

Råd och Anvisningar
Entreprenader för större system med energibrunnar
Förstudie – Platsundersökning – Projektering – Upphandling



Omslagsbild av Jerker Eriksson

Författare: Olof Andersson och Göran Hellström

Redaktör: Signhild Gehlin

Utgivare: Svenskt Geoenergicentrum, Lund

www.geoenergicentrum.se

Första utgåvan, utgiven 2023

INNEHÅLL

1	FÖRORD	5
2	FÖRKLARINGAR	6
2.1	FÖRKORTNINGAR.....	6
2.2	TERMER OCH BEGREPP	7
3	INTRODUKTION OCH LÄSANVISNINGAR	8
4	SYSTEMBESKRIVNING OCH AVGRÄNSNING	9
5	PROJEKTPLANERING	12
6	FÖRSTUDIE	14
6.1	INNEHÅLL OCH HANDLINGSGÅNG.....	14
6.2	KLIMATFÖRHÅLLANDEN	15
6.2.1	<i>Dimensionerande utetemperatur (DUT)</i>	15
6.2.2	<i>Klimatdata</i>	16
6.2.3	<i>Temperaturens varaktighet</i>	16
6.3	VÄRME OCH KYLBEHOV	16
6.3.1	<i>Effekt- och energibehov</i>	16
6.3.2	<i>Andel tappvarmvatten</i>	16
6.3.3	<i>Effekttäckning och spetslast</i>	17
6.3.4	<i>Kompletterande värme- och kylkällor</i>	17
6.4	MARKFÖRHÅLLANDEN	17
6.4.1	<i>Marktillgänglighet</i>	17
6.4.2	<i>Undermarkshinder</i>	18
6.5	GEOLOGISKA/HYDROGEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR	18
6.5.1	<i>SGU:s databank</i>	18
6.5.2	<i>Ostörd bergtemperatur</i>	18
6.6	SAMMANVÄGNING OCH TEKNISK ANALYS	19
6.6.1	<i>Anläggningens effektstorlek</i>	19
6.6.2	<i>Antal energibrunnar</i>	20
6.6.3	<i>Principflödesschema</i>	21
6.6.4	<i>Kontroll av kraftförsörjning</i>	21
6.7	EKONOMISK ANALYS	22
6.7.1	<i>Investeringskalkyl</i>	22
6.7.2	<i>Merinvestering</i>	22
6.7.3	<i>Energibesparing</i>	23
6.7.4	<i>Lönsamhet</i>	23
6.7.5	<i>LCC-analys</i>	24
6.8	TILLSTÅNDSFRÅGOR OCH MILJÖASPEKTER.....	25
6.9	FORTSATT PROJEKTUTVECKLING	25
7	PLATSUNDERSÖKNINGAR	27
7.1	PROVBORRNING	27
7.1.1	<i>Placering, djup och antal</i>	27
7.2	DOKUMENTATION UNDER BORRNING	28
7.2.1	<i>Borrbarhet</i>	28
7.2.2	<i>Lagerföljd</i>	28
7.2.3	<i>Blåskapacitet och salthalt</i>	28
7.3	DOKUMENTATION EFTER BORRNING	29
7.3.1	<i>Grundvattennivåer</i>	29
7.3.2	<i>Kapacitetstester</i>	29

7.3.3	Termisk responstest (TRT).....	29
7.4	FÖRDJUPAD ENERGIBEHOVSANALYS	30
7.4.1	Befintliga energisystem.....	30
7.4.2	Nybyggnation.....	30
8	PROJEKTERING.....	31
8.1	SYSTEMDIMENSIONERING	31
8.2	UTFORMNING AV ENERGIBRUNN	32
8.2.1	Kollektor och håldimension.....	32
8.2.2	Köldbärarvätska, flöde och tryckfall	33
8.3	MARKLEDNINGAR OCH FÖRDELNINGSRÖR	33
8.4	BORRPLAN.....	33
8.5	CIRKULATIONSUMP	33
8.6	AVLUFTNING/AVGASNING	34
8.7	GRÄNSSNITT OCH SAMORDNING	34
8.8	FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG.....	35
8.8.1	AF-del.....	35
8.8.2	Teknisk beskrivning/Rambeskrivning.....	36
8.9	ATT UPPMÄRKSAMMA	36
8.9.1	Styr- och övervakning (Kap 8)	36
8.9.2	Märkning (Kap Y)	37
8.9.3	Provtryckning och tryckfallsmätning (Kap Y)	38
8.9.4	Relationshandlingar (kap Y).....	38
9	UPPHANDLING.....	39
9.1	ANBUDESKUNGÖRELSE	39
9.2	ANBUDESTID	39
9.3	ANBUDESGRANSKNING	39
9.4	ANBUDESGENOMGÅNG	40
9.5	KONTRAKT.....	40
10	REFERENSER	41

1 Förord

Det här dokumentet är en del av Svenskt Geoenergicentrum's *Råd och Anvisningar* för geoenergianläggningar och gäller för större system med fler än enstaka borrhål och entreprenader som vanligen utförs via kontrakt med tillhörande upphandlingsdokumentation. Anvisningarna gäller enbart slutna system för värme och/eller kyla, det vill säga större bergvärmeanläggningar och borrhålslager.

Vår förhoppning är att de nu tillkommande råd- och anvisningarna skall fungera som ett kompletterande stöd för beställare och konsulter vid planering, projektering och upphandling av större anläggningar med bergvärme och borrhålslager. Vi bedömer att dokumentet också är värdefullt för de entreprenörer som bedriver verksamhet inom branschen, inte minst de som åtar sig totalentreprenader där geoenergi ingår. 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.

Dokumentet bygger i hög grad på resultaten från projektet IEA-ECES – Annex 27, "Quality Management in Design, Construction and Operation of Borehole Systems", men har anpassats till svenska erfarenheter och marknadsförutsättningar. Sverige deltog i Annex 27 med ekonomiskt stöd från Energimyndigheten som ett av elva deltagarländer. Annex 27-projektet var indelat i fyra delområden (Subtasks):

- Subtask 1. Förundersökningar och projektering (Delprojektledare Sverige)
- Subtask 2. Utförande och konstruktion (Delprojektledare Danmark)
- Subtask 3. Drift och mätningar (Delprojektledare Japan)
- Subtask 4. Riskanalyser (Delprojektledare Tyskland)

För vart och ett av delområdena finns en delrapport som ingår i annexets slutrapport. Såväl delrapporterna som slutrapporten finns tillgängliga för nedladdning på Svenskt Geoenergicentrum's hemsida, <https://geoenergicentrum.se/geoenergi-2/iea-tcp-ec-es-annex-27/>

Förutom resultaten från Annex 27 har vi i föreliggande dokument arbetat in de senaste årens specifika erfarenheter från projektering och anläggning av större kommersiella bergvärme- och borrhålslagerprojekt som vi fått god insyn i via exempelvis projektering, besiktningar och i vissa fall tvister.

Svenskt Geoenergicentrum har givit ut följande Råd och anvisningar:

- Anvisningar för förläggning av kollektorer i geoenergisystem – Riktlinjer för större anläggningar. (Hjulström et al 2022)
- Anvisningar för förläggning av kollektorer i geoenergisystem – Riktlinjer för mindre anläggningar. (Hjulström et al 2022)
- Råd och anvisningar om återfyllning av energibrunnar. (Andersson och Gehlin, 2020)
- Riktlinjer för mätning och uppföljning av geoenergisystem. (Svenskt Geoenergicentrum 2018)
- Riktlinjer för Termisk Responstest (TRT). (Svenskt Geoenergicentrum 2015).

Alla Svenskt Geoenergicentrum's gällande Råd och Anvisningar finns tillgängliga via hemsidan: <https://geoenergicentrum.se/publikationer-2/rad-och-anvisningar/>

Utöver författarna Olof Andersson (Geostrata HB), Göran Hellström (Neoenergy Sweden) och undertecknad, har följande representanter för geoenergibranschen deltagit i remissarbetet eller på annat sätt bidragit till riktlinjerna: Sweco, FBB, Hydroc, Björn Sellberg.

Signhild Gehlin
VD, Svenskt Geoenergicentrum
Augusti 2023

2 Förklaringar

2.1 FÖRKORTNINGAR

AB	Allmänna Bestämmelser
AF	Administrativa Föreskrifter
AMA	Allmän Material- och Arbetsbeskrivning
B	Beställare
BBR	Boverkets Byggregler
COP	Coefficient Of Performance (värmefaktor)
CP	Cirkulationspump
DE	Delad Entreprenad
DVUT	Dimensionerande Vinterutetemperatur
DUT	Dimensionerade Utetemperatur
E	Entreprenör
EED	Earth Energy Designer
KB	Köldbärare
KV	Kallvatten
KVP	Kyl-värmepump
LCC	Life Cycle Cost
LOU	Lagen om Offentlig Upphandling
PFK	Påfyllnadskärl
SCOP	Seasonal Coefficient Of Performance (årsvärmefaktor)
SGU	Sveriges Geologiska Undersökning
TE	Totalentreprenör
TB	Teknisk Beskrivning
TRT	Termisk Responstest
UE	Underentreprenör
VP	Värmepump
VS	Värme och Sanitet
VVC	Varmvattencirkulation
VVX	Värmeväxlare
ÄTA	Ändrings-, Tilläggs- och Avgående arbeten

2.2 TERMER OCH BEGREPP

Bergvärme	System för uttag av värme med kollektorförsedd energibrunn i berg
Borrhålslager	System för uttag/lagring av värme och kyla
Energibrunn	Brunn som används för uttag/lagring av värme och kyla
Energibrunnssystem	Utvändigt system med energibrunnar och sammanlänkande ledningar
Foderrör	Stålrör som borrar ned genom jordlager och övre del av berget
Geoenergi	Samlingsterm för energisystem som använder marken som energikälla
Geoenergisystem	System för produktion av värme och kyla med Geoenergi
IEA-ECES	International Energy Agency's samarbetsplattform för forskning och utveckling inom energilagringssystem
Kollektor	Rörkonstruktion (oftast i plast) som tar upp/avger termisk energi i energibrunnar.
kPa	SI-mått för tryck i vätskor och gaser (10 kPa = 1 mVp = 0,1 bar)
Köldbärare	Vätska, vanligen bestående av vatten med etanol som frysskydd
Manometer	Tryckmätare ansluten på ett rör. Trycket visas i Bar och kPa
Normbrunn	SGUs anvisningar för vatten- och energibrunnar till skydd av grundvatten
PE	Plastmaterial bestående av polyeten. Finns i olika hårdhetsklasser.
PN	Tryckklass för rör. Anger högsta tillåtna inre sprängtryck (bar)
SDR	Definierat som kvoten mellan ett rörs yttre diameter och väggjocklek (mm)
Spillvärme	Överskottsvärme som inte används
Svenskt Geoenergicentrum	Svenskt kunskapscenter för information om geoenergi
Tryckfall	Skillnad i vätsketryck (kPa) mellan två punkter i flödesrets. Viktigt för dimensionering av rörstorlek och cirkulationspump.
Tryckklass	Betecknar ett rörs invändiga sprängtryck. Se även PN och SDR
U-rör	Ett annat namn för kollektor där två rör är sammanlänkade med en u-böj
Viskositet	Betecknar en vätskas flödeströghet (Pa·s)
Väggliv	Yttre del av byggnadsfasad
Värmeledningsförmåga	Ett materials förmåga att leda värme (W/m,K)

3 Introduktion och läsanvisningar

Sverige är det land i världen som har flest energibrunnar räknat per capita, och där vi värmer bostäder och lokaler med en stor andel geoenergi. Det handlar om ca 18.5 TWh värme som årligen hämtas från marken av drygt 600 000 anläggningar. Härtill kommer ca 1-2 TWh frikyla (Gehlin et al 2022).

