboringer. Tilsvarende vil der blive foretaget en vurdering af eventuelle miljømæssige risici i forbindelse med udslip af brine fra jordvarmeboringer.

WP8 Vejledninger og endelig formidling

Alle jordvarmeboringer og tilhørende installationer skal godkendes af myndighederne. I WP8 sammenholdes resultaterne fra WP4, WP5 og WP7 med nuværende lovgrundlag og eksisterende erfaringer og der gives anbefalinger til administration af tilladelser til lukkede energiboringer inklusiv eventuelle krav om monitorering og risikovurderinger. Endvidere vurderes mulige synergier og interessekonflikter med f.eks. eksisterende fjernvarme-infrastruktur og områder med særlige drikkevandsinteresser.

Der vil tidligt i projektet blive etableret en hjemmeside som løbende vil blive opdateret med oplysninger om fremdrift og resultater. Den endelige formidling af projektets resultater vil omfatte en åben workshop med præsentation af resultaterne for diverse interessenter samt en folder for lægfolk og andet informationsmateriale til brug på offentligt tilgængelige hjemmesider.

Referencer

- /1/ Balstrup, T.(1977): *Varmepumpeanlæg. Varmeovergangsforhold i jord.* Teknologisk Institut.
- /2/ *Bekendtgørelse om varmegenvinding og grundvandskøleanlæg.*
BEK. nr. 1206 from 24/11/2006)
- /3/ Willumsen, B. (2008): *Jordvarmeanlæg – Teknologier og risiko for jord- og grundvandsforurening.* Miljøprojekt Nr.1238 udarbejdet af COWI.. Miljøstyrelsen 2008
- /4/ *Jordvarmebekendtgørelsen.* BEK nr. 1019 from 25/10/2009
- /5/ Testing af lodret varme med solvarmeakkumulering. EUDP-projekt nr. ENS-64009-0092).
www.solvarmeakkumulering.dk
- /6/ Skriftlig information fra Anne-Lee Bertenstam, Svenska Värmepump Föreningen,
<http://www.svepinfo.se/om-svep/kontakt/>