

Anvisningar för förläggning av kollektorer i geoenergisystem

Riktlinjer för större anläggningar



Omslagsbild av Jerker Eriksson

Redaktör: Joakim Hjulström
Medförfattare: Olof Andersson, Johan Barth & Signhild Gehlin
Utgivare: Svenskt Geoenergicentrum, Lund
www.geoenergicentrum.se

Första utgåvan utgiven: 2022

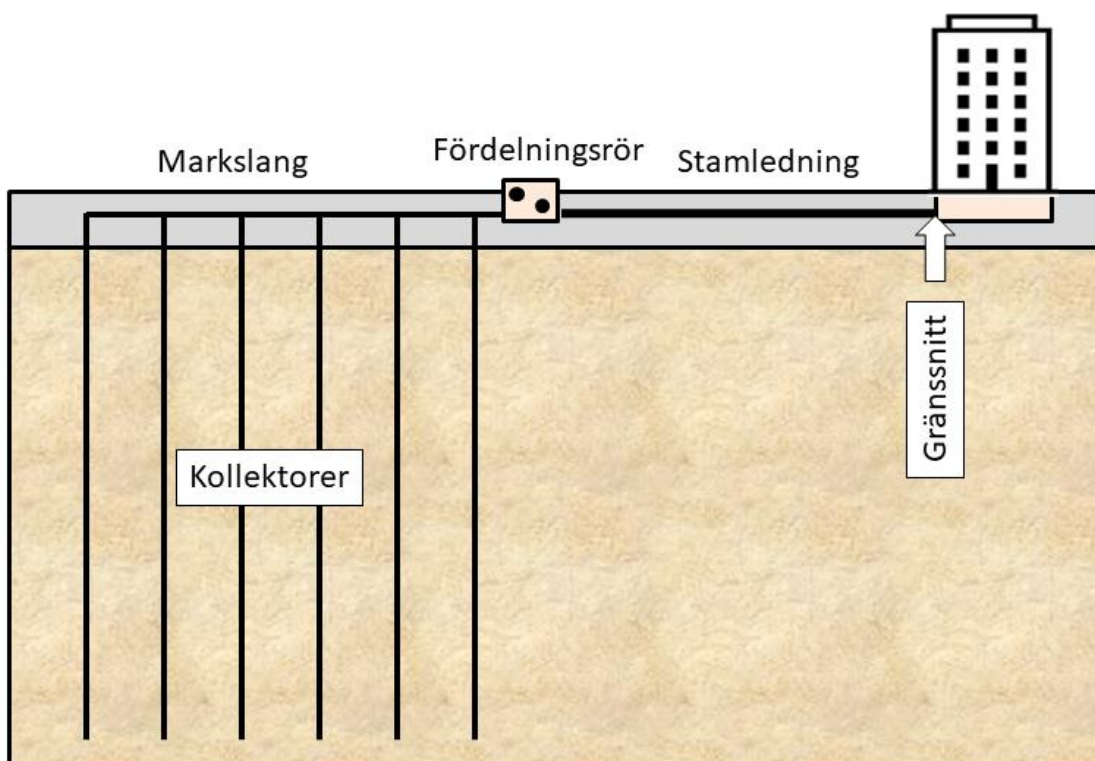
Innehållsförteckning

FÖRORD	4
KOLLEKTORER	6
VAL AV TYP OCH STORLEK	6
VAL AV BOTTENVIKT	7
INSTALLATIONSTEKNIK	8
VAL AV LOCK.....	9
MARKSLANG OCH STAMLEDNING	9
VAL AV LEDNINGSMATERIAL	9
KOPPLINGSSYSTEM.....	10
VAL AV DIMENSION	10
SCHAKTNING OCH FÖRLÄGGNING	10
FÖRLÄGGNINGSDJUP	10
KRAV PÅ LEDNINGSBÄDD	11
FÖRLÄGGNING	12
KRINGFYLLNING.....	12
RESTERANDE FYLLNING	12
AVSLUT VID HUSLIV	12
INMÄTNING	13
MARKÅTERSTÄLLNING	13
ISOLERING	13
FLÖDESFÖRDELNING OCH FÖRDELNINGSRÖR	14
INKOPPLINGSSTRATEGI.....	14
FÖRDELNINGSRÖR (SAMLINGSBRUNNAR/SAMLINGSSKÅP).....	14
INJUSTERING AV FLÖDE	14
KÖLDBÄRARVÄTSKA	15
VAL AV TYP OCH FRYSSKYDDSAKTOR	15
TILLSTÅNDSPLIKTIGA VOLYMER	15
PÅFYLLNAD OCH AVLUFNING	16
EGENKONTROLLER OCH PROVNING	16
FRYSSKYDDSKONTROLL.....	16
PROVTRYCKNING	16
TRYCKFALLSMÄTNING	17
FUNKTIONSKONTROLL.....	17
MÄRKNING	17
TILLSYN OCH UNDERHÅLL	17
YTTRE SYSTEM.....	17
INVÄNDIGT SYSTEM	18
BILAGA 1: REKOMMENDATIONER PROVTRYCKNING, TRYCKFALLSMÄTNING OCH INJUSTERING	19

Förord

Det här dokumentet är den andra delen av Svenskt Geoenergicentrums *Anvisningar för förläggning av kollektorer i geoenergisystem*, och gäller för större system med fler än enstaka borrhål och entreprenader som vanligen utförs via kontrakt, med tillhörande upphandlingsdokumentation. Den första delen gäller för system med enstaka borrhål som vanligen utförs via enklare avtal.

Anvisningarna gäller enbart slutna system för värme och kyla, det vill säga större bergvärmeanläggningar och borrhålslager. Grundvattensystem och högttemperatursystem har vi valt att exkludera, eftersom de ställer annorlunda krav. Inte heller ingår okonventionella lösningar eller produkter som fortfarande befinner sig på utvecklingsstadiet. I figur 1 nedan definieras terminologin och riktlinjernas systemmässiga avgränsningar.



Figur 1: I riktlinjerna använder vi oss av följande begrepp:

Gränssnitt - De här anvisningarna omfattar bara den del av systemet som befinner sig utanför detta gränssnitt.

Stamledning - Geoenergisystem konstrueras ofta så att en eller ett fåtal tillopp- och returledning av större dimension transporterar vätskan från teknikrummet ut till borrhålen. I anvisningarna benämner vi dessa större ledningar *stamledning*.

Fördelningsrör – De anordningar som ser till att flödet i stamledningarna fördelas jämnt över flera borrhål. De kan exempelvis placeras i brunnar, i skåp ovan mark eller inomhus. Här ska även finnas möjlighet för avstängning, injustering och avluftning av kretsarna.

Markslang - Den förbindelseledning som förbinder borrhålen med fördelningsröret.

Kollektorer - Borrhålsvärmväxlare.

Anvisningar riktar sig framför allt till entreprenörer, konsulter och beställare och är tänkta att fungera som ett komplement till de normer som återfinns i exempelvis AMA VVS & Kyla, AMA Anläggning eller Normbrunn -16. Det är vår förhoppning att de ska kunna bidra till en kvalitetssäkring i branschen generellt och att onödiga

misstag ska kunna undvikas. I Sverige finns stor kunskap om geoenergi som bör befästas, föras vidare och framför allt spridas.

Följande representanter för geoenergibranschen har också deltagit i remissarbetet eller på annat sätt bidragit till riktlinjerna: Altea, Bengt Jonssons Brunnsborrning, Borr företagen, Eneo Solutions, Finspång Brunnsborrning, Geostrata, Geothermal & Geoenergy Consulting, Malmberg, Muovitech, Rototec, Svenska Kyl- och Värmepumpföreningen, Sweco Environment, Tumab, Ulefos, Wessman Drilling Solutions samt deltagarna på Geoenergidagens workshop 2018.

Eftersom branschen är stadd under fortsatt teknisk utveckling och nya lagar, regler och förordningar tillkommer kan dessa råd och anvisningar komma att revideras efter hand.

Kollektorer

Val av typ och storlek

Vid val av kollektor måste hänsyn tas till en rad faktorer. Kollektorn måste bland annat passa till dimensionen på borrhålet. Andra faktorer är köldbärarflödet och vilket tryckfall flödet ger upphov till. Tryckfallet ökar med större flöde, men beror också på köldbärarvätskans temperatur och koncentration, samt på borrhålskretsens längd. Ett större flöde ger också ett mer turbulent flöde, vilket förbättrar energiöverföringen mellan berget och köldbärarvätskan. Graden av turbulens återspeglas av värdet på Reynolds tal (RE). En avvägning måste göras i varje projekt mellan bättre energiöverföring och optimalt flöde till systemet å ena sidan och ökad energiförbrukning för att cirkulera vätskan å den andra.

Förutom energiförbrukningen är det också viktigt att kontrollera att cirkulationspumpen klarar av att leverera önskat flöde vid det största tryckfallet för varje system.

Standarddimensioner på de vanligaste kollektorerna, så kallade U-rör, framgår av Tabell 1. I tabellen anges även lämplig standarddimension för borrhål till respektive kollektor samt det flödesintervall som anses vara effektivast. Genom att U-rörsböjarna utvecklats under senare år och tar mindre plats blir det allt vanligare att sätta även grövre kollektorer (DN45 och 50) i 115 mm hål. Notera att standard 115 mm kan borraras med något förstorade kronor (upp till ca 120 mm).

Tabellen gäller för kollektorer av PE100 SDR17 med slät innervägg. Köldbärarvätskan antas bestå av vatten med ca 28 volym-% etanol¹ där Reynolds tal (Re) och tryckfallet är angivet vid temperaturen 0 °C. Värdena på Re och tryckfall ska ses som riktvärden. Beräkningar ska göras i varje enskilt fall och verkligt tryckfall mätas efter installation.

Tabell 1: Standarddimensioner på kollektorslangar PE100 SDR17 med passande borrhålsdimension samt generella riktvärden för flöde, grad av turbulens (Re) och tryckfall. Borrhålsdimensioner inom parentes kan väljas till angiven kollektordimension vid särskilda geologiska förutsättningar.

Kollektor (YD mm)	Borrhåldim. (mm)	Köldbärarflöde		Reynolds tal (Re)	Tryckfall (Pa/m)
		l/s	l/min		
ENKLA U-RÖR					
2 x 32	115 (89)	0,33–0,52	20–31	2500–3800	230–480
2 x 40	115	0,42–0,67	25–40	2500–3800	116–240
2 x 45	115 (140)	0,48–0,72	29–43	2500–3800	81–169
2 x 50	140 (115)	0,53–0,8	32–48	2500–3800	60–122
DUBBLA U-RÖR					
4 x 32	115	0,67–1,03	40–62	2500–3800	230–480
4 x 40	140 (115)	0,83–1,33	50–80	2500–3800	116–240
(4 x 45) ¹	140	0,97–1,43	58–86	2500–3800	81–169
(4 x 50) ²	140	1,07–1,6	64–96	2500–3800	60–122

¹⁾ Mindre vanlig; ²⁾ Mycket ovanlig

När etanol och vatten används som köldbärare är det vanligt att välja dimension och flöde vid dimensionerande förhållanden som ger ett Reynolds tal mellan 2500 och 3000 i kollektorn. Detta anses traditionellt vara en rimlig kompromiss mellan termisk effektivitet och pumpenergi. Om en annan köldbärarvätska används kan det innebära att ett annat flöde eller Reynolds tal är mer lämpligt. Även systemdesign kan föranleda att andra flöden och Reynolds tal bör användas.

I takt med att borrhållstekniken har förbättrats de senaste decennierna har utvecklingen gått mot att allt djupare borrhål anläggs. Det finns flera fördelar med att välja färre djupa borrhål istället för fler grunda. Det innebär till exempel att anläggningen kan få plats på en mindre yta, att färre brunnar måste förses med kostsamma

¹ Datakälla: Melinder, Å. 1997: *Termofysikaliska egenskaper för köldbärarvätskor – diagram och tabeller*. Svenska kyltekniska föreningen. 130 s.

foderrör, att schaktarbetet blir mindre omfattande och att något högre temperaturer nås i berggrunden. Djupare borrhål medför även utmaningar som behöver beaktas vid systemdesignen.

En längre kollektor innebär ett större tryckfall om inte dimensionen på kollektorn ökar. Under de senaste åren har kollektorer med grövre dimensioner utvecklats för att matcha de ökande borrhålsdjupen.

Borrhålsmotståndet ökar med ökande djup. Detta beror på värmetransport mellan kollektorns tilllopps- och returledning (så kallad termisk kortslutning) vilket minskar dess termiska effektivitet.

Slutligen, och ur installationsteknisk synvinkel, ökar även risken för besvärande bergstrukturer och vattenförande sprickor med ökat borrhålsdjup, vilket kan leda till att kollektorn inte går att sätta till fullt djup.

Den svenska geoenergiindustrin har enats om att anamma P-märkningen som utfärdas av RISE. För att en produkt ska få märkningen krävs att produkten och företaget når upp till vissa minimikrav gällande materialval, produktionsprocess och kvalitetskontroll. Kraven följer i stor utsträckning standarden för dricksvattenrör (SS-EN 12201) med några tillägg anpassade för kollektorer.

PE100 är bäst lämpat för driftstemperaturer upp till 20 °C utan att rörets trycktålighet under livslängden 50 år försämrats. Vid högre temperaturer kommer trycktåligheten minska med en reduktionsfaktor, exempelvis 0,74 vid 40 °C. För system med höga driftstemperaturer (>40 °C) finns ett antal material som tål högre temperaturer att tillgå på marknaden, exempelvis PE-RT, PP och PEX.

Om borrhålen ska återfyllas helt krävs normalt en tjockare kollektor som tål det ökade trycket som utsätts för under återfyllningsprocessen. I dagsläget är det vanligast att välja PE100 SDR 11 istället för PE100 SDR 17. För mer ingående beskrivning av tillvägagångssätt och materialval vid återfyllning hänvisas till Svenskt Geoenergi-centrums *Råd och anvisningar om återfyllning av energibrunnar*.

Koaxiala kollektorer av olika slag förekommer, men är under utveckling och ännu inte etablerade på marknaden. Då erfarenheter saknas för tillfället har dessa lämnats utanför dessa råd och anvisningar.

Svenskt Geoenergi-centrum rekommenderar att man använder kollektorer som är P-märkta, eller som tillverkats efter likvärdiga kvalitetsnormer.

Vid val av kollektorstorlek och borrhålsdjup ska flera faktorer som påverkar tryckfall och flöde beaktas och beräknas.