Huvudparten av systemen består av små bergvärmeanläggningar till villor, men andelen större system tillämpade på bostadsrättsföreningar, kommersiella och institutionella byggnader, samt industrier är starkt växande såväl i Sverige som i våra nordiska grannländer.

Trots den växande marknaden för större system saknas det övergripande anvisningar för planering, projektering och upphandling av dessa. Denna typ av stora geoenergianläggningar upphandlas vanligen som totalentreprenader enligt ABT06, eller utförandeentreprenader enligt AB04 med **rambeskrivning** respektive **teknisk beskrivning** baserade på AMA-anvisningar. AMA är dock dåligt anpassad till geoenergisystem, varför de tekniska beskrivningarna inte alltid blir korrekta. Inte sällan leder detta till felaktigt utförande och i värsta fall tvist mellan beställare och entreprenör.

I syfte att komplettera AMA-texterna är avsikten med dessa råd och anvisningar följaktligen att de skall utgöra en saklig vägledning för hur större projekt med energibrunnar bör planeras, förundersökas och slutligen beskrivas i de förfrågningsunderlag som används för upphandling.

Det skall uppmärksammas att anvisningarna fokuserar på den yttre anläggningen, **energibrunnssystemet**, men hänsyn tas också till systemet i sin helhet, **geoenergisystemet**, där bland annat värmepumpar ingår. Detta gäller främst för avsnitt som handlar om dimensionering, projektering, upphandling och ekonomi.

Dokumentet är kronologiskt upplagt och följer den etappvisa projektutveckling som bör användas i större byggprojekt och i vilket ett större geoenergisystem ingår.

Som läsanvisningar gäller i övrigt följande tablå:

- Termer, begrepp och förkortningar, Kap 2.
- Översiktlig systembeskrivning och avgränsningar, Kap 4
- Energibrunnssystem kopplade till olika byggprocesser, Kap 5
- Förstudie med rekommenderat innehåll och anvisningar, Kap 6
- Platsundersökningar med rekommenderat innehåll och anvisningar, Kap 7
- Projektering med rekommenderat innehåll och anvisningar samt särskilda beaktanden, Kap 8
- Generell beskrivning av upphandlingsprocessen med allmänna råd, Kap 9

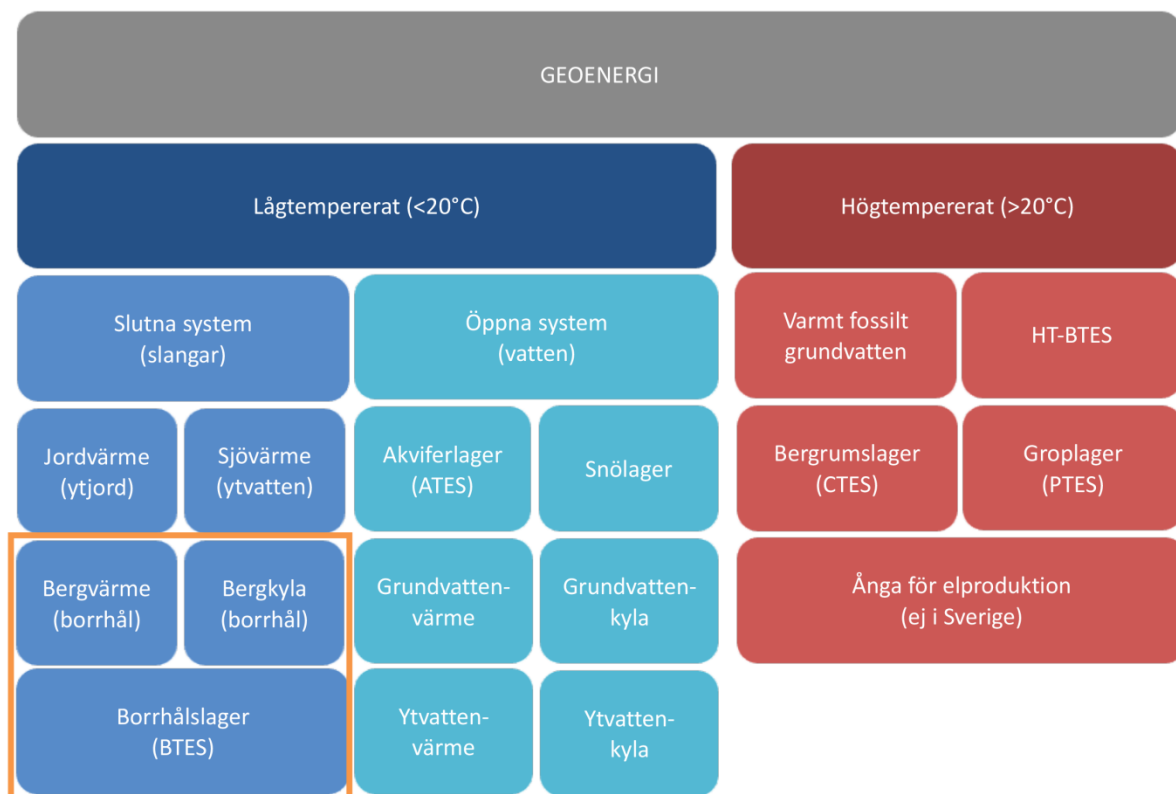
Varje delrubrik innehåller en kort bakgrundsbeskrivning om innehållet och avslutas med någon form av råd, anvisning eller riktlinje med inramad tonad ruta enligt nedan.

I förstudien (kap 6.6-6.7) ingår ett fiktivt geoenergisystem vilket används för att illustrera handlingsgången från förprojektering fram till ekonomisk analys. Exemplet avser ett borrhålslager för produktion av både värme och kyla. Detta exempel kan inte användas för annat än just som en illustration.

I verkligheten är alla geoenergisystem platsspecifika och måste således anpassas till rådande förhållanden

4 Systembeskrivning och avgränsning

Geoenergi är ett samlingsbegrepp för flera olika system där värme och/eller kyla utvinns ur marken (Figur 1).

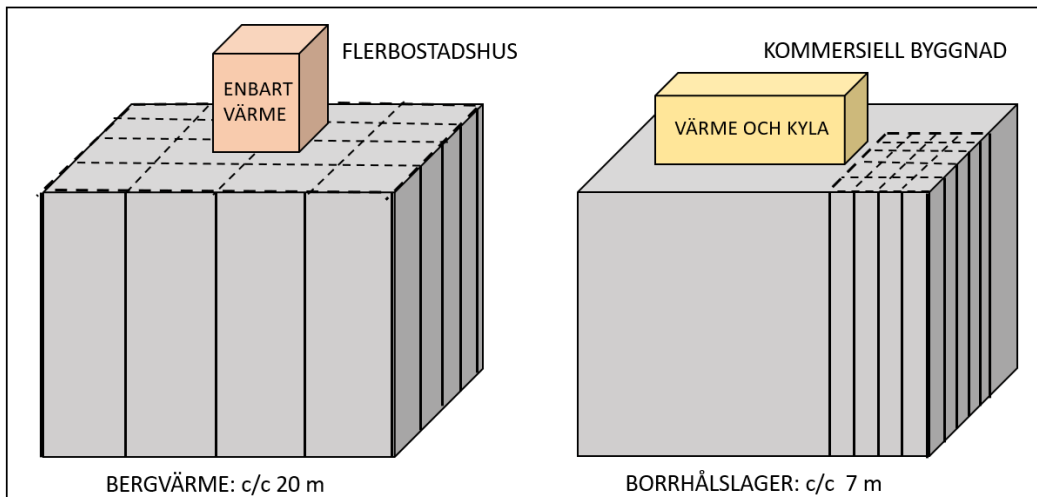


Figur 1. Olika svenska beteckningar för alternativ med geoenergi. Inringade tekniker är de som denna skrift fokuserar på.

Dessa råd och anvisningar avgränsas till enbart större slutna system som består av kollektorförsedda energibrunnar nedborrade i berggrunden – främst *Bergvärme/kyla* och *Borrhålslager*.

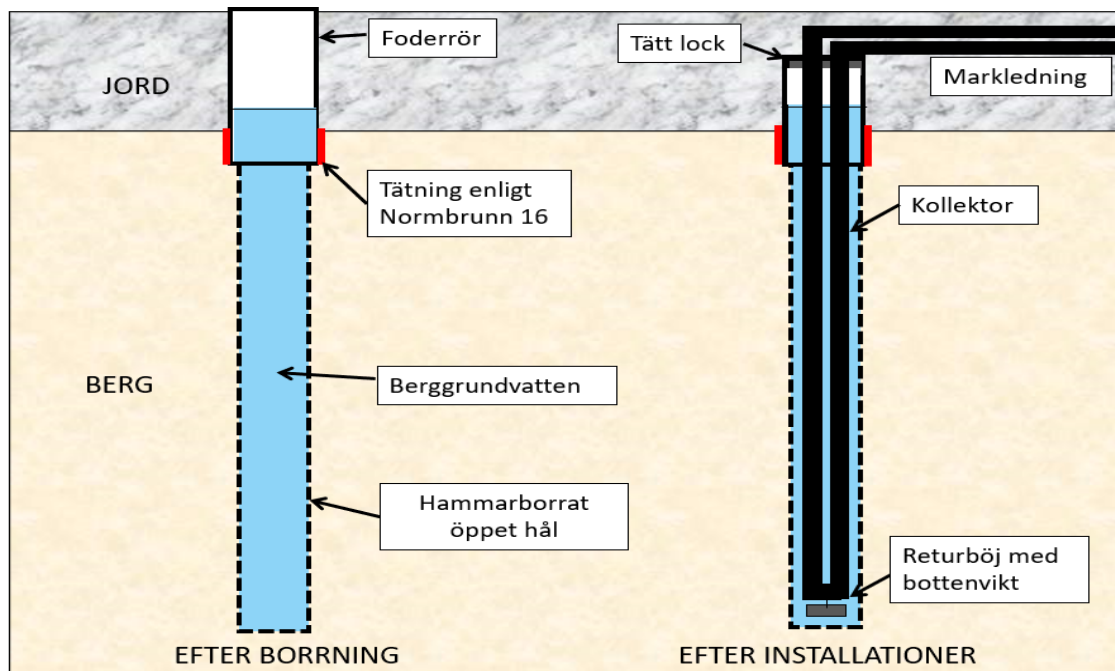
Med *Bergvärme* avses ett system med borrhål i berg för uttag av låggradig värme från berggrunden. Värme utvinns genom att cirkulera en köldbärarvätska genom kollektorerna i energibrunnarna. Vid värmeuttaget under vintern kyls bergmassan närmast brunnarna ned några grader, men det sker en återhämtning under sommarhalvåret. Ett vanligt användningsområde är för bostadsrättsföreningar som inte har behov av kyla. Dessa system kräver ett avstånd på ca 20 meter mellan borrhålen (till vänster i Figur 2). Genom ett varaktigt värmeuttag från marken sker en långsiktig temperatursänkning av den bergvolym som penetreras av borrhålen.

Med *borrhålslager* avses ett system för uttag av både värme och kyla. Dessa system återladdas under sommarhalvåret genom att lagrad kyla hämtas från berget och därmed förstärker återuppvärmningen av bergvolymen med överskottsvärme från kylsystemet. Vanliga tillämpningar är kommersiella och institutionella fastigheter som har behov av både värme och kyla. I dessa system ligger brunnarna tätare, vanligen 6-8 m (till höger i Figur 2). Genom att upprätthålla en relativt god balans mellan uttag och tillförsel av värme till bergvolymen kan långsiktigt stabila temperaturförhållanden upprätthållas.



Figur. 2. Principiella skillnader mellan Bergvärme och Borrhålslager

Energibrunnarna som ingår i systemet utförs i två steg: borrhning av hålet, därefter installation av kollektor. Själva borrhningsarbetet innehåller flera moment: inledande nedborrning av foderrör, tätning av dessa mot berget och slutligen borrhning av ett öppet hål i berget (Figur 3). Som visas i figuren fylls vanligen hålet med grundvatten till den grundvattennivå berget har. Kollektorn består av ett U-rör i plast (PE) med ett tätande lock. Kollektor och ledningar i mark fylls med en köldbärarvätska, oftast vatten blandat med etanol som frysskydd.



Figur. 3. En energibrunn utförs i två steg, först borrhning varefter installation av kollektor med tillhörande markledning

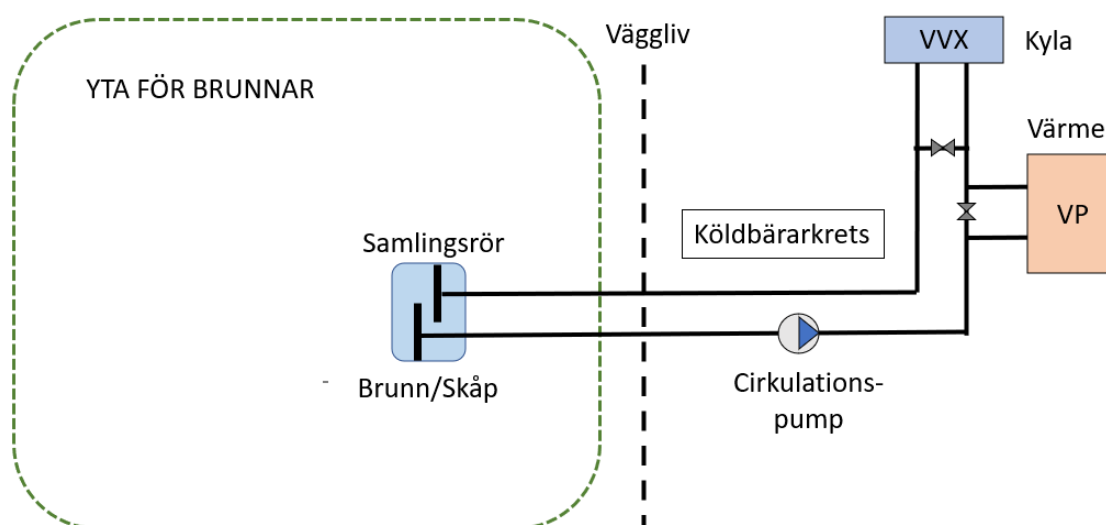
Oavsett om det handlar om bergvärme eller borrhålslager kopplas de ingående brunnarna parallellt via fördelningsrör placerade i en *samlingsbrunn* eller ett *samlings-skåp* (Figur 4).



Foto: Olof Andersson

Figur. 4. Alternativ för parallellkopplade energibrunnar. T.v. samlingsbrunn under mark. T.h. markuppställt samlings-skåp. Detaljbild visar injusterings-och avstängningsventiler.

Energibrunnar tillsammans med markförlagda ledningar, fördelningsrör och invändiga rör bildar en egen flödeskrets, *köldbärarkretsen*. Denna utgör värmekälla till en eller flera värmepumpar och i system med borrhålslager används den även för produktion av kyla i form av frikyla från berget och/eller spillkyla från värmepumpsdrift. Kretsen drivs av en *cirkulationspump* (Figur 5). Till kretsen hör också ett påfyllnadskärl och ett tryckhållningskärl (expansionskärl).



Figur. 5. Köldbärarkretsen bildar värmekälla till värmepump och vad gäller borrhålslager även kyla

I detta dokument beaktas utformning och funktion av köldbärarkretsens komponenter. Tonvikten är lagd på de utvändiga installationerna, vilka i dokumentet benämns **energiebrunnssystem** med avgränsning vid väggliv.

Ett energiebrunnssystem måste dock knytas till ett energiproduktionssystem som helhet för att kunna användas. I detta ingår invändig köldbärarkrets och oftast också en eller flera större värmepumpar eller kyl/värmepumpar. I detta dokument beaktas även utformningen av systemet som helhet och benämns då **geoenergisystem**.

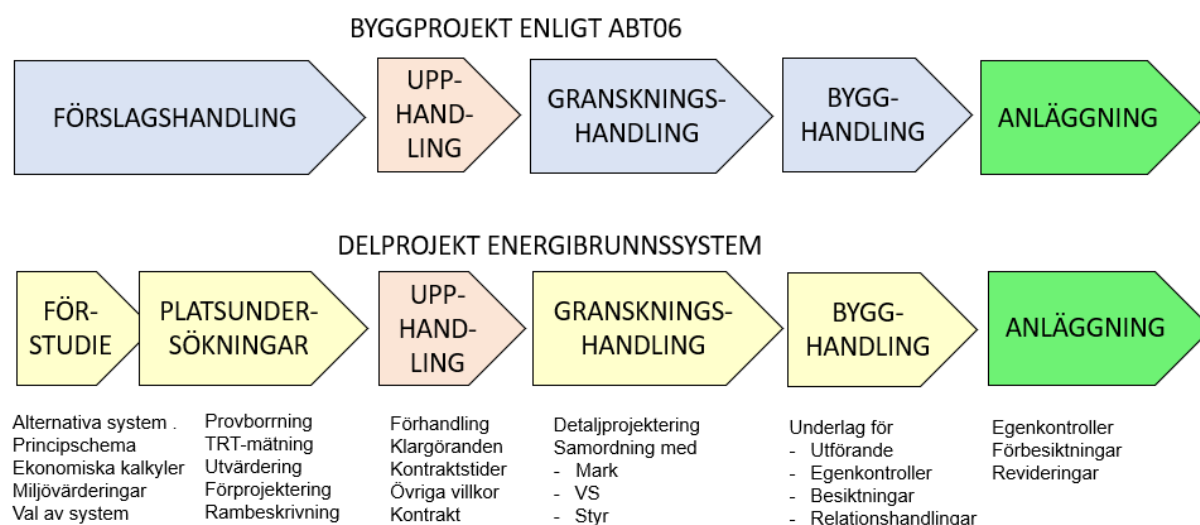
5 Projektplanering

Många större energisystem ingår i större byggprojekt, nybyggnad eller om- och tillbyggnad. Andra handlar enbart om byte av energisystem i befintliga byggnader. Oavsett ingår energibrunnssystemet som en del i ett sådant projekt och bör således planeras in i hela byggprojektet på bästa sätt.

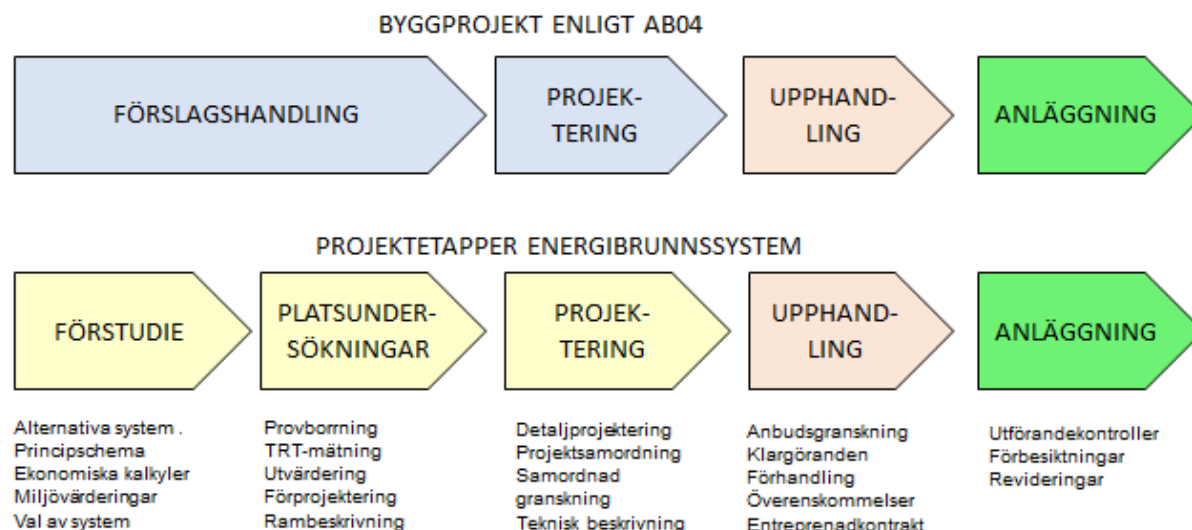
Som framgår längre fram i denna handling blir energibrunnssystemet upphandlat på olika sätt, antingen som en totalentreprenad enligt ABT06, eller som utförandeentreprenad enligt AB04. Detta är något som påverkar handlingsgången för hur systemet med energibrunnar skall planeras på bästa sätt.

Oavsett entreprenadform bör energibrunnssystemen utvecklas stegvis, detta för att minimera risken för felaktig konstruktion, problem under anläggningskedet, samt för att säkerställa ett långsiktigt problemfritt driftskede.

Rekommenderad handlingsgång satt i relation till byggprojektet som helhet är åskådliggjort i figurerna 6A gällande för totalentreprenader och 6B för genomförandeentreprenader.



Figur 6A. Rekommenderade projektetapper för energibrunnssystemgällande byggentreprenader enligt ABT06



Figur 6B. Rekommenderade projektetapper för energibrunnssystem gällande byggentreprenader enligt AB04

Gemensamt för de båda entreprenadformerna är att det först görs en *förstudie* där förutsättningarna för olika alternativ beskrivs och jämförs med varandra. Jämförelsen tar upp tekniska, ekonomiska, miljömässiga aspekter och tillståndsfrågor. Förstudien bildar beslutsunderlag för vilket system man ska gå vidare med. Det

är alltså viktigt att förstudien är väl underbyggd med faktauppgifter. Förstudien utgör en del i byggprojektets förslagshandlingar.

Efter förstudien vidtar ett skede då de termiska och geologiska parametrarna man använt i förstudien kontrolleras och justeras. I detta skede görs *platsundersökningar* med en eller flera provborrningar. Syftet med dessa är att i detalj beskriva de platsspecifika geologiska förutsättningarna. I ett eller flera hål utförs termisk responstest (TRT) för att bestämma energibrunnens termiska egenskaper.

Utvärderade resultat från provborrningar och TRT-tester används för att bestämma antal brunnar och deras inbördes avstånd, något som vanligen dimensioneras i beräkningsprogrammet EED. I denna analys ingår de beräknade energilasterna (värme- och kylbehov) som viktiga indata. Beräkningarna innehåller därtill data om kollektorer, köldbärrätskans egenskaper och flöde.

I en totalentreprenad beskrivs erhållna data i en så kallad rambeskrivning, vilken används för upphandling av en borrentreprenör. Denne har sedan att utföra projekteringen i samordning med andra entreprenörer, främst Mark-, VS- och Styr.

I en utförandeentreprenad utför beställaren projekteringen, som sedan bildar underlag för en teknisk beskrivning som ingår i förfrågningsunderlaget (FFU), följt av en upphandlingsfas. Entreprenörer som handlas upp har då att utföra vad som beskrivits i de tekniska beskrivningar som ingår i FFU.

Förutom energibrunnsystemet kan även tillhörande värmepumpsystem ingå, liksom el och styr. Varianterna är många, men energibrunnsystemet ligger inte sällan som en enskild sidoentreprenad med den fysiska entreprenadgränsen vid väggliv, men med en funktionsgräns som i praktiken omfattar hela köldbärarkretsen.

I totalentreprenader ligger funktionsansvaret hos totalentreprenören (TE) medan motsvarande ansvar i en utförandeentreprenad ligger hos beställaren (B). Oavsett entreprenadform avslutas upphandlingen med ett entreprenadkontrakt.

I *anläggningsfasen* kan en rad avvikelser från kontraktet uppkomma. Dessa leder inte sällan till omfattande merkostnader i form av ÅTOR. Därför är det av vikt att beställaren följer upp anläggningsfasen på olika sätt genom förbesiktningar (ABT06) eller utförandekontroller (AB04).

Specifikt för energibrunnar är att de långt ifrån alltid resulterar i det brunnantal och det djup som förutsatts vid projekteringen, vilket i sig kan få betydande följdverkningar på VS-systemet. Det är därför av stor vikt att kunna göra samordnade korrigeringar även under anläggningsfasen.

Oavsett entreprenadform är det av stor vikt att på bästa sätt beskriva förutsättningarna för energibrunnarna i ett förfrågningsunderlag.

6 Förstudie

En förstudie skall ses som en skrivbordsprodukt som normalt sett inte kräver några platsspecifika undersökningar. Ett orienterande platsbesök rekommenderas dock. Studien bör bygga på data som är relativt enkelt tillgängliga och gärna baserad på erfarenheter från andra liknande projekt.

6.1 Innehåll och handlingsgång

En traditionell förstudie ska bilda ett vägval för hur en fastighetsägare ska ställa sig till olika alternativ vid nybyggnad eller förnyelse. Geoenergisystem konkurrerar då med andra tänkbara alternativ för produktion av värme och eventuell kyla.

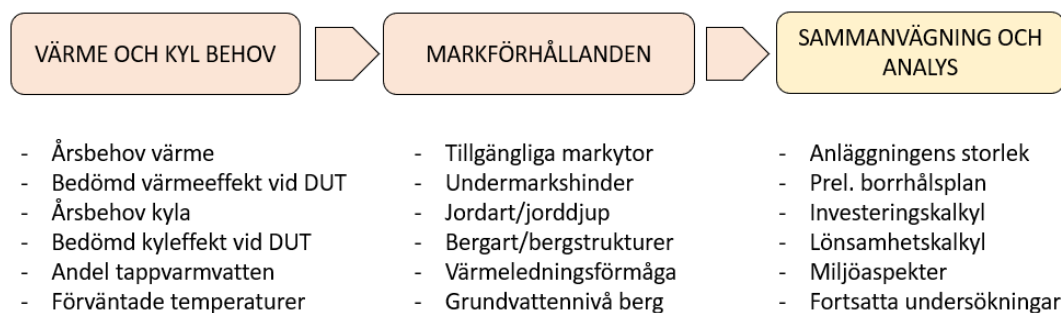
Den grundläggande förutsättningen är vilka värme- och kylbehov som kan påräknas, vilket är helt avgörande för val av energisystemet storlek. Utöver värme- och kylbehovet påverkas valet av system också av vid vilka distributionstemperaturer fastigheten ska värmas och eventuellt kylas.

För befintliga energisystem som skall byggas om, eller konverteras, finns det oftast historiska data att tillgå. För nybyggnation bedöms behoven lämpligast enligt de ramar som anges i byggregler enligt BBR.

För nybyggnation gäller oftast "lågtemperatursystem" för värme medan man för kyla siktar på så höga kyltemperaturer som möjligt, "högtemperatursystem".

För alternativ med geoenergisystem behöver de geologiska förutsättningarna inom ett specifikt område beskrivas. Betydande faktorer är jorddjup, bergart och strukturella berggrundsförhållanden, samt vilka hydrogeologiska förhållanden som råder. Ett lättillgängligt underlag finns framför allt i SGU:s kartvisare, men även i geologiska/hydrogeologiska kartor och beskrivningar. Klimatdata, som bland annat kan användas för uppskattning av bergtemperaturen kan enkelt hämtas från SMHI.

Genom att sammanväga energibehov med de geologiska förutsättningarna kan en god uppfattning av lämplig anläggningsstorlek anges. Denna analyseras sedan i termer av ekonomiska förutsättningar, miljöaspekter och tillståndsfrågor. Slutligen ges förslag till fortsatt projektutveckling (Figur 7).



Figur. 7. Rekommenderat innehåll i förstudie där alternativ med geoenergisystem ingår.

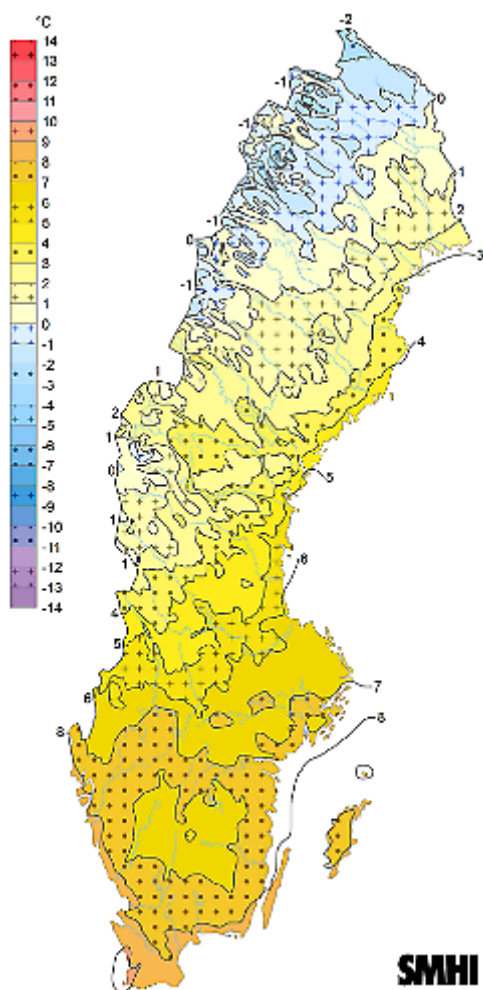
En förstudie skall ses som en utredning där olika alternativ för framtida värme- och kylförsörjning beaktas, jämförs med varandra, och i slutändan kunna ge en väl underbyggd rekommendation för fortsatt projektutveckling.

Förstudien bör beakta samtliga de frågor som leder fram till ett miljövänligt och ekonomiskt förnuftigt val av det alternativ som föreslås bli vidareutvecklat.

6.2 Klimatförhållanden

Klimatet, främst utetemperaturen är grundläggande för utformning och dimensionering av system för uppvärmning och kylning av fastigheter.

Dimensionerande för energisystemets storlek är främst utetemperaturen. Luftens årsmedeltemperatur anger därtill den ungefärliga ostörda temperaturen i marken på djupet ca 15-20 m (Figur 8). Dock avviker platser med ihållande snötäcke under vintern med en någon grad varmare marktemperatur (ca 1,3 grader per 100 dagar med snötäcke). Även i tätorter är marktemperaturen vanligen något förhöjd p.g.a värmeförluster från ovanliggande husgrunder.



Figur. 8. Luftens årsmedeltemperatur för åren 1991-2020 (SMHI/Klimat)

Som ostörd marktemperatur bör man i en förstudie utgå från luftens årsmedeltemperatur korrigerad för inverkan av snötäckets varaktighet.

6.2.1 Dimensionerande utetemperatur (DUT)

DUT eller DVUT (dimensionerande vinterutetemperatur) definieras som den kallaste dagen på året och bestämmer den värmeeffekt en energianläggning skall kunna prestera vid denna temperatur.

I en förstudie är det DUT (DVUT) som bestämmer vilken maximal värmelast som skall ansättas.

Uppgift om DUT för en specifik plats finns att tillgå på Boverkets hemsida (<https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/oppna-data/dimensionerande-vinterutetemperatur-dvut-1981-2010>)

6.2.2 Klimatdata

Klimatdata främst i form av medeltemperaturer och temperaturfördelning över året är användbart för att i en förstudie beskriva vid vilka värme- och kyllaster som anläggningen kommer att arbeta inom.

Årsmedeltemperaturen i luften är dessutom en uppgift som tillsammans med den geotermiska gradienten kan användas för uppskattning av en energibrunns ostörda temperatur.

Uppgifter om platsspecifika utetemperaturer, inklusive historiska värden, finns att tillgå på internet, (Närmaste mätpunkt | Temperatur.nu)

6.2.3 Temperaturens varaktighet

Med hjälp av temperaturens varaktighet kan värme- och kylbehoven fördelas över året och effektbehoven studeras som funktion av utetemperaturen.

Uppgifter om utetemperaturens varaktighet på en viss plats finns att tillgå på www.sveby.org.

6.3 Värme och kylbehov

En specifik fastighets värme- och kylbehov varierar främst beroende på ålder och typ av verksamhet samt vilket klimat som råder på platsen. I förstudiefasen bör behoven översiktligt utredas och beskrivas.

6.3.1 Effekt- och energibehov

Befintliga fastigheter har med stor sannolikhet data över sin energiförbrukning i form av exempelvis fakturor eller statistik som kan erhållas från energileverantörer.

Energiförbrukningen för nybyggnationer måste däremot beräknas eller uppskattas baserat på A_{temp} och typ av verksamhet. Detta gäller i viss mån även för om- och tillbyggnader av äldre fastigheter, som oftast får ett energitätare skal och förbättrad värmeåtervinning.

Många fastighetsägare önskar att få sina byggnader miljöklassificerade. Det finns flera certifieringssystem. Oavsett vilket, ställs särskilda villkor vad avser energiförbrukningen.

För befintlig äldre byggnad bör värme- och kylbehov hämtas från historiska data i form av fakturor eller information från energileverantör.

För nybyggnationer bör föreskrifter i aktuell BBR (Tabell 9:2a) användas som maximala specifika värden.

För fastighetsägare som siktar på miljöklassificering gäller särskilda villkor beroende på miljöcertifieringssystem.

6.3.2 Andel tappvarmvatten

På grund av Legionella bör enligt BBR temperaturen på tappvarmvatten inte understiga 60°C i beredare och ackumulator. Beredning och andel tappvarmvatten kommer därför att påverka utformning och drift av energisystemet. Detta gäller särskilt för nybyggnation av bostäder som ofta förses med lågtemperatursystem för uppvärmning.

Andelen tappvarmvatten skiljer sig dessutom markant beroende på om det är ett bostadshus eller lokaler för verksamhet som skall försörjas.

Exakta värden på förbrukning i flerbostadshus går inte att förutse varför man måste tillgripa schablonvärden (Statens energimyndighet 2012).

Rimliga erfarenhetsvärden för andel tappvarmvatten i äldre bostadshus är ca 20 % av årsvärmebehovet och för nybyggnation ca 30 %. Brukarvärden för bostäder, kontor och skolor finns i övrigt att tillgå på www.sveby.org.

6.3.3 Effekttäckning och spetslast

Många befintliga geoenergisystem för äldre eller stora byggnader täcker vanligtvis endast 50-60% av den maximala värmeeffekten. Anledningen är att 100% effekttäckning i många fall skulle leda till ett oekonomiskt stort antal borrhål samt ett för stort värmepumpsystem. För denna typ av byggnader används fjärrvärme, gas- eller oljepanna och elpanna eller elpatron för spetslasttäckning.

Nya byggnader, uppförda enligt de senaste byggnormerna, är bättre isolerade och mer energieffektiva. Sådana byggnader har lägre maximala effektbelastningar och därmed mindre behov av spetslasttäckning. Temperaturnivån för uppvärmning är samtidigt lägre och för kylning högre. Följaktligen är förutsättningarna goda för att täcka upp mot 100 % av både värme- och kylbehoven.

Preliminär effekttäckning med ett geoenergisystem samt på vilket sätt spetslasttäckning är tänkt bör beaktas redan i förstudiefasen.

6.3.4 Kompletterande värme- och kylkällor

Det finns ett antal andra värmekällor som kan användas till att komplettera eller förstärka ett geoenergisystem. De vanligaste är uteluft via kylmedelskylare eller kyltorn, varmt eller kallt ytvatten, spillvärme från centraliserade ventilationssystem och överskottsvärme från solfångare eller hybrida solceller.

Användandet av kompletterande värme- och kylkällor kan ofta reducera antalet energibrunnar.

Kompletterande värme- och kylkällor bör kartläggas och beaktas redan i förstudiefasen.

6.4 Markförhållanden

6.4.1 Marktillgänglighet

För placering av energibrunnar krävs enligt gällande lagstiftning att brunnarna i sin helhet skall placeras inom fastighetsgränsen.

På en redan bebyggd fastighet är den tillgängliga ytan oftast begränsad. Av detta skäl är det av vikt att veta om det finns tillräckliga ytor för det uppskattade antalet energibrunnar. Inte sällan, och speciellt i stadsmiljöer, är det trångt om utrymme, vilket gör att man kan behöva göra borrhålen både djupa och gradade.

Det är inte heller ovanligt att man blir hänvisad till ytor utanför fastigheten, exempelvis trottoarer eller grönmarskytor. I sådana fall krävs det tillstånd (servitut) för att få anlägga brunnar på annans mark. I stadsmiljöer är det oftast kommunal mark som blir aktuell.

Vid nybyggnation placeras energibrunnar ibland under en bottenplatta eller annan grundkonstruktion. I sådana fall krävs det oftast särskilda tekniska lösningar.

Ett alternativ kan vara att använda så kallade energipålar. Detta är dock en typ av geoenergisystem som det inte finns bred erfarenhet av i Sverige och de ingår därför inte som system i detta dokument.

Kontrollera att tillräcklig markyta för energibrunnar finns.

Om markytan är begränsad, undersök vilka förutsättningar som finns att via servitut placera borrhål utanför fastighetsgräns eller att använda fördjupade och/eller gradade borrhål.

För nybyggnation, där fri markyta inte är tillräcklig, bör möjligheten att förlägga energibrunnar under byggnaden, alternativt att använda energipålar, undersökas.

6.4.2 Undermarkshinder

Förutom en begränsande markyta för anläggning av energibrunnar kan det även finnas undermarkshinder främst i form av olika typer av ledningar. Dessa kan försvåra eller begränsa placering av borrhål och markledningar.

För kartläggning av befintliga ledningar i form av VA, el, tele, gas, fjärrvärme, etc. används lämpligen den fria tjänsten på ledningskollen.se

För uppgifter om andra eventuella undermarkshinder, exempelvis tunnlar, bör kontakt tas med den som äger eller förvaltar sådant hinder. Kommunala handläggare kan även ha kunskap om sådana hinder.

6.5 Geologiska/hydrogeologiska förutsättningar

De geologiska och hydrogeologiska förutsättningarna är av grundläggande betydelse för ett system med geoenergi. I en förstudie bör dessa belysas i så hög grad som möjligt med hjälp av lätt tillgängliga data.

Viktiga parametrar är främst jorddjup, grundvattennivå och vilken typ av bergart som kan påräknas. Jorddjupet påverkar borrhåskostnaden i hög grad medan bergarten är mer kopplad till vilken värmeledningsförmåga som kan påräknas. Bergets mekaniska egenskaper och vattenföring spelar en betydande roll för borrhåskostnaden, men kan även utgöra en begränsning för brunnsdjup. Hög vattenföring kan vidare innebära betydande extra kostnader för hantering av så kallat borrhåsvatten.

6.5.1 SGU:s databank

Ett bra verktyg för översiktlig kartläggning av geologiska och hydrogeologiska förutsättningar är SGU:s databank, varifrån information fritt kan hämtas från tjänsten SGU/kartvisare. Främst är det följande information som är av intresse vid en förstudie.

- ✓ BERGGRUND. Visar typ av berggrund i området, bergart, ålder och mineralsammansättning
- ✓ BRUNNAR. Visar andra brunnar i området fördelat på energibrunnar och vattenbrunnar. Ger punktinformation om bl.a. jorddjup, borrhålsdjup, vattenföring och grundvattennivå.
- ✓ GEOENERGI. Förutom befintliga energibrunnar, anges även grovt uppskattade värden på bergets värmeledningsförmåga.
- ✓ GRUNDVATTEN. Visar kapacitet (uttagsmöjligheter av vatten) i jordlager respektive berg.
- ✓ GRUNDVATTENMAGASIN. Visar förekomst av sammanhängande större grundvattenmagasin, eventuella tätande lager på magasinet, flödesriktning och brunnskapacitet.
- ✓ JORDARTER. Visar yttlig jordartsfördelning och jordarternas åldersrelation. Vidare ingår morfologiska element i form av åsar, ryggar, etc.
- ✓ JORDDJUP. Visar punktvis jorddjup från befintliga brunnar och tolkade jorddjupsområden.
- ✓ JORDLAGERFÖLJDER. Punktvis data om jordlagerföljden, vanligen hämtad från geotekniska undersökningar

För översiktliga uppgifter avseende geologiska och hydrogeologiska förhållanden som råder rekommenderas att data hämtas från SGU/kartvisare.

Vid behov komplettera med data från geologiska och hydrologiska kartblad med beskrivningar, vilka kan beställas via SGU.

6.5.2 Ostörd bergtemperatur

Årets medeltemperatur återspeglas i marktemperaturen på ca 15-20 meters djup, se tidigare Figur 8. Avläst temperatur utgör utgångspunkt för en första bedömning av bergtemperaturen.

Värme från jordens inre strömmar konstant mot jordytan längs en geotermisk gradient som varierar beroende på bergets termiska värmeledningsförmåga. I urbergsområden är gradienten flackare än i områden med sedimentär berggrund. Typiska värden är:

- Urbergsområden, 1,3-1,7 (1,5) °C/100 m
- Sedimentärt berg, 2,2-2,8 (2,5)°C/100 m

Beroende på ansatt termisk gradient kan således den ostörda medeltemperaturen för ett borrhål till ansatt djup uppskattas. Se även tidigare avsnitt 6.2.

För uppskattning av en energibrunns ostörda medeltemperatur används luftens årsmedeltemperatur vartill bör läggas effekten av den geotermiska gradienten.

6.6 Sammanvägning och teknisk analys

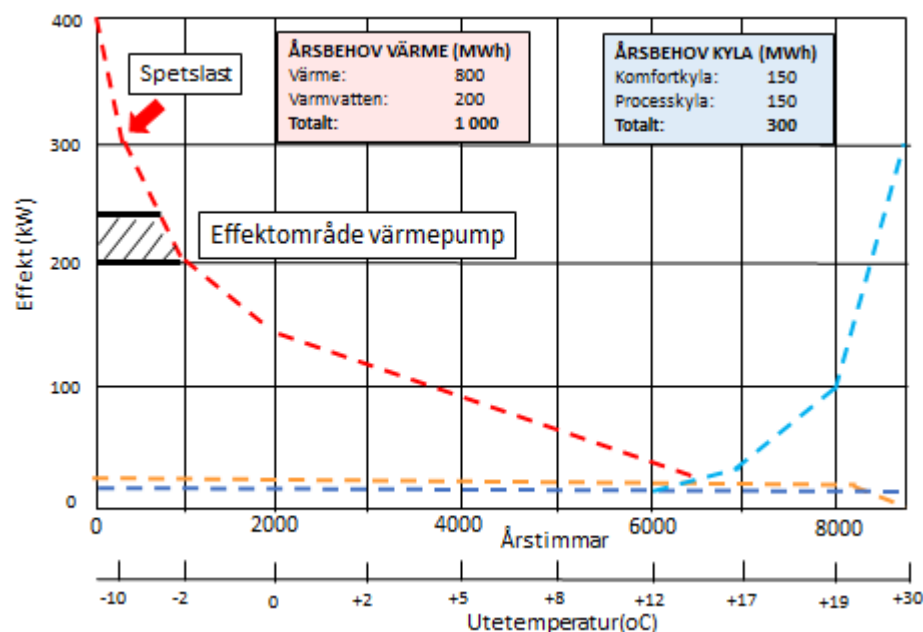
I detta skede sammanställs, bearbetas och analyseras erhållen information till en slutprodukt av tillräcklig kvalitet för att bestämma vilket energisystem man vill gå vidare med. Resultaten beskrivs lämpligen i en rapport där även ekonomiska, tillstånds- och miljömässiga värderingar bör ingå.

I nedanstående analys används ett fiktivt exempel bestående av en kommersiell fastighet med ett energisystem som täcker 400 kW värme och 300 kW kyla och där värmepumpseffekten valts till 200 kW.

6.6.1 Anläggningens effektstorlek

I alternativet med geoenergisystem är val av värmepumpars utgående effektstorlek väsentlig för dimensioneringen energibrunssystemet.

En god idé är att sammanställa de uppgifter man inhämtat om värme- och kylbehov och klimatdata och med stöd av detta upprätta någon form av så kallat varaktighetsdiagram. I ett sådant diagram kan ses hur effektbehoven styrs av utetemperaturen (Figur 9).



Figur. 9. Fiktivt exempel på varaktighetsdiagram över värme och kyla till en kommersiell fastighet i Mellansverige där också en erfarenhetsmässigt vanlig storlek på värmepump lagts in.

I diagrammet ingår för värme (röd) även tappvarmvatten (gul). Vad gäller kyla bör man skilja på processkyla (mörkblå) och komfortkyla (turkos). Behov av processkyla är oftast konstant året runt medan behov av komfortkyla uppstår under sommarhalvåret med de högsta effektbehoven under varma eftermiddagar under högsommartid.

För alternativ med geoenergisystem kan denna typ av diagram användas för en preliminär bedömning av systemets storlek, något som behövs för den ekonomiska analysen i förstudien.

Det rekommenderas att i förstudien upprätta någon form av varaktighetsdiagram som underlag för bedömning av energisystemets effektstorlek och ekonomiska analys.

6.6.2 Antal energibrunnar

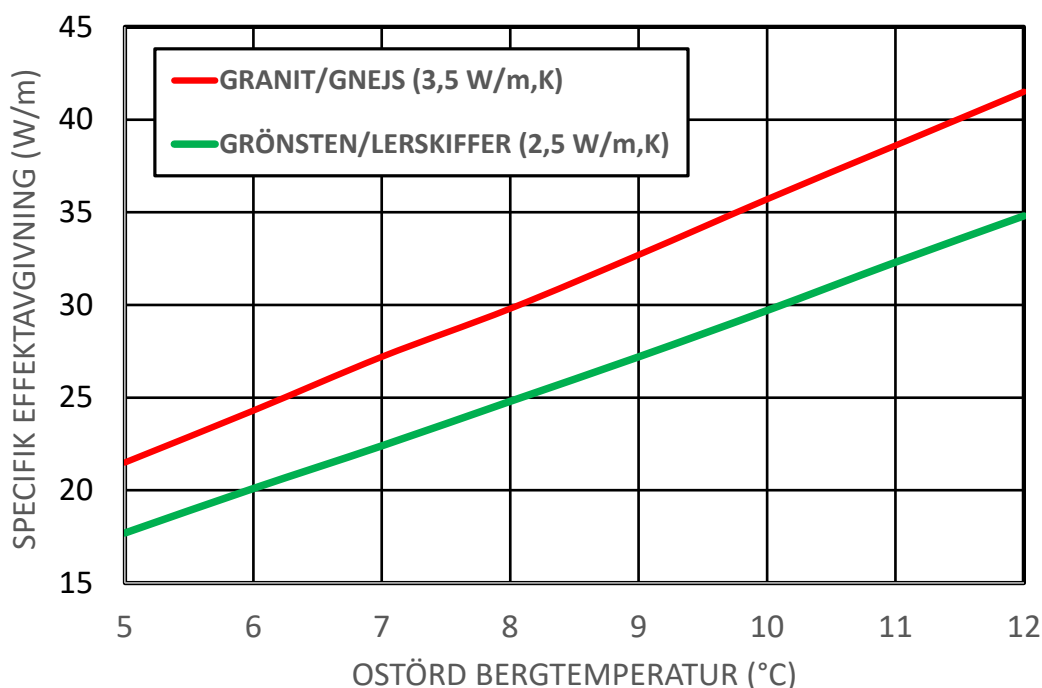
Värmepumpsstorlek är direkt kopplad till hur många borrhålsmetrar som behövs och hur dessa skall fördelas på antal hål.

Handlingsgången är att först ansätta en värmefaktor (COP) på värmepumpen. Uppgifter om COP vid standardiserade driftfall finns att hämta i leverantörens produktblad. Hänsyn måste då tas till både inkommande förångartemperatur och till utgående kondensortemperatur.

Med fastställd teoretisk årsvärmefaktor (SCOP) kan sedan den effekt energibrunnarna skall kunna avge tämligen väl bedömas.

I nästa steg beräknas hur många termiskt aktiva borrhålsmeter som behövs. Om värmepumpen exempelvis har en nominell utgående effekt av 200 kW och värmefaktorn är angiven till 4,0 blir den effekt som borrhålen skall leverera 150 kW. El till kompressorn är med andra ord 50 kW.

I en förstudie är det sällan nödvändigt att göra några avancerade beräkningar av antalet erforderliga borrhålsmeter, varför det räcker med att använda sig av schablonvärden enligt Figur 10, där den specifika effektavgivningen från borrhålen ställs mot ostörd bergtemperatur och bedömd värmeledning i berget.



Figur 10. Förenklat diagram för specifik effektavgivning vid ostörd bergtemperatur 5-12°C och 250 m djupa energibrunnar med avståndet 20 m.

Om bergtemperaturen är 8 grader och bergarten består av granit eller gnejs blir den överslagsmässiga specifika borrhåls-effekten drygt 30 W/m. Därmed blir antalet borrhålsmeter i vårt exempel ca 5 000 m eller 20 brunnar á drygt 250 m om det enbart skulle handla om värmeuttag (bergvärmesystem).

I det exempel vi använt oss av kommer emellertid en del värme att återladdas under sommaren, vilket gör det till ett borrhålslager. Detta gör att avståndet mellan brunnarna blir kortare och att antalet brunnar reduceras något under i övrigt samma förutsättningar.

Det finns ingen schablon att ta till för borrhålslager, varför det i sådana fall kan behöva utföras en beräkning med ansatta energilaster, brunnsdjup och värmeledningsförmåga med hjälp av t ex beräkningsprogrammet EED.

I en förstudie bedöms en schablonmässig beräkning av antal borrhålsmeter vara tillräckligt noggrann för system med bergvärme.

För system med borrhålslager rekommenderas beräkning med hjälp av ett beräkningsprogram t ex EED.

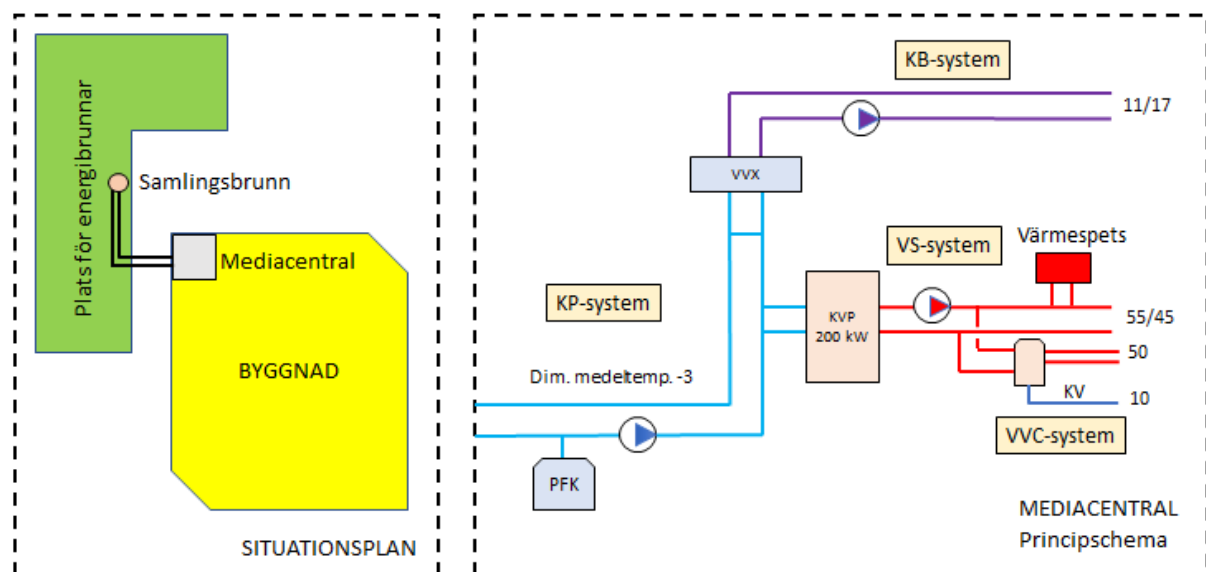
6.6.3 Principflödesschema

I en förstudie bör ingå att upprätta ett så kallat principflödesschema för att tydliggöra systemlösningens komponenter och funktions samband.

För helhetens skull bör också en situationsplan som visar område för placering av energibrunnar ingå i relation till den byggnad som skall försörjas.

Schemat bör förutom den tänkta systemlösningen också visa huvudpumpar i de olika flödeskretsarna samt preliminärt dimensionerade effekter och temperaturer.

Exempel på situationsplan och principflödesschema för vårt fiktiva alternativ med borrhålslager illustreras i Figur 11.



Figur. 11. Exempel på situationsplan med yta tillgänglig för energibrunnar (vänster) samt invändig systemlösning med rörsystem, huvudpumpar och preliminär dimensionering av komponenter och temperaturer.

I syfte att tydliggöra energibrunnarnas funktion i geoenergisystemet rekommenderas att ett principflödesschema upprättas med preliminär dimensionering av effekter och temperaturer

Detta är en form av förprojektering som i en förstudie bildar underlag för ekonomiska analyser och slutligt val av energisystem.

6.6.4 Kontroll av kraftförsörjning

I vårt exempel kommer värmepumpen att kräva 50 kW eleffekt. Det är inte givet att denna effekt finns tillgänglig i befintligt kraftsystem. I befintliga byggnader är det inte ovanligt att redan abonnerad effekt måste

säkras upp och i värsta fall förstärkt kraftförsörjning etableras. Då detta kan vara kostnadskrävande och således påverka investeringen i geoenergisystemet.

Även för elförsörjning av geoenergisystemet vid nybyggnation kan elkraftbehovet bli en tillkommande kostnadsfaktor som inte får glömmas bort i byggprojektet.

Tillgång på elkraft till värmepumpar kan vara begränsad och bör därför beaktas i förstudien.

6.7 Ekonomisk analys

Den ekonomiska analysen för ett geoenergisystem görs utifrån flera aspekter på både kort sikt (investeringskalkyl och merinvestering) och lång sikt (energibesparing, lönsamhetskalkyl och livscykelkostnad). Geoenergisystem har ofta jämförelsevis stora initiala kostnader och låga driftkostnader.

6.7.1 Investeringskalkyl

Det ligger i sakens natur att verklig investering för ett energiproduktionssystem inte kan anges innan systemet handlas upp. Därför bör i en förstudie endast överslagslagsmässiga investeringskalkyler användas. Dessa bör bygga på erfarenheter. I vårt fiktiva exempel har en investeringskalkyl gjorts baserad på erfarenheter från sentida upphandlingar (2022). Kalkylen som visas i Tabell 1 är överslagsmässig och kan variera avsevärt mellan olika landsdelar och geologiska miljöer

Tabell 1. Överslagsmässig investeringskalkyl för vårt fiktiva exempel med 20 energibrunnar á 250 m och med ett hålavstånd på 10 och med rörborrning 15 m/brunn (prisnivå 2022)

Komponent	A-pris (Kr)	Enhet	Mängd	Kostnad (Kr)
Foderrörborrning, inkl. kollektor	1000	m	300	300 000
Bergborrning, inkl. kollektor	350	m	4 700	1 650 000
Horisontellt system	500	m	300	150 000
Etablering och oförutsett	-	%	25	500 000
SUMMA				2 600 000

Erfarenhetsmässigt utgör investeringen i energibrunssystemet ca 50 % av investeringen i geoenergisystemet som helhet. En schablonmetod är att använda detta förhållande, vilket i detta fall blir en total investering som hamnar runt 5 miljoner kronor.

En annan schablonmetod kan vara att använda sig av specifik investering (kr/kW) utgående från anläggningens maximala värmeeffekt. Specifika värden hämtas då från andra liknande anläggningar. Om geoenergisystemets maximala värmepumpseffekt är 200 kW (som i vårt fiktiva exempel) och den erfarenhetsmässiga investeringen i liknade anläggningar är 25 000 kr/kW blir den uppskattade investeringen även i detta hamna runt 5 miljoner kronor.

För investeringskalkyl av ett geoenergisystem bör översiktliga schablonmetoder användas, baserade på erfarenhetsvärden från liknande system.

6.7.2 Merinvestering

Vid en jämförelse med andra alternativ som ingår i en förstudie är det väsentligt att även beakta investeringen i konkurrerande system. Av denna anledning finns begreppet merinvestering där den bedömda investeringen i ett geoenergisystem reduceras med den bedömda investeringen i konkurrerande system.

Om exempelvis ett geoenergisystem skall jämföras med en fjärrvärmeanslutning till en nybyggnation kommer fjärrvärmeanslutning och anläggning av undercentral att innebära en viss investering, oftast betydligt lägre än för geoenergisystemet.

Om ett geoenergisystem konkurrerar med annat energiproduktionssystem bör merinvesteringen i geoenergisystemet beräknas och utgöra grund för lönsamhetskalkyl.

6.7.3 Energibesparing

För ett alternativ med geoenergi bildar energibesparingen i form av gratis värme/kyla från marken grunden för olika former av lönsamhetskalkyler. För beräkning av energibesparing utförs en driftanalys där köldbärarkretsens teoretiska årsvärmefaktor (SPF_{H_2}) ansätts. I denna årsvärmefaktor ska el för cirkulation av köldbäraren ingå. Uppgifter om värmepumpens prestanda under standardiserade förhållanden (COP och SCOP) anges ofta av tillverkaren i tekniska beskrivningar till värmepumpar, men där ingår endast kompressorns elanvändning och inte elen för cirkulation av köldbäraren. Vid ansättning av SPF_{H_2} (värmeproduktion) bör hänsyn även tas till vilka fram- och returtemperaturer som råder för distribution av värme. För cirkulation av köldbärare med endast cirkulationspump och ingen inkopplad värmepump är ett rimligt riktvärde värmefaktor omkring 30 (en del el till cirkulationspumpen ger 30 delar värme eller kyla). I Tabell 2 ges en överslagsberäkning på energibesparingen för vårt fiktiva exempel med ett borrhålslager.

Tabell 2. Överslagsberäkning på energibesparing med vårt fiktiva borrhålslager som täcker årsbehoven 1 000 MWh värme och 300 MWh kyla och där spetsvärmelasten täcks med elpanna och kylspets med värmepump.

Energiproduktion	SPF	El (MWh)	Värme (MWh)	Kyla (MWh)
Värmespets (elpanna)	1,0	100	100	-
Värmepump (VS+VVC+CP)	3,5	255	900	-
Frikyla (CP)	30	5	-	150
Kylaspets (VP)	5	30	-	150
SUMMA		390	1000	300

Beräkningen visar att för produktion av sammantaget 1 300 MWh värme och kyla så åtgår knappa 400 MWh i form av drivrel. Den bedömda energibesparingen med geoenergisystemet blir således ca 900 MWh.

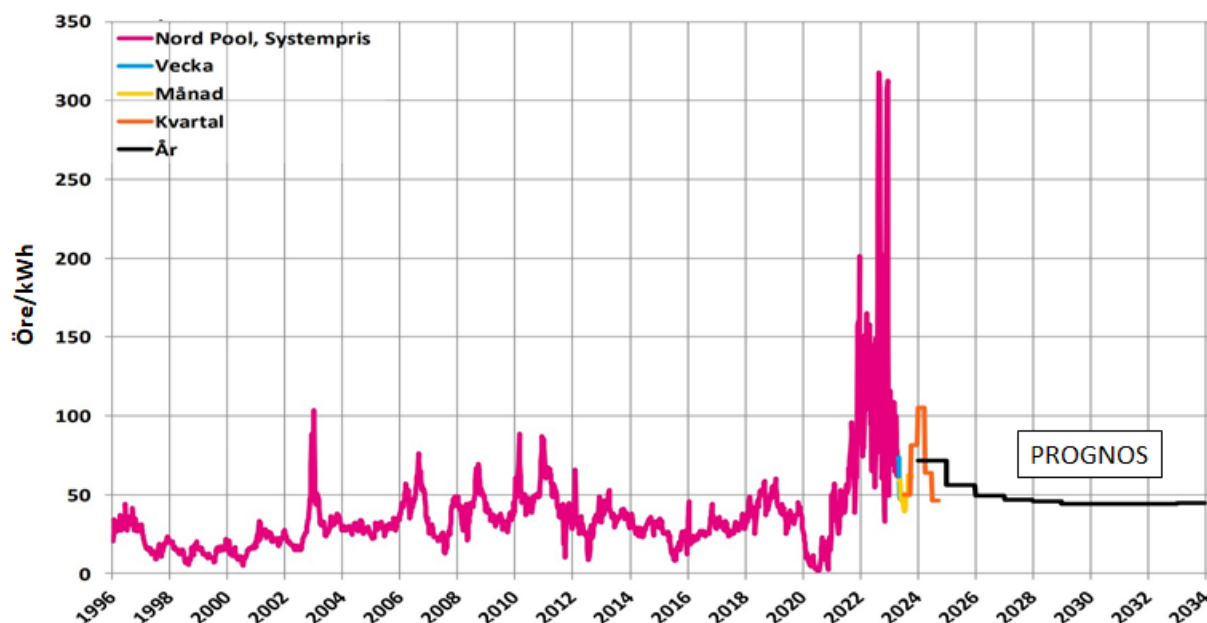
Motsvarande kalkyl för bergvärmesystemet (med endast värmeuttag, figur 10) med samma storlek skulle innebära en energibesparing av 645 MWh (1000-355).

Som underlag för lönsamhetsvärdering bör energibesparingen beräknas på ett överskådligt sätt där även de skattade SPF-värdena framgår

6.7.4 Lönsamhet

Det finns flera olika metoder för lönsamhetsanalys, men den vanligaste är att beräkna systemets raka återbetalningstid, där investeringen, i vissa fall merinvesteringen, divideras med värdet på den årliga energibesparingen.

Svårigheten består i att prissätta värdet på energibesparingen, vilket i många fall är detsamma som priset på den energi som ersätts, men också drivrelen till geoenergisystemet. Framför allt elpriset varierar avsevärt över tid och påverkas dessutom av inom vilket elområde anläggningen ligger. Efter en extrem pristopp under 2022 bedömer marknaden att el kan handlas på NordPool för ca 500 kr/MWh under kommande år, se Figur 12.



Figur 12. Systempriset på el i Norden med prognos 10 år framåt i tiden (Energiföretagen 2023).

Inklusive nuvarande nätavgifter och skatter av olika slag motsvarar det prognoserade systempriset ungefärligen 1 300 kr/MWh för slutanvändaren.

Om man i vårt fiktiva exempel gör antagandet att det är befintlig fjärrvärme kompletterad med kylmaskiner som ersätts kan en bedömning av besparingsvärdet göras som grund för lönsamhetsbedömningen, se Tabell 3. I tabellen har antagits ett fjärrvärmepris som i snitt för Sverige ligger runt 800 kr/MWh (år 2022).

Tabell 3. Årskostnad med geoenergisystem jämfört med fjärrvärme beräknat på vårt fiktiva exempel där kylmaskinen i fjärrvärmealternativet ansats ha SCOP 3,0.

System	Köpt el (MWh/år)	Köpt värme (MWh/år)	Energikostnad (Kr/år)
Fjärrvärme/kylmaskin	100	1 000	930 000
Geoenergi	390	-	510 000
DIFFERENS			420 000

Bedömningen visar att energikostnadsbesparingen har ett värde av 420 000 kr/år, vilket med investeringen 5 miljoner kronor ger en rak återbetalningstid av ca 12 år. Detta kan låta högt, men skall se som ett "worst case" eftersom det befintliga systemet kanske är gammalt och nedslitet och kanske behöver renoveras eller bytas ut. I ett sådant fall är det merinvesteringen som bildar grund för den raka återbetalningstiden.

Ett annat sätt är att ange lönsamheten är att beräkna avkastningen på investerat kapital, även detta baserat på besparingsvärdet och merinvesteringen i anläggningen. I exemplet ovan blir avkastningen drygt 8 %.

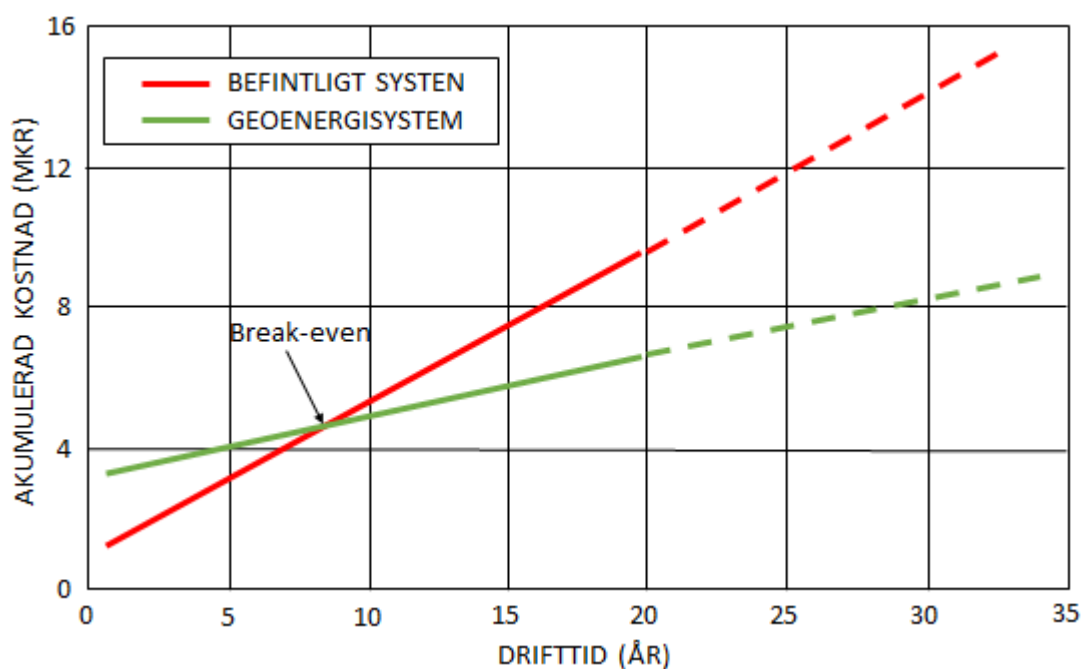
Enklare former av lönsamhetsanalys bör utföras för att ge en bedömning av systemens lönsamhet i nutid.

6.7.5 LCC-analys

En sofistikerad metod är att använda livscykelkostnadsanalys (LCC). I denna vägs även kapitalkostnader, underhållskostnader, teknisk livslängd, samt förväntade framtida energipriser in för att i slutändan anges som ackumulerat nuvärde. Analysen täcker vanligen 20 år, vilket antas vara avskrivningstiden för maskinell utrustning.

Analysmetoden är vanligen till fördel för geoenergisystem, bland annat för att den är mindre känslig för energiprisförändringar. Ett exempel på resultat av en LCC-analys ges i Figur 13.

Det skall uppmärksammas att energibrunssystemet har ett restvärde på minst 50% efter 20 år och således inte kräver någon nyinvestering för att leva vidare minst 20 år till.



Figur. 13. Exempel på resultat av LCC-analys med tidpunkt för då årskostnaden för geoenergisystemet blir lägre än för befintligt energisystem (break-even). Avskrivningstid 20 år.

LCC-metoden kan med fördel användas då flera olika alternativ ingår i en förstudie och där lönsamheten skall bedömas långsiktigt.

6.8 Tillståndsfrågor och miljöaspekter

Som huvudregel gäller att ett ordinarie geoenergiprojekt behöver anmälas till den kommunala miljöenheten för att där prövas enligt gällande miljölagstiftning.

I en förstudie finns det all anledning att undersöka om det föreligger några hinder kopplade till anläggning av ett energibrunssystem. De vanligaste hindren är att fastigheten ligger inom ett vattenskyddsområde, eller att marken där fastigheten finns är förorenad.

Kontrollera med lokal miljömyndighet och/eller länsstyrelsens databank VISS och MIFO om området ligger inom vattenskydd och om det är klassat som förorenad mark.

Det kan även finnas särskilda bestämmelser i översikts- och detaljplaner som begränsar användning av energibrunnar, vilket även det bör uppmärksammas.

En beställare kan även vara intresserad av att få en uppfattning om systemens miljöpåverkan och vill därför att det också görs en så kallad LCA-analys (livscykelanalys). Det som i första hand efterfrågas är systemens utsläpp av växthusgaser i form av koldioxidekvivalenter. Vanligen förstärker resultatet alternativ med geoenergisystem.

Det kan finnas anledning att beskriva den globala miljöpåverkan genom att beräkna utsläpp av exempelvis CO2 för olika alternativ, vilket kan utföras med en LCA-analys

6.9 Fortsatt projektutveckling

I en förstudie förutsätts att det ges en rekommendation om att gå vidare med ett av alternativen.

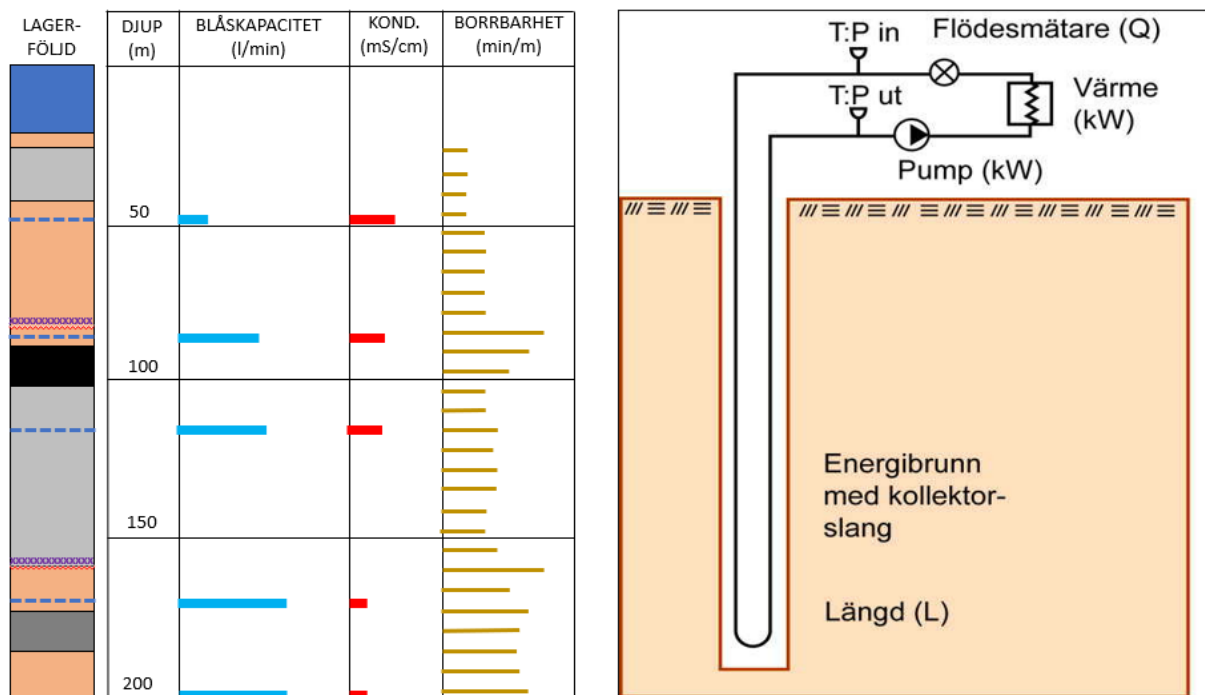
I det följande har förutsatts att B valt att gå vidare med ett geoenergisystem. Nästa steg blir då att fördjupa kunskapen om de geologiska/hydrogeologiska förutsättningarna med hjälp av en eller flera provborrningar med efterföljande TRT-undersökning.

I program för fortsatt projektutveckling bör framgå var och till vilket djup som provborrningar bör göras samt hur de bör dokumenteras samt på vilket sätt TRT-mätningar bör utföras.

7 Platsundersökningar

För att mer i detalj undersöka de platsspecifika geologiska och hydrogeologiska förhållandena vidtar i denna fas provborrning och termisk responstest, vars resultat bildar underlag för projektering av anläggningens energibrunnsystem (Figur 14)

I denna fas kan också ingå att fördjupa analysen vad avser värme- och kylbehoven genom mätningar av effekter, flöden och temperaturer i redan befintligt energisystem.



Figur 14. Platsundersökningarna omfattar främst provborrning med efterföljande TRT-tester (principfigur).

7.1 Provbörning

7.1.1 Placering, djup och antal

Provbörning är till för att dokumentera geologin och grundvattennivå på den yta som avses användas.

För system med mindre än 10 brunnar behövs normalt sett ingen provbörning utföras förutsatt att data från förstudien kan anses ge tillräckligt god information om geologi och bergets termiska egenskaper.

För anläggningar med 10-40 energibrunnar rekommenderas minst ett provborrhål som är placerat i mitten av ytan.

För anläggningar med 40-80 energibrunnar rekommenderas minst två provborrhål som placeras i yttre delar av ytan.

För anläggningar med >80 energibrunnar rekommenderas minst tre provborrhål som placeras i triangelform inom ytan.

Samtliga provbörningar skall om möjligt ingå i det kommande energibrunnsystemet och bör därför placeras inom tänkt brunnsområde och borras till minst det djup som den planerade anläggningens brunnar.

Provhål bör placeras så att de kan utgöra produktionsbrunnar i det planerade systemet och göras i samma dimension och minst lika djupa som de planerade energibrunnarna.

7.2 Dokumentation under borring

7.2.1 Borrbarhet

Borrbarheten definieras som svårighetsgraden att borra ett hål till fullt djup. Förenklat går borrbarheten att mäta som en bruttotid (timmar) för hålets utförande. Bruttotiden bör täcka alla borrningsmoment, från uppställning till färdigställt och rensat borrhål.

Praktiskt taget all energiborring utförs med tryckluftsdreven hammarborring, vilket även gäller provborringar. Borraren har möjlighet att styra borrprocessen genom att optimera de parametrar som är påverkbara. Däremot kan bergets mekaniska egenskaper inte påverkas. Därmed blir borrbarheten främst ett mått på bergets motstånd för håltagning, innehåll av besvärade zoner med dåligt berg, samt mängd inträngande grundvatten.

Karaktäristiskt för bormetoden är att vattenförande sprickor i berget ger sig till känna genom att inflödande grundvatten följer med upp ur borrhålet. Beroende på mängden vatten reduceras håltagningens hastighet (borrsjunkningen). I värsta fall är inflödet så stort att borringen måste avbrytas innan fullt djup nåtts.

En annan faktor som påverkar borrbarheten är förekomsten av strukturella hinder i form av deformationer i berget. Dessa påverkar borrbarheten främst genom den extra tid det tar att passera sådana zoner med fortsatt stabil vägg i borrhålet. I värsta fall kan sådana zoner behöva stabiliseras med betong.

En annan faktor av betydelse är bergets slