

Kap 15 BORRHÅL FÖR VÄRME & KYLNING

Grundvatten håller en tämligen konstant temperatur under hela året. Energiinnehållet är stort. Än större blir energiinnehållet om hänsyn tas till grundvattnets omgivande markformation, i vårt land i huvudsak hårda bergarter.

Bergvärme och grundvattenvärme som kan utvinnas från den borrhade brunnen är en naturresurs som ännu så länge endast utnyttjats i liten omfattning.

Tre principer för energibrunnar

1. Det slutna systemet

Det slutna systemet bygger på en bergvärme-kollektor av t ex plaströr av polyeten, NT 6, i vilken cirkuleras en vätska, t ex en spritlösning. Även en blandning av vatten och rapsolja används. Genom *värmeledning* överförs värme från berget via grundvatten i borrhålet och plasten i kollektorslangen till den cirkulerande vätskan (fig 15:1).

Genom att den cirkulerande vätskan ej fryser vid temperaturer under noll grader, kan en stor temperaturgradient mot berget erhållas.

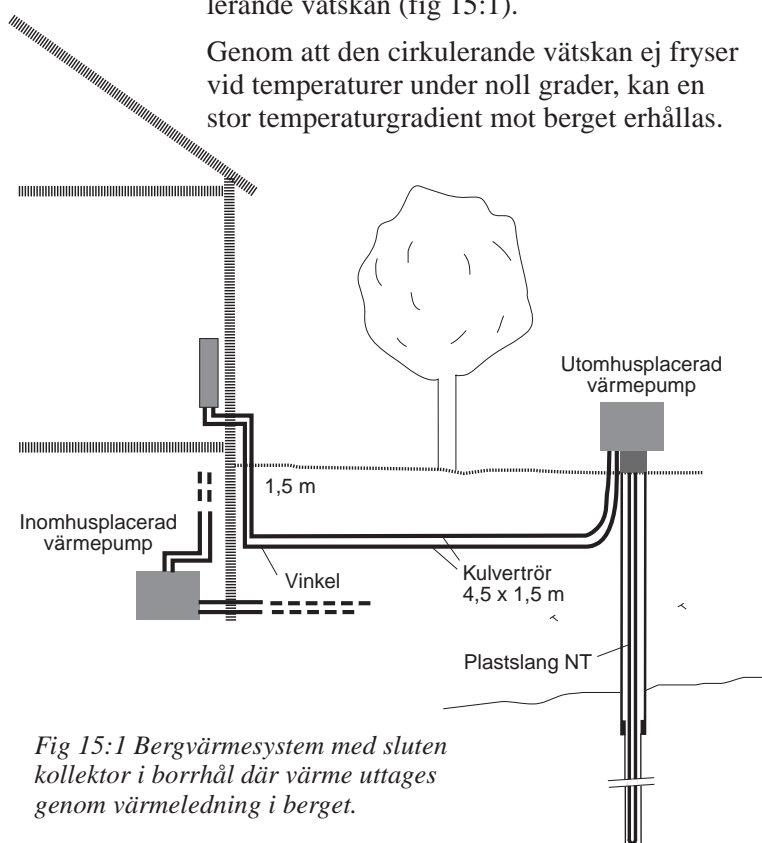


Fig 15:1 Bergvärmesystem med slutna kollektor i borrhål där värme uttages genom värmeledning i berget.

2. Förbrukning/infiltration

En förbrukningsbrunn bygger på uttag av grundvatten från den geologiska formationen. Vattnet avleds alternativt återinfiltreras på ett visst avstånd från brunnen (fig 15:2).

3. Recirkulation

Recirkulation bygger på uttag av grundvatten och återledning till borrhålet där vattnet återuppvärms genom *värmeledning* i berget (fig 15:2).

Vid tillfällen när vattentemperaturen närmar sig +2°C kan man ej sänka temperaturen lägre på grund av frysrisk. Temperaturen kan då höjas i borrhålet genom att viss mängd vatten avleds, så att borrhålet tillförs värme genom tillströmmande grundvatten.

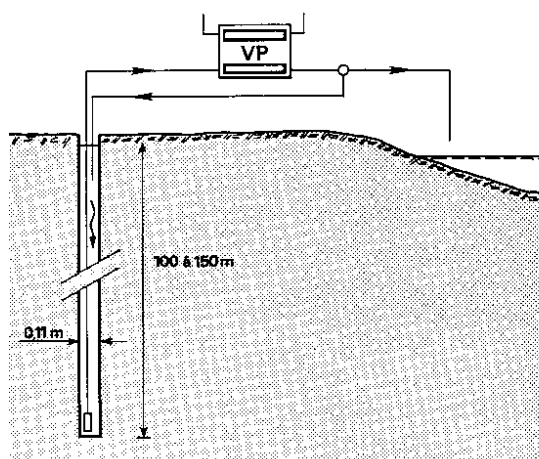


Fig 15:2 Värmeutvinning ur bergborrad brunn. Grundvattenuttag med avledning till recipientförbrukning eller recirkulation

Systemval

Erfarenheterna från gångna decenniers värmepumpdrift har visat stora fördelar för det slutna systemet som värmekälla för småhus. Denna systemlösning är idag också den vanligast förekommande i erbjudanden på marknaden

En värmepump kan inte bli bättre än sin energikälla

En del värmepumpföretag har gått ut med budskapet "Vår värmepump behöver bara så och så många meter borrhåll för att klara värmeförsörjningen i ett normalhus". Men låt oss slå fast att *naturlagarna för uttag av värme ur berget gäller för alla värmepumpar oavsett fabrikat*.

Man kan dock fråga sig var den ekonomiskt optimala gränsen vid dimensionering går. Vid en sådan beräkning blir energipriset avgörande contra kapitalkostnaden för värmekällan - med andra ord hur djupt man behöver borra för ett visst energiuttag samt kostnad för värmepump, installation och drift.

En värmepumpinstallering dimensioneras normalt inte för att täcka hela effektbehovet hos ett hus (=årets kallaste dag). En sådan anläggning blir förhållandevis kostsam.

En optimal värmepumpinstallering för uppvärmning dimensionerades tidigare för täckning av upp till 90% av det totala effektbehovet, vilket innebär 80-95% av total värmebehovet. På senare tid har det utvecklats mindre värmepumpar, bl a genom NUTEK:s försorg, där c:a 60% av totala effektbehovet tillgodoses, vilket ger c:a 50% täckning av värmebehovet.

Energibrunnar typ slutna system i berg

Utgångstemperaturen i en bergbrunn varierar mellan +10° och +3° beroende på det geografiska läget i Sverige. Svealand har ca +7° på 50 meters djup. För att överhuvud taget få ut någon energi ur berget måste köldbärarvätskan ("brinen") vara kallare än bergtemperaturen. Det är temperaturdifferensen som är den drivande kraften.

Den energi vi tar tillvara är huvudsakligen det lagrade energiinnehållet i bergmassan ca 0,6 kwh/m³ CO. Ytjordvärme får dock merparten av sin energi från solen genom den uppvärmning av markens översta metrar som sker under sommarperioden.

När värmepumpen går som basvärme mer än 4000 tim/år är lamdavärdet (bergets ledningsförmåga) ett bra riktmärke på hur många watt/meter borrhåll det går att utvinna, exempelvis ger lamdavärde 3,5 just 3,5 watt per meter och grad. En temperatursänkning med

8° gör att 28 watt per meter borrhåll kan uttagas. Vid korta drifttider på värmepumpen kan man räkna med 4 - 6 watt per meter och grad, dvs något högre energiuttag beroende på att den momentant högre nedkylningen av borrhålet uppvägs väl av ett kontinuerligt energiflöde till borrhålet även när värmepumpen ej är i drift.

I berg med lägre lamdavärde måste borrhållsdjupet ökas för att man skall kunna göra samma energiuttag, dvs för att få samma temperatur på ingående "brine" till värmepumpen.

Det är endast aktivt borrhåll som räknas, det vill säga djupet under vattenytan i borrhålet. Energibrunnar kan ha ett energitillskott genom vertikal vattenströmning från en vattenförande spricka till en annan beroende på olika tryck i olika sprickor. I de flesta fall strömmar vatten från en högt belägen spricka till en lägre. Om borrhålet dimensioneras så att borrhålet fryses, eller om borrhålet återfylls med t ex borrhålls förhindras eller minskas detta tillkommande energitillskott genom vattenströmning.

Den horisontala strömningen kring ett borrhåll är av mindre betydelse. När inget vattenuttag görs i borrhålet eller dess nära omgivning är strömningshastigheten i bergets sprickor som regel så liten att energitillskottet därigenom är försumbart.

I de fall man har möjlighet att omsätta en mindre mängd vatten i borrhålet t ex med en pump typ Grundfoss 50 mm alternativt genom en sugslang i borrhålet och pump där grundvattenytan ligger högt eller där vattnet avrinner artesiskt från en brunn, kan ett väsentligt energitillskott erhållas från tillströmmande grundvatten från kringliggande bergmassa.

Energibrunnar i jord- och lerlager

Energimängden - värmekapaciteten i jordlager är oftast beroende på vattenhalten. Vattenhaltig dy, torv och en del leror har ibland en värmekapacitet som närmar sig vattnets, c:a 1,0 kwh m³ °C. Torr lera, sand och grus har bara c:a 0,3 kwh m³ °C. Ledningsförmågan (lamdavärdet) är dock mycket lägre i jord än i berg. Det innebär att den lagrade energin i omgivningen inte kan tillgodogöras på samma sätt som i berg. I initialskedet kommer brunnarna att fungera bra, särskilt om

omgivningen är vattenmättad.

Energibrunnar med stort jorddjup i täta jordlager, leror, morän etc skall undvikas. Med den dåliga ledningsförmåga dess jordlager har kommer de med tiden att ge en värmekälla med låg verkningsgrad.

Vattengenomsläppliga jordlager med strömmande grundvatten är dock utmärkta platser för energibrunnar. Genom vattenströmning kan betydande energimängder uttagas. Energiuttaget kan i dessa brunnar hållas konstant år efter år.

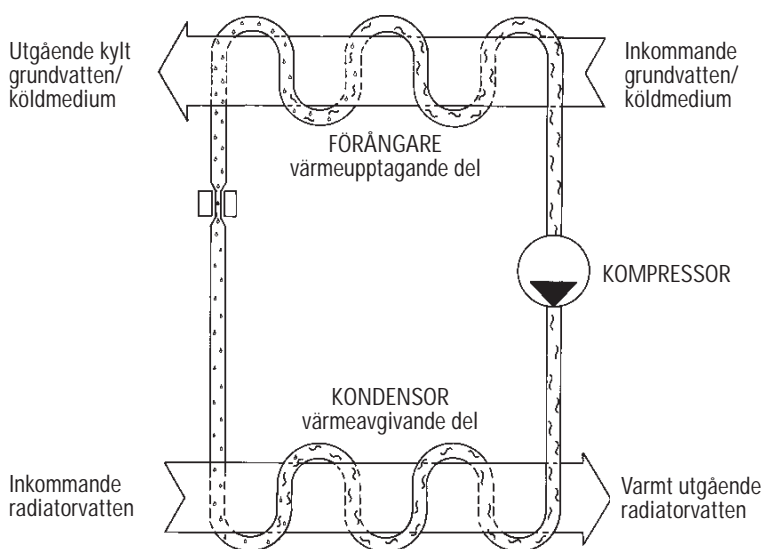


Fig 15:3 Värmepumpens funktionsprincip

Värmepumpen

Värmepumpen är oberoende av vald systemlösning enligt föregående sida. En bergvärmepump av typen vätska/vätska är uppbyggd kring lödda plattvärmeväxlare.

Värmen till värmepumpen tas i den vanligaste systemlösningen (enligt det föregående) via kylslang från kollektorsystemet. Kylslangen är då fylld med en värmebärande vätska och ansluts till värmepumpen. Värmebärandevätskan når först förångaren. Där tas värmeenergin upp och värmen överförs till värmepumpkretsen. En kompressor höjer trycket och med tryckhöjningen ökar gasens temperatur till c:a 100°C. Från kompressorn går gasen till kondensorn, där den avlämnar

sin värme till värmesystemet. Efter att ha passerat ett torkfilter, där eventuella orenheter och fukt tas bort, går gasen tillbaka till förångaren och processen är nu avslutad (fig 15:3).

Allmänt om värmepumpar

Värmepumpmarknaden hade en mycket stark tillväxt mellan 1975 och 1985. 1986 sjönk oljepriserna och de statliga bidragen till värmepumpar försvann. Köldmediernas inverkan på miljön började även diskuteras. Tillsammans gjorde detta att försäljningen av värmepumpar minskade avsevärt. Det innebar också att en mängd tillverkare och installatörer försvann från marknaden. Nu 10 år senare finns drygt 300 000 värmepumpar av olika storlekar i drift. De täcker 10-15 procent av uppvärmningsbehovet i landet och levererar omkring 15 TWh (terawattimmar) värme per år. Av dessa 15 TWh tar man omkring 10 TWh värme från naturen. Restande 5 TWh är driftel.

Många byggnader som idag är direktelvärmade eller oljeuppvärmda skulle vinna ekonomiskt på att konverteras till uppvärmning med värmepump. Ca 600 000 småhus värms idag med direktverkande el och utgör därför en potentiell marknad.

Värmepumpens fördelar

Ekonomiskt och miljömässigt är det fördelaktigt att använda värmepumpar eftersom dessa använder den tillförda energin effektivt. 2/3 av värmen uttages från någon naturlig förnybar källa, t ex mark eller vatten där solen varje sommar återladdar källan. Värmepumpar för småhusuppvärmning drivs med el. Med tanke på den kommande kärnkraftavvecklingen och därmed höjda elpriser kan det tyckas vanskligt att satsa på värmepumpar. El är emellertid en bra energiform när det gäller distribution. El finns redan idag i varje hushåll. Med bättre isolerade hus minskar också energibehovet för uppvärmning. Sverige har ett stort antal eluppvärmda småhus, där utförande av ett värmepumpsystem är ett fördelaktigt alternativ för att täcka basbehovet av värme. Med framtida högre energipriser kommer värmepumpen också att bli mer och mer lönsam.

Värmepumpen är miljövänlig

Värmepumpar som ersätter uppvärmning med fossila bränslen minskar koldioxidutsläppen. De minskar även utsläppen av svaveloxider och kväveoxider.

De nya köldmedierna, t ex R 134a har ej de ozonpåverkande effekter som de tidigare köldmedierna hade. Dessutom finns de naturliga köldmedierna, propan (t ex Avanti VP4) och ammoniak.

Värmepumpen är ett sätt att utnyttja den energi som finns lagrad i vatten, marken, berget eller luften (gäller inte frånluftvärmepumpen).

Värmepumpen är driftsäker

Värmepumparnas prestanda har utvecklats på senare år. Värmefaktorn eller verkningsgraden har ökat med nästan 10 procent. Kompressor och värmeväxlare har blivit effektiva och mer driftsäkra. Konstruktionerna har också blivit betydligt bättre. Allt detta gör att behovet av service minskat och det förbättrar totalekonomin.

Välbyggda systemanpassade värmepumpar visar idag på god tillgänglighet (driftsäkerhet) och god lönsamhet. Många har ansett att värmepumpar behöver mycket service men så är inte längre fallet enligt BFR (Byggforskningsrådet) som följer utvecklingen på värmepumpsidan.

Idag finns ett antal väl beprövade värmepumpfabrikat på marknaden. De miljömässigt bättre köldmedierna har även börjat användas. Tillverkare och installatörer har också fått praktisk erfarenhet av installation och ekonomi.

Värmepumpen är lönsam

En värmepump kan ha en relativt hög investeringskostnad men är i gengäld billig att driva. En husägare investerar vanligtvis i ett komplett bergvärmesystem för kunna se till hela systemets energieffektivitet (systemvärmefaktor). Värmepumpen är en komponent i ett system som kräver en noggrann avvägning mellan investeringsstorlek och driftsbesparing.

Lönsamheten sett på lite längre sikt blir god med den rådande energiprisutvecklingen.

Värmepumpen bidrar till att minska känsligheten för prishöjningar och skatter. I dagens förekommande kombinerade värmesystem köps energin för uppvärmning dels i form av driftel till värmepumpen och dels som olja eller el till befintligt konventionellt uppvärmningssystem för att klara "köldknäppar". En effektiv systemlösning innebär en totalt sett väsentlig kostnadsbesparing i inköpt energi, väl motsvarande den gjorda investeringen.

Värmepumpar som utvinnet värme från borrhål i berg eller slangar i ytjord, kräver ofta större investering än luftvärmepumpar, men har i gengäld en högre effekt- och energitäckningsgrad. Markarbetena på tomten kan genom sin omfattning vid t ex ytjordvärme påverka beslutet av val av värmepumpsystem. De värmepumpsystem, som ej kräver några markarbeten och som tar värme från uteluften, är dock känsliga för utetemperatur och går ner i värmeeffekt vid perioder som behöver hög värmeeffekt. Uteluftvärmepumpen är billigare i inköp och installation men bästa systemval är som regel en värmepump som har bergvärme eller grundvatten som värmekälla.

Den årliga servicekostnaden för en bra värmepump utgör vanligtvis mellan 1 och 3 procent av investeringen. Den rörliga kostnaden utgörs av driftel till kompressor m m. Kostnaden för underhåll av värmepumpar är ofta lägre än för konventionell oljeuppvärmning med brännarservice och sotning.

Lämplig storlek på värmepump

En värmepump för uppvärmning av en byggnad bör i allmänhet dimensioneras för 70-95% av det totala värmebehovet. Den täcker då inte hela effektbehovet de kallaste dagarna under året. Full värmeeffekt i huset krävs dock bara under kortare perioder på vintern och det är då bättre att tillgodose detta topp effektbehov på annat sätt, t ex med olja, vedeldning eller el.

Värmefaktorn, dvs producerad värme per andel el, är ett viktigt mått på värmepumpens effektivitet. Denna minskar med fallande temperatur hos värmekällan. Detta berör särskilt system som tar värme från uteluften. Kalla dagar måste en annan värmekälla (olja eller el) användas för att täcka värmebehovet för system som använder uteluft. Sett över

året är emellertid en hög värmefaktor inte det enda som är viktigt. *Det som räknas är totalekonomin, dvs förhållandet mellan investering och erhållen driftsbesparing.* Den kan bli bättre med ett system som inte dimensioneras för att klara de kallaste dygnen under året.

Sammanfattning

Att upplysa kund om vid köp av värmepumpanläggning

God ekonomi = värmekälla med stor kapacitet

Vi köp av värmepumpanläggning är det avgörande för ekonomin att värmepumpen har en *värmekälla som alltid är beredd att leverera tillräckligt med värme*

Man kan se värmepump och värmekälla som två samarbetspartners som skall förstå varandra. Värmekälla skall tillhandahålla värme i ett temperaturområde som gör att värmepumpen arbetar optimalt, dvs med en hög värmefaktor. Detta ger största utdelningen för ägaren.

Hur skall då en bergvärmekälla utföras för att få värmepumpen att arbeta optimalt?

När värmepumpen startar börjar den kyla ned borrhålet. Borrhålet, bergvärmekällan, får då ej vara så grunt att temperaturen hela tiden sjunker och så att till slut grundvattnet i borrhålet börjar frysa till is. Borrhålet måste i stället vara så djupt att temperaturen endast sjunker några grader och så att jämvikt nästan alltid uppstår mellan uttagen och tillströmmande värme.

Något mer än basvärmebehovet

Mest ekonomiskt fördelaktigt är i normalfallet att ha en värmepumpanläggning, som täcker något mer än basvärmebehovet året om så att värmepumpen går såväl sommar som vinter och vintertid så gott som kontinuerligt.

När värmeuttaget på detta sätt minskar under sommaren kan det ske en viss återhämtning av temperaturen i borrhålet.

Totalt medför en värmepumpanläggning av denna storlek att en stor mängd värme levereras till lågt pris. Hänsyn tas till såväl drifts- som kapitalkostnad.

Om däremot en större värmepump väljs stiger kapitalkostnaden för anläggningen.

Problemfritt

- Värmepumpen skall ej medföra problem med vibrationer eller buller. Inomhusplacering av värmepumpen är det vanligaste, varvid ljudisolerande skåp är en lösning. Placering av värmepumpen på borrhålet eliminerar dessa problem helt.

- Värmepump med miljövänligt köldmedium bör väljas eftersom detta kan antagas bli det enda tillåtna på sikt.

- Värmepumpen bör försäkras över hemförsäkring/fastighetsförsäkring. Tilläggsförsäkring finns genom SVEP (Svenska Värmepumpföreningen).

- Välj att arbeta med lågtemperatursystem för att uppnå hög verkningsgrad och längre livslängd.

- Hög temperatur hos värmekällan (t ex bergvärme) och låg temperatur hos värmeavgivande element, ger hög verkningsgrad, låg felfrekvens och lång livslängd.

KOMFORTKYLNING MED GRUNDEVATTEN

Inledning

I pågående "Agenda 21" arbete inom landets kommuner, är kylning och värmning med grundvatten av intresse. I skriften "Uppvärmning och kylning med lågtempererat vatten", (BFR T18 1992, Fig 15:4), finns olika praktikfall beskrivna. Nedan redovisas hur tekniken kan tillämpas.

Kylning med grundvatten kan ske där den geologiska avlagringen är tillräckligt vattenförande. En avlagring där grundvatten kan utvinnas kallas akvifer (se kap 4). När värme eller kyla lagras i en vattenförande avlagring genom cirkulation av grundvatten kallas det akviferlagring. Internationellt har förkortningen ATES använts (Aquifer Thermal Energy Storage).

Kylning och uppvärmning kan även ske genom värmeväxling mot en kall respektive varm berg- eller jordmassa eller genom uttag av kallt respektive varmt vatten från t ex ett berggrumslager. Detta är mer komplicerat och behandlas ej här.



Fig 15:4. BFR T18:1992. Praktikfall om uppvärmning och kylning med lågtempererat vatten

Kylning med grundvatten

Kylning med grundvatten är den enklaste formen för utnyttjande av grundvatten för energiändamål och var före värmepumpens intåg på energimarknaden den vanligaste formen av utnyttjande i energisammanhang. I och med att värmepumpar blivit allmänt tillgängliga har dock många anläggningar tillkommit, som utnyttjar grundvatten som vämekälla. Det grundvatten som lämnar värmepumpanläggningar är kallt och lämpar sig därför för kylning.

I Sverige ligger grundvattentemperaturen som regel kring 6-8°C. I nordligaste Sverige 2-3°C och i Skåne upp till 9-10°C. För att kunna utnyttja grundvattnet till komfortkylning bör temperaturen ligga under 12°C

Grundvattnet pumpas till en värmeväxlare där kylan växlas över till husets interna komfortkylsystem. Det 1-3° temperaturförhöjda grundvattnet disponeras på olika sätt beroende på omständigheterna, vattnet t ex avleds till en ytvattenrecipient, används för förbrukning eller återleds till akviferen.

Om nybildningen av grundvatten är för liten för att medge kontinuerligt uttag, måste grundvattnet helt eller delvis återledas (återinfiltreras) till akviferen.

I det fall systemet endast cirkuleras i en riktning kan återledning ske till en infiltrationsbrunn som ej behöver gå ner till grundvattenytan. Återledning kan även ske till en öppen infiltrationsyta, typ dike, damm eller grop. Viktigt är dock att återledning sker så att grundvattnet tillförs den akvifer (den "grundvattenvåning") det uttogs ifrån.

Återledning till den akvifär som uttaget skett från, sker därför med fördel i en brunn av samma typ som uttagsbrunnen. Man får då en "varm" och en "kall" brunn eller ett dubbelbrunnssystem (fig 15:5). Om en pump sätts i den varma brunnen kan vattnets cirkulationsriktning vändas. Det vid kylningen temperaturförhöjda vattnet kan då under perioder med låg utetemperatur uttagas ur den varma brunnen, kylas av geom t ex

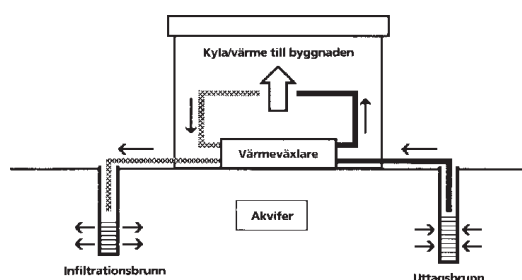


Fig 15:X. Värme- eller kyluttag med direkt värmeväxling (ur BFR T18:1992)

förvärmning av den kalla uteluften och återledas till den kalla brunnen. Akviferen återladdas m a o med kyla. Även system som endast kan cirkulera i en riktning kan återladdas genom att infiltrera avkylt grundvatten i den brunn eller bassäng där uppvärmt grundvatten infiltreras sommartid.

Kylning av grundvattnet med uteluft innebär vissa problem med frysrisk i värmeväxlaren. Frysriskproblemet kan dock lösas på olika sätt med hjälp av en antifrysätskrets.

Tillvaratagande av värme från kylsystem

Det vid kylningen uppvärmda grundvattnet kan, om det lagras i en akvifer, senare användas för förvärmning av luft (dvs utan värmepump). Frysrisk i värmeväxlare måste dock beaktas och antifrysätska utnyttjas när värmen växlas över till den inkommande kalla luften.

Det uppvärmda grundvattnet kan också utnyttjas med hjälp en värmepump. Fördelaktigt är om värmebehov och kylbehov växlar och kombinationer med värmepump kan utnyttjas.

Grundvattnet kyler då t ex huset på dagen. Vatten går därvid från den kalla brunnen till den varma. På natten behövs i stället värme och värmepumpen producerar denna med uttag av grundvatten från den varma brunnen. Vatten går vid värmepumpdriften från den varma brunnen till den kalla brunnen.

Tillstånd

För att utnyttja grundvatten för kylning krävs vattendom om det inte är uppenbart att man ej påverkar någon.

Skall en akvifer kylas genom värmeväxling mot ytvatten t ex sjövattnet eller en damm krävs att även denna del ingår i ansökan

eftersom det är fråga om byggande i vatten och en viss termisk påverkan.

Totalt är dock miljöpåverkan så ringa för denna typ av kylsystem jämfört med eldrivna kylmediebaserade system att det något krångligare förfarandet att tillskapa dem ej får tillåtas avskräcka.

Med krångligare avses här att utföra en grundvattenundersökning och bygga brunnar och söka vattendom jämfört med att installera en kylmaskin med vissa prestanda.

En fördel med grundvattenbaserade kylsystem är att de enkelt effektregleras genom att ha varvtalsreglerade pumpar.

Långsiktighet

Grundvattenbaserade system är miljövänliga eftersom de kan kyla en fastighet med enbart pumpenergi. Stora ansträngningar bör därför göras för att tillskapa sådana system. Anläggningsekostnaden är obetydligt mer än ett konventionellt system i det fall en byggnad ligger på en akvifer. Det borde få kosta flera gånger mer med tanke på att dessa system långsiktigt är så miljövänliga och driftekonomiska. Att gå med ledningar till en närbelägen akvifer borde därför vara möjligt.

Det bör även eftersträvas att utnyttja grundvattenvärme och annan lågtemperaturvärme för förvärmning av inkommande luft. Även detta kräver enbart pumpenergi och är en väg att lära sig lagra värme. Allt eftersom drifterfarenheter inhämtas kan akviferen utnyttjas för korttidslagring av värme och kyla.

Vilka kyleffekter som kan uttagas är beroende på systemets utformning dvs antal brunnar och avstånd mellan brunnar. Ofta är avståndet mellan brunnarna i ett dubbelbrunnssystem c:a 100 m.

Större kyleffekter kan normalt endast uttagas från brunnar i grus- och sandavlagringar där brunnar med kapaciteten upp till 100 l/s kan utföras.

I urberg är grundvattenuttag över 2 l/s ej vanligt. I detta fall kan dock antalet brunnar ökas eftersom det gäller att cirkulera grundvatten i berget och ej göra något permanent uttag.

För små anläggningar med korttidslagring av värme och kyla kan lämpligt belägna sprickzoner vara av stort intresse.