Vid återfyllning väljs kollektor som tål det ökade trycket som utsätts för under återfyllningsprocessen, se vidare Svenskt Geoenergi-centrums *Råd och anvisningar om återfyllning av energibrunnar*.

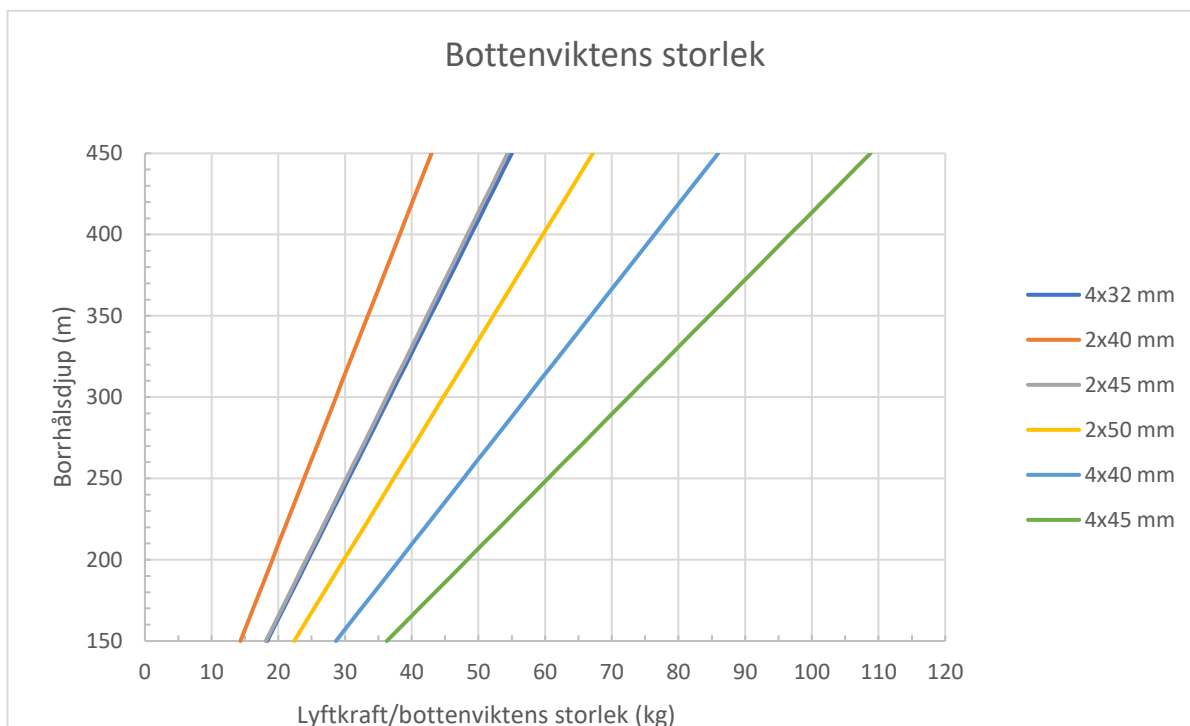
Val av bottenvikt

En köldbärare som har lägre densitet än grundvattnet som omger kollektorn ger upphov till en lyftkraft när kollektorn sänks ner i borrhålet. Därför måste en vikt monteras i botten av kollektorn. Det vanligaste utförandet är att returböjen skyddas av en vikt och/eller ett skyddshölje av plast, där ledvikter fästs. Vikten ger även ett visst skydd till kollektorn när den förs ner i borrhålet.

När vikten dimensioneras bör man beakta följande parametrar:

- Köldbärvätskans densitet
- Borrhålsdjup
- Grundvattennivå i borrhålet
- Kollektorns densitet och draghållfasthet
- Eventuell återfyllning
- Eventuell gradning av borrhålet

Bottenvikten anpassas för att motverka att kollektorn flyter upp.



Figur 2: Exempel på behov av bottenvikt för olika kollektorstorlekar. Gäller PE100 SDR17 (densitet 950 kg/m³), med en köldbärare ca 28%vol (densitet 965 kg/m³) helt nedsänkt i grundvatten 10 °C (densitet 999,7 kg/m³).

Installationsteknik

I vissa geologiska miljöer finns det en risk att borrhållsväggen är instabil. Det kan exempelvis handla om kraftigt uppsprucket berg, löst konsoliderade bergarter eller svällande leror. I dessa miljöer ökar risken för blockering i borrhålet med tiden och kollektorn bör därför monteras utan dröjsmål. Ett annat problem som kan uppstå är att hålen via sprickor i berggrunden får en direkt hydraulisk kontakt med varandra. I olyckliga fall kan det göra att tryckluft från en pågående, närliggande borrning slår igenom till ett redan borrarat hål. Risken är störst om berggrunden är kraftigt uppsprucken i kombination med att borrhål placeras tätt ihop. I en sådan situation kan det vara mer lämpligt att vänta med att montera kollektorn så att den inte skadas eller följer med luften upp ur borrhålet vid ett eventuellt genomslag. Ett tomt borrhål går ofta att rensa efter ett genomslag. Därmed går det inte alltid att på förhand veta om det är bäst att montera kollektorn direkt efter utförd borrning eller att vänta tills även närliggande borrhål är färdiga. En sammanvägd bedömning av ovanstående faktorer behöver därför göras av borrentreprenören om förhållandena visar sig vara ogynnsamma under pågående borrning.

Helt torra borrhål ska fyllas med vatten innan installationen utförs. Fyllningsnivån ska minst vara så stor att kollektorn inte riskerar att sprängas av det invändiga trycket.

Installationen ska utföras med en vätskefylld och täthetsprovad kollektor. Genom att bibehålla övertrycket under montage kan eventuell skada som uppstår under montage upptäckas.

Slangar som levereras på rulle får en böjd form, vilket försvårar nedförel av kollektorn. Det kan vara en god idé att montera en styrskena eller -rör för att räta ut slangen närmast returböjen.

Om kollektorn får löpa längs foderrörskanten vid montage riskerar den att skadas. För att undvika detta och för att hjälpa till att få ner kollektorn har slangställningsutrustningar utvecklats och bör användas.

Vid stora djup och svängningar i driftstemperatur kan det finnas risk att kollektorn trycks upp ur borrhålet på grund av termisk expansion. För att undvika detta kan kollektorn fixeras i locket och hängas en bit ovanför botten. Locket ska då spännas så att det sluter tätt och förankrar kollektorn ordentligt utan att slangarna kläms ihop.

Som huvudregel gäller att kollektorn ska monteras direkt efter borring av det öppna hålet.

Kollektorn ska vara vätskefylld och trycksatt under installation

Kollektor ska monteras med hjälp av styranordning så att kollektorn inte skadas av foderrörskanten.

Kollektor monteras på ett djup så att den inte riskerar att tryckas upp vid maximal, termisk expansion.

Val av lock

Konventionella expanderlock ska användas. Locken ska spännas så hårt att lock och kollektor blir ordentligt förankrat i foderröret och brunnen skyddas från inträngning av yt- och grundvatten.

Om ett artesiskt vattentryck påträffas vid borringen måste åtgärder vidtas. Om det artesiska trycket är lågt (0,1 - 0,5 bar) och under förutsättning att tätningen mellan foderrör och berg är ordentligt utförd, räcker normalt ett tätt lock som spänns fast i foderröret för att förhindra vattenläckage. De konventionella expanderlocken är då ofta tillräckliga.

Om trycket överskrider denna nivå bör brunnen istället tätas under foderrörens nederkant. Ett högt artesiskt vattentryck riskerar nämligen annars att trycka sönder tätningen mellan foderrör och berg. I värsta fall kan vatten då leta sig upp längs foderrörens ytterkant vilket kan vara mycket besvärligt att åtgärda och med potentiella skador på omgivningen som följd. Genom att gjuta en partiell tätning några meter under nederkanten och en bit upp i foderrören kan problemet ofta överkommas. Vid stora artesiska flöden kan det dock vara mycket besvärligt att få tätningen på plats.

Ett alternativ kan vara att avleda vatten genom brunnslocket eller foderrörsväggen så att trycket hålls på en konstant låg nivå. Observera att en permanent anordning för bortledning av grundvatten betraktas som vattenverksamhet enligt Miljöbalken och kan vara föremål för tillståndsprövning.

Se även Svenskt Geoenergicentrums *Råd och anvisningar om återfyllning av energibrunnar* för råd kring både full och partiell återfyllning.

Locket ska vara av expandertyp och tillverkat i ett material anpassat för förläggning i mark.

Locket ska vara tätt och vara fast förankrat i foderrören utan att kollektorslangarna kläms ihop.

Vid höga artesiska tryck bör åtgärder vidtas för att minska belastningen på tätningen mellan foderrör och berg samt förhindra uppläckage.

Markslang och stamledning

Val av ledningsmaterial

De absolut vanligaste materialen som används i geoenergisystem är PE100 SDR 11 eller 17.

I normalfallet bör samma tryckklass som den för kollektorerna väljas. Förstärkt skydd i form av högre tryckklass eller skyddsror bör övervägas för särskilt hårt belastat stråk, exempelvis korsande väg med tung trafik eller under byggnad.

Markslang och stamledningar ska vara tillverkade av samma material som kollektorerna.

Markslang och stamledningar av PE-plast ska vara tillverkade av certifierat material och tillverkade enligt EN 12201 eller märkta med Nordic Poly Mark.

Ledningens tryckklass ska anpassas efter anläggningens drifttryck och rådande yttre förutsättningar.

Kopplingsystem

Anslutningar av brunnar till markslang ska utföras med elektrosvetsning. Elsvetsmuffar med fixeringsskruvar används med fördel. Rätt utfört fås en fog med lika bra eller bättre hållfasthet och livslängd som ledningen. Ett förband med elsvetsmuff klassas inte som en mekanisk koppling och behöver därför inte vara inspekterbar.

Svetsfogar på samlingsledningar, som har grövre dimension, bör utföras med stumsvetsning.

Markslang och stamledningar ska sammanfogas med elektrosvetsmuffar eller stumsvetsning.

Svetspersonal som utför fogningen av kollektorrrörsystem ska ha genomgått certifierad utbildning enligt EWF 581 eller SS-EN 13067:2020.

Elektrosvetsmuffar ska vara tillverkade enligt europeisk standard EN 12201 och ha minst samma tryckklass och samma expansionskoefficient som den sammanfogade rörledningen.

Val av dimension

Flödet i markslangarna är normalt detsamma som flödet i kollektorerna. Det betyder att om en markslang av samma dimension och material som kollektorn väljs kommer även tryckfall och Reynolds tal vara samma i de båda ledningarna. Detta kan vara en fördel om man vill förstärka systemets energiutbyte med undermarken men det medför också ett relativt stort tryckfall. Det bör övervägas om det är ekonomiskt motiverat att välja en större dimension på markledningen för att minska systemets tryckfall. Beroende på systemdesign och omgivningstemperatur kan det även vara mer fördelaktigt att välja en större dimension på markslangen för att erhålla laminärt flöde och lägre energiutbyte.

Stamledningen dimensioneras normalt så att lågt tryckfall erhålls genom ledningen.

Ofta anges ett maximalt tryckfall per meter som måttstock vid upphandlingar för att styra systemets design mot önskad kvalitet och lönsamhet. Det mest väsentliga är dock att det totala tryckfallet över systemet inte blir för stort eftersom det innebär ökade driftkostnader och att det behövs en större cirkulationspump. Ett lämpligt totalt tryckfall kan exempelvis väljas genom en ekonomisk jämförelse eller en livscykelanalys (LCA) av alternativen.

Ledningsdimension på markslang och stamledning ska väljas så att det totala tryckfallet i köldbärarkretsen inte blir för stort vid dimensionerande förhållanden.

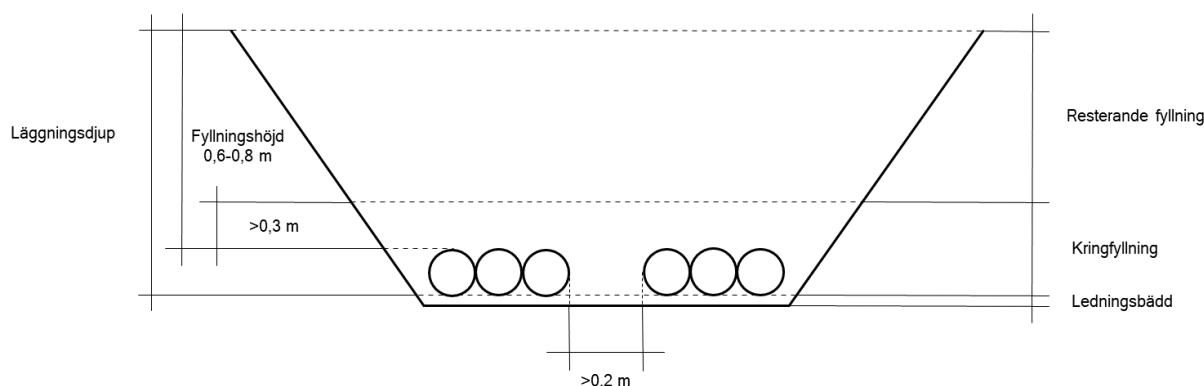
Vid val av dimension på markslang bör en större dimension än kollektorns övervägas i syfte att minska tryckfallet.

Schaktning och förläggning

Lägningsdjup

Lägningsdjupet anpassas till rådande yttre förhållanden där jordarter, grundvatten, topografi och markanvändning spelar väsentlig roll, liksom förekomst av andra ledningar.

Schaktet ska vara så djupt att skador på ledningssystemet inte uppkommer. Med skador avses klämskador på grund av belastning från exempelvis trafik eller åverkan av olika former av arbetsredskap. Vanligt förekommande är en fyllningshöjd i intervallet 0,6–0,8 m, vilket ofta är en "fri" zon mellan exempelvis el-, tele- och fiberkablage å ena sidan och VA-ledningar inkl. FV- och FK-system å andra sidan.



Figur 3: Principskiss över ledningsschakt med mått enligt anvisningarna.

För trafikerade stråk ska minsta fyllningshöjder enligt vid var tid gällande AMA Anläggning gälla. För närvarande AMA Anläggning 20, kap CEC Råd och Anvisningar:

- 1,5 m för järnväg
- 0,8 m för motorväg, motortrafikled
- 0,6 m för övrig väg och parkeringsplatser
- 0,4 m för gång- och cykelväg

I de fall enbart vatten används som köldbärare ska förläggning ske på frostfritt djup. I de fall köldbäraren är frostskyddad kan ledningarna läggas ovan frostfritt djup.

Läggningsdjup anpassas till rådande markförhållanden.

Ett läggningsdjup som ger en fyllningshöjd på minst 0,6–0,8 m rekommenderas som ett generellt mått.

Om enbart vatten används som köldbärare ska rören förläggas på frostfritt djup.

Krav på ledningsbädd

Innan ledningarna placeras i schakten behöver schaktbotten förberedas så att ledningarna inte riskerar att skadas på kort eller lång sikt. Skador kan uppstå till exempel genom nötning eller tryck mot ojämnheter i materialet eller genom sättningar. Det är också att föredra att ledningarna förläggs med jämn lutning där så är möjligt så att inte luftfickor kan bildas som hindrar vätskans cirkulation.

Läggningssytan ska vara fri från vatten och ha god bärighet. Schaktbotten ska vara utjämnad med ett vattengenomsläppligt dränerande sandmaterial utan inslag av sten, silt eller lera.

Innan ledningarna läggs ska ledningsbädden packas lätt med exempelvis vibratorplatta eller med fottrampning. Intill uppstickande foderrör ska packningen vara hård.

Schaktbotten bör ha jämn lutning utan lokala höjdpunkter mellan energibrunn, samlingsbrunn och husliv. Om höjdskillnader förekommer ska fall vara från platser med avluftningsventiler.

För områden med högt liggande grundvatten i täta jordar ska ledningar läggas med svag jämn lutning mot anslutning till samlingsrör och bädden ska vara permanent dränerad med anslutning till dagvatten eller annan avrinningsmöjlighet.

Förläggning

Om det horisontella rörsystemet utförs utan isolering ska det förläggas så att tillopp- och returledningar separeras för att minimera termisk kortslutning. Ofta samlas ledningar från enskilda borrhål till en större central ledningsgrav där det är viktigt att ledningarna separeras i ett varmt och ett kallt knippe som ligger åtskilda från varandra.

Det kan vara svårt att hålla ordning på alla ledningar och från vilken brunn de kommer och det är därför viktigt att märka varje ledning med brunnsnummer så att inga misstag görs vid inkoppling mot fördelningsrören.

Plastmaterialet PE expanderar och drar ihop sig med varierande temperatur. Expansionskoefficienten för PE100 ligger vanligen inom 0,15–0,2 mm/m°C. Rörelserna kan leda till dragspänningar och i värsta fall ledningsbrott. Förläggningen ska därför utföras med en svag sinuskurva. Detta är speciellt viktigt om slangarna förläggs på sommaren.

Markslangor förläggs i en svag sinuskurva så att de tål termisk rörelse inom de driftstemperaturer som förekommer, typiskt -3 till +20 °C.

Varma respektive kalla markslangor och stamledningar ska separeras i schakt med minst 0,2 m eller isoleras.

Markslangor och stamledningar förläggs med jämn lutning utan lokala höjdpunkter mellan energibrunn, samlingsbrunn och husliv. Eventuell lutning ska vara mot avluftningsventiler.

Kringfyllning

En bristfällig kringfyllning kan ge tjälskjutning, sättningar och skador på ledningarna. Att i efterhand gräva fram och åtgärda eventuella skador kan vara kostsamt.

Efter avslutad kringfyllning bör märkband läggas ut för att markera var ledningar ligger, se vidare avsnitt "Märkning"

Kringfyllningen bör sträcka sig ca 0,3 m över ledningshjässa och ska avslutas med lätt packning. Under och runt svetsfogar ska packningen vara hård.

Kringfyllningsmaterialet ska vara vattengenomsläppligt, dränerande och utan inslag av sten, silt eller lera.

Resterande fyllning

Resterande fyllning görs företrädesvis med sparad schaktmaterial vilket separerats i matjord och mineraljord. Vid resterande fyllning med lerjord ska hänsyn tas till sättningar. Därför bör man avvakta med att lägga på matjord till nästföljande år.

Vid behov måste den resterande fyllningen anpassas efter de grundläggningskrav som ställs på ev. ovanliggande byggnad, väg eller annan konstruktion. I sådana fall ska föreskrivet material användas, vanligen friktionsjord, som oftast dessutom packas.

Som resterande fyllning ska företrädesvis sparad mineral- och matjord användas.

Avslut vid husliv

Beroende på olika omständigheter kan ledningarna mynna vid väggliv i källarplan, dras upp längs husfasad med genomgång i vägg ovan mark, eller dras upp till tak med genomgång via tak. Vid nybyggnation är det vanligt att dra ledningarna under grundkonstruktion och genom en ursparning i golv.

Avsluten kan ibland utgöra entreprenadgräns för överlämnade till annan entreprenör. I sådant fall ingår normalt påfyllnad och avluftning av det yttre systemet i entreprenaden för systemets utvändiga del. Av bland annat detta skäl ska avsluten vara försedda med ventiler. Om en brandfarlig köldbärarvätska, såsom etanolblandning, används behövs ventilerna även för att gå över till ett rörmaterial med egen motståndskraft mot brand, exempelvis metallrör, för den invändiga installationen.

Avslut på ledningar ska alltid förses med ventilavsättningar som möjliggör påfyllnad och avluftning samt byte till annat material.

Om köldbäraren är brandfarlig ska övergång till annat material göras utvändigt husliv, eller direkt innanför husliv under förutsättning att utrymmet utgör en egen brandcell.

Inmätning

Enligt lag (1975:424) om uppgiftsskyldighet vid grundvattentäcksundersökning och brunnborrning ska borrentreprenören delge Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) information om arbetet. Bland annat ska entreprenören ange platsen för arbetet. I lagen ställs inget krav på hur detta ska utföras, men det är en god idé för beställare att föreskriva inmätning av brunnar och ledningar. Koordinaterna bör sedan användas för att upprätta relationsritningsunderlaget. Den här informationen är användbar om man vid ett senare tillfälle ska utföra grävarbeten inom området eller behöver hitta en brunn för att utföra underhåll.

Inmätning bör utföras av brunnslägen, ledningars ändpunkter samt där de byter riktning.

Brunnsrapporter ska skickas in till SGU och kan med fördel inkludera koordinater.

Markåterställning

Där grävning ska ske i yta med exempelvis platsättning, asfalt, gräs eller planteringar anges vanligen vilken grad av återställning som ska ingå i entreprenaden. Beställaren kanske vill anlita någon annan eller utföra delar av återställningen med egen personal.

Grovåterställning med befintliga massor bör ingå som ett lägsta krav.

Isolering

Ledningar närmare än 2 meter från husgrund ska alltid isoleras om systemet dimensioneras för temperaturer under 0 °C.

Utöver denna sträcka behöver markförlagda ledningar i geoenergisystem normalt inte isoleras av tekniska skäl. De kan innehålla köldbärarvätska som håller minusgrader vilket ibland kan ge upphov till påfrysning. Under vissa förutsättningar kan det ge problem med tjälskjutning, men detta är ovanligt och drabbar främst underdimensionerade system. Hög grundvattenyta i jordlagren i kombination med att ledningarna förlagts i finkorniga jordarter kan öka risken. Genom att isolera ledningarna kan sådana problem ofta undvikas. Isolering av framför allt markslangarna kan också förenkla arbetet med ledningsförläggningen eftersom ledningarna kan placeras tätare och tilllopp- och returledning inte behöver skiljas åt.

Till system som utnyttjas för frikyla med snäva temperaturkrav kan det också vara befogat att isolera ledningarna för att undvika energiförluster.

Markförlagda ledningar närmare än 2 meter från husgrund eller under byggnad ska isoleras om systemet dimensioneras för temperaturer under 0 °C vid maximal belastning.

Isolering av markförlagda ledningar bör övervägas om systemet dimensioneras för temperaturer under 0 °C vid maximal belastning och om de dessutom placeras:

- korsandes eller i närheten av annan ledning med fryskänslig vätska,
- eller där grundvattenytan är så hög att ledningen kan förväntas stå under vatten.

Flödesfördelning och fördelningsrör

Inkopplingsstrategi

Generellt parallellkopplas brunnar i geoenergisystem. På det sättet erhålls en jämn termisk belastning av brunnarna som ingår i systemet med minsta möjliga tryckfall. Detta kräver ett större totalflöde och mer markslang, men de termiska fördelarna överväger nackdelarna.

I vissa fall kan två (eller flera) brunnar behöva seriekopplas. De seriekopplade brunnarna (eller grupperna) bör då anslutas parallellt med de övriga borrhålen. Det kan handla i de flesta fallen om flödeskrav på värmepumpars förångarsida som måste tillgodoses. Även andra driftstrategiska skäl kan förekomma.

Generellt gäller att parallellkopplade brunnar är att föredra, eftersom sådan koppling ger ett bättre energiutbyte med borrhålen än seriekoppling.

Fördelningsrör (samlingsbrunnar/samlings-skåp)

Fördelningsrör kan vara utvändiga eller invändiga. Utvändiga fördelningsrör kan placeras i nedgrävda samlingsbrunnar, markuppställda skåp eller upphängda skåp. Fördelningsrören tillverkas ofta på fabrik och levereras till arbetsplats med färdiga påstick och tillhörande injusteringsventiler där flödet kan mätas. Markuppställda skåp eller upphängda skåp underlättar tillsyn och underhåll samt minskar risken för korrosion på rör, ventiler och kopplingar av metall. Överväg att placera fördelningsrör ovan mark på en plats dit allmänheten inte har tillgång eller att förse skåp ovan mark med sabotageskydd.

Oavsett typ ska fördelningsrören vara lätt tillgängliga för tillsyn och försedda med vattentät förslutning. Höjd på nedgrävd samlingsbrunn ska anpassas efter markytans och vid behov förses med körbart lock.

Det är en god idé att förse fördelningsrören med några extra påstick som reserv för tillkommande brunnar.

Inläckande vatten och kondensation i täta samlingsbrunnar kan ansamlas och orsaka problem då det fryser. Därför bör samlingsbrunnar placeras på dränerande underlag och förses med dräneringsavlopp. Dräneringsledning förläggs med fall från samlingsbrunnen till dränerande material. Om en god dränering inte går att säkerställa, exempelvis vid hög grundvattennivå i jordlagren bör fördelarröret istället placeras i skåp ovan mark.

Fördelningsröret ska vara tillverkad av plast eller rostfritt stål. Tryckklass bör vara minst samma som kollektorn, det vill säga PN10 eller PN16.

Ventiler bör vara av korrosionsbeständigt material.

Samlingsrören ska vara försedda med avluftsventiler av typ kulventil.

Anslutningar till stam- och fördelningsledning utförs med svetsmuff alternativt mekanisk koppling om den är inspekterbar.

Alternativet med skåp bör övervägas för att underlätta tillsyn och underhåll och minska risken för ogynnsamt invändigt klimat.

Fördelningsrör ska ha ventiler som möjliggör avstängning av enskilda brunnar (eller grupper av seriekopplade brunnar) samt injusterings- och mätning av flödet över respektive borrhål (eller grupp av seriekopplade brunnar).

Färdigfabricerade samlingsbrunnar/samlings-skåp med ventilförsedda påstick bör väljas.

Injustering av flöde

Energibrunnarna i ett borrhålslager dimensioneras för att leverera en viss temperatur vid ett visst energiuttag. Om flödet över brunnarna inte är någorlunda jämnt fördelat kommer även energiuttaget bli ojämnt. I många

fall är dessutom brunnarna olika djupa, vilket innebär olika tryckfall. Därför ska systemet förses med injusteringsventiler för varje borrhål.

Ny injustering kan behöva göras efter något eller några års drift då systemet nått en termisk balans med marken.

Injusteringar bör i normalfallet utföras och protokollföras enligt anvisningar i **Bilaga 1**.

Varje borrhål (eller grupp av seriekopplade hål) hål ska utrustas med injusteringsventil som möjliggör mätning av flödet.

Vid driftsättning utförs injustering så att en jämn fördelning av flödet över borrhålen erhålls vid dimensionerande förhållanden.

Köldbärarvätska

Val av typ och frysskyddsfaktor

Den köldbärarvätska som används i geoenergisystem behöver uppfylla flera kriterier. Den behöver till exempel ge vätskan ett frysskydd, ha goda termiska egenskaper, vara lätt att cirkulera och vara ofarlig för miljön vid ett eventuellt läckage.

Den vanligaste köldbäraren i geoenergisystem i Sverige är en blandning av etanol och vatten, men andra köldbärare förekommer varvid andra förhållanden än de som beskrivs i detta stycke kan gälla. Frysskyddet hindrar dels vätskan från att frysa i ledningarna på vintern, men är också viktig för att förhindra att värmepumpen skadas om cirkulationen avstannar av något skäl. Köldbäraren förses typiskt med ett frysskydd ner till -10 till -15 °C. Observera att värmepumpstillverkare ibland ställer krav på vätskans frysskydd.

Köldbäraren ska alltid hanteras enligt tillverkarens föreskrifter och gällande lagstiftning. Om brandfarlig vätska används ställs krav på hur vätskan hanteras både under byggtiden och när anläggningen är färdig.

Köldbäraren förses med ett frysskydd minst ner till den lägsta temperaturen den kan antas bli utsatt för, alternativt den lägsta temperatur som leverantören av värmepumpen föreskriver.

Tillståndspliktiga volymer

Etanol i den koncentration som normalt används i geoenergisystem (20–30 % av volym) har en flampunkt på ca 35–40 °C och klassas därför som brandfarlig vätska (brandklass 2b).

Tabell 2: Tillståndspliktiga volymer av brandfarlig vara enligt MSBFS 2013:3.

Hantering	Extremt brandfarliga eller brandfarliga aerosoler	Brandfarliga vätskor med flampunkt högst 60 °C	Brandfarliga vätskor med flampunkt högre än 60 °C upp till och med 100 °C
Yrkesmässig publik verksamhet	100 L	100 L	10 000 L
Yrkesmässig icke publik verksamhet, inomhus	500 L	500 L	10 000 L
Yrkesmässig icke publik verksamhet, utomhus	3 000 L	3 000 L	50 000 L
Icke yrkesmässig hantering	100 L	100 L	10 000 L

Hantering av större mängder brandfarlig vätska är tillståndspliktig (MSBFS 2013:3 om tillstånd till hantering av brandfarliga gaser och vätskor). Med hantering avses även köldbäraren i ett geoenergisystem. De flesta

geoenergisystem i större anläggningar räknas som yrkesmässig icke publik hantering och volymen är uppdelad i det som hanteras utomhus och som finns innanför husvägg. För den typen av system är volymer som överstiger 500 liter inomhus och 3000 liter i den markförlagda delen av systemet tillståndspliktiga. Detta innebär att man kan behöva söka tillstånd redan med i storleksordningen 10 borrhål i systemet. Tillståndet söks hos räddningstjänsten i den kommun där anläggningen ligger.

Se MSB:s föreskrifter för ytterligare information om gränsvärden.

Påfyllnad och avluftning

Påfyllning av ett geoenergisystem är ofta en tidsödande process. I samband med fyllningen töms systemet på luft som kan ha ansamlats. Genom att cirkulera köldbärarvätskan genom varje borrhålsslinga för sig efter att övriga tillfälligt stängts av kan eventuell luft pumpas ut. Avluftning utförs ofta i samband med påfyllning av aktuell köldbärarvätska och med en separat pump och ett provisoriskt kärl. Det bör finnas separata ventiler avsedda för påfyllning. Det är en fördel om ventilerna placeras så att det även går att pumpa vätskan baklänges genom systemet under denna fas.

Det ska finnas manuella avluftningsventiler vid fördelarrör och i högpunkter.

Systemet ska förses med avluftningsventiler vid fördelarrör och i högpunkter.

Egenkontroller och provning

Frysskyddskontroll

Det ligger i fastighetsägarens intresse att känna till vilket frysskydd anläggningen förses med. Om etanol används som frysskydd bör även koncentrationen av köldbärare och dess flampunkt kontrolleras av brandsäkerhetsskäl. Koncentrationen mäts exempelvis med en refraktometer och flampunkt vid aktuell koncentration framgår av leverantörens varuspecifikation. Oavsett mätmetod bör noggrannheten vara bättre än +/- 0,5%. Observera att det kan finnas mindre skillnader i flam- och fryspunkt mellan olika fabrikat av köldbärare.

Om koncentrerad köldbärare har använts vid påfyllning ska mätningen utföras när köldbärarvätskan är jämnt utblandad.

Köldbärarens koncentration, frysskydd och flampunkt bör kontrolleras och resultatet anges i systemets dokumentation.

Provtryckning

Anläggningen bör provtryckas i flera steg under entreprenadens utförande. Det är viktigt att eventuella skador eller läckage upptäcks i ett tidigt skede så att de kan åtgärdas utan för mycket merarbete.

Anvisningar för protokoll och utförande återfinns i **Bilaga 1**.

Kollektor ska provtryckas före och efter montage för att upptäcka eventuella leveransskador eller skador under montaget.

Markslangar och stamledningar ska provtryckas innan återfyllning av schakt.

Systemet ska provtryckas i sin helhet efter färdigställda inkopplingar.

Tryckfallsmätning

Ett cirkulationsprov ska utföras genom varje borrhålsslinga, lämpligen i samband med provtryckning efter att borrhålen kopplats ihop med fördelarrör. Vätska cirkuleras och flöde och tryckfall genom slingan mäts och jämförs med beräknat tryckfall för att kontrollera att slangarna inte är hopklämda eller blockerade.

I samband med påfyllnad, avluftning och injustering bör en förnyad tryckfallsmätning på det yttre systemet som helhet övervägas, i synnerhet om tidigare uppmätta värden avviker från vad som kan förväntas utifrån teoretiska beräkningar. Tryckfallsmätningen bildar också ett underlag för att verifiera dimensionering av cirkulationspump för köldbärarkretsen samt som ingångsdata för injustering av enskilda borrhål.

Vid behov justeras cirkulationspumpens storlek.

Anvisningar för protokoll och utförande återfinns i **Bilaga 1**.

Ett cirkulationsprov ska utföras på respektive borrhålsslinga, lämpligen efter att borrhålen kopplats ihop med fördelarrör och med mätning av både flöde och tryckfall.

Ytterligare ett cirkulationsprov med mätning av tryckfall och flöde bör utföras på det yttre systemet som helhet med dimensionerande flöde och känd temperatur när systemet är färdigställt.

Funktionskontroll

En samordnad provning hålls alltid i slutet av ett projekt för att säkerställa att fastighetens alla system samspelar på avsett vis. Härvid provas även köldbärarkretsens reglerfunktioner. Det kan exempelvis handla om att flödesregleringen över borrhålskretsen fungerar som tänkt vid sommar- och vinterdrift eller att signaler från reglerande givare hanteras på rätt sätt i systemet.

Den samordnade provningen utförs normalt av projektets styrentreprenör och ligger metodiskt utanför dessa råd och anvisningar, men borrentreprenören förutsätts oftast delta i provningen.

Märkning

Märkning ska utföras så det är möjligt att identifiera vilka markslangar som leder till vilket borrhål. Detta kan till exempel utföras genom att borrhålsnumrering anges på ritning och att ledningarna märks fysiskt med rätt nummer vid anslutning till fördelarröret, vanligen med märkskylt på ventil.

För att undvika skador på ledningssystemet vid framtida markarbeten är det även viktigt att märka ut deras lägen med markeringsband i schakten.

Märkning ska utföras så att det går lätt att avgöra vilken markslang som går till vilket borrhål vid fördelarröret.

Ledningarnas lägen ska märkas ut i schakten med markeringsband.

Tillsyn och underhåll

Yttre system

Det yttre systemet saknar rörliga delar och endast samlingsbrunnar (-skåp) är tillgängliga för tillsyn. Något underhåll krävs i normalfallet inte eftersom rörliga delar saknas. Däremot kan förnyad injustering behöva göras vid något eller några tillfällen.

Det kan också inträffa att felsökning behöver utföras via samlingsbrunn (-skåp) i det fall exempelvis ett läckage uppstått eller misstänks. Detta har i så fall upptäckts via avvikelser i driftdata och då gett upphov till larm i styr- och övervakningssystemet.

Det rekommenderas att tillsyn görs i samlingsbrunn (-skåp) för regelbunden kontroll samt att denna alltid hålls tillgänglig för felsökning eller efterjustering av flöden.

Invändigt system

Det finns flera invändiga installationer anslutna till köldbärarkretsen som är nödvändiga för att borrhålen ska fungera som avsett.

Av central betydelse är cirkulationspumpen och att denna är rätt dimensionerad. Det är av detta skäl som tryckfallmätningarna behövs. Pumpen kan styras på olika sätt, men vanligast för större system är att den är behovsstyrd genom att hålla en konstant temperaturskillnad mellan fram och retur. Detta förutsätter att den är frekvensstyrd.

På kretsen sitter också ett expansions- och tryckhållningskärl vars funktion är att hålla ett någorlunda konstant tryck på köldbärarkretsen. Skulle en läcka uppstå sjunker trycket och därmed flödet till värmepumpen som då löser ut och stannar. Det är då det blir dags för läcksökning där samlingsbrunn (-skåp) blir verktyget att söka och åtgärda läckan (om den inte uppstått synligt). Systemen ska förses med en funktion som stoppar och ger startförbud till inbyggda och externa köldbärarpumpar vid ett läckage. Detta ska omfatta även motionskörning.

I vissa system förses köldbärarkretsen med en vakuumavgasare. Denna ser till att köldbäraren avluftas från gaser som annars skulle försämra värmeöverföringen mellan kollektorer och berg samt i värmepumpens förångare. Ett alternativ kan vara att förse systemet med avstick för avgasare och behandla köldbäraren med något eller några års mellanrum.

Det är viktigt att förse systemet med tillräcklig instrumentering så att uppföljning och utvärdering av systemets funktion kan utföras. Det är vanligt att systemet utrustas med givare för mätning av tilllopps- och returtemperaturer på köldbärarsidan, samt tryckgivare för att övervaka systemtrycket. I vissa fall monteras även en värmemängdsmätare. Det är lämpligt att det överordnade styrsystemet förses med funktion för att logga och sammanställa mätdata.

Det bör finnas tekniska möjligheter att kontinuerligt följa upp borrhålssystemets funktion via SÖ-systemet.

Mätningar av temperaturer, flöde och systemtryck bör ingå som en del i tillsynen av köldbärarsystemet.

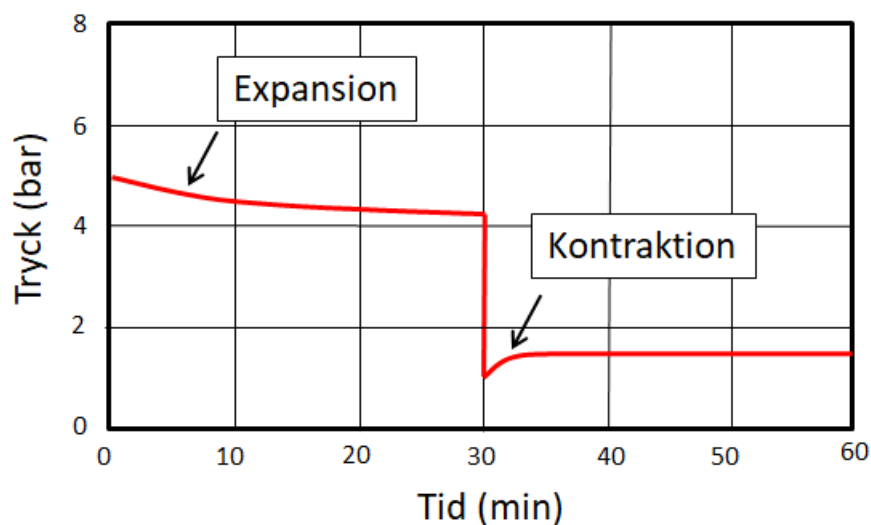
Bilaga 1: Rekommendationer provtryckning, tryckfallsmätning och injustering

I denna bilaga beskrivs exempel på hur de olika kontrollmomenten som tas upp i anvisningarna kan utföras.

Provtryckning

Allmänt

Provtryckning utförs i syfte att verifiera att den provtryckta systemdelen är tät. Vid provningen kommer rör av plast att först expandera för att när trycket sedan släpps kontrahera, se förklaringsfigur nedan.



Figur 4: Principskiss över hur trycket kan variera i ledningarna under provtryckningen.

För att godkännas ska stabil trycknivå uppnåtts i slutet på var och en av täthetsprovningarna.

Resultaten sammanställs i protokoll som bör inkludera som minst följande uppgifter:

- Datum och tidpunkt.
- Vilka borrhål, samlingsbrunnar och/eller ledningar som omfattas av provtryckningen.
- Materialtyp och tryckklass.
- Tryckavläsningar, samt hur lång tid efter provstart som avläsningen utfördes.
- Provtryckningsmedia.

Utförande

Om inget annat anges i kontraktshandlingar ska provtryckning genomföras enligt följande.

Enskilda kollektorer

1. Vid ankomst - inspektion av eventuell transportskada.
2. Fylls med vätska och trycksätts med lägst 5 bar.
3. Innan installation - okulär läckagekontroll.
4. Efter installation - trycket avläses.
5. Trycket behålls under och efter montaget i totalt minst 60 minuter och avläses.

Enskilda samlingsbrunnar och -skåp

Utförs innan schakt för markslangar till samlingsbrunn eller -skåp återfylls.

1. Vätskepåfyllnad och avluftning.
2. Trycksättning med lägst 5 bar.
3. Låt stå och avläs under 30 minuter (systemet expanderar). Okulär läckagekontroll av ledningar och skarvar.
4. Släpp trycket till halva kontrolltrycket i punkt 2.
5. Låt stå och avläs under 30-90 minuter.

Utvändigt system som helhet

Innan återfyllnad av schakt för samlingsledning till teknikrum.

1. Vätskepåfyllnad och avluftning.
2. Trycksättning med lägst 5 bar.
3. Låt stå och avläs under 30 minuter (systemet expanderar). Okulär läckagekontroll av samlingsledning och skarvar på dessa.
4. Släpp trycket till halva kontrolltrycket i punkt 2.
5. Låt stå och avläs under 30-90 minuter.

Slutprovning

I detta skede är schakter återfyllda och systemet antingen anslutet till det inre rörsystemet eller färdigt att anslutas till detta och köldbäraren har cirkulerats och avluftats.

1. Trycksättning minst 1,5 gånger projekterat drifttryck.
2. Låt stå minst ett fullt dygn med gles avläsning eller till dess att det avlästa trycket är stabilt.

Tryckfallsmätning

Allmänt

Cirkulationsprov och tryckfallsmätning utförs för att kontrollera att förträngningar eller blockeringar inte har uppkommit i kollektorer eller i det markförlagda rörsystemet. Ett annat syfte är mäta det sammansatta tryckfallet för systemet som helhet och att verifiera dimensionering av cirkulationspump för köldbärarkretsen. De uppmätta värdena kan dessutom med fördel användas som ingångsdata för injustering av enskilda borrhål. Uppmätta värden ska jämföras med teoretiskt beräknade.

Cirkulationsprovet och tryckfallsmätningen bör omfatta såväl kollektorer som markförlagt rörsystem. Den avslutande mätningen för systemet som helhet ska utföras efter att hela systemet är fyllt med köldbärarvätska och avluftat.

Resultaten sammanställs i ett protokoll som bör innehålla minst följande information.

- Datum och tidpunkt.
- Vilket borrhål eller del av systemet som mätningen avser.
- Typ och koncentration av köldbärarvätska.
- Uppmätt flöde.
- Uppmätt tryckfall, samt hur lång tid efter provstart som avläsningen utfördes.

Utförande

Om inget annat anges i kontraktshandlingarna ska det maximalt rekommenderade flödet enligt **Tabell 1** i textdelen användas.

Varaktigheten ska vara minst 10 minuter. Avläsning av differenstrycket görs med två manometrar, eller tryckgivare. En på tillloppsledning och en på returledning. Härutöver ska flödet avläsas med manuell eller digital flödesmätare.

Kvarvarande luft i systemet kan göra att resultatet blir ojämnt. Skulle så vara fallet bör en kompletterande avluftning utföras och därefter en ny tryckfallsmätning.

Det är en fördel att göra tryckfallsmätningar vid några olika flöden inom ramen för de förväntade driftflödena. För bästa resultat mäts även vätskans temperatur.

Injustering

Injustering ska utföras vid fördelarröret så att flödet fördelas lika över varje borrhål. Injusteringen utförs med fördel vid dimensionerande förhållanden.

Resultatet sammanställs i ett protokoll som bör innehålla minst:

- Datum och tidpunkt.
- Vilka borrhål injusteringen avser.
- Uppmätt flöde.
- Uppmätt tryckfall över ventilen.
- Injusteringsventilens inställning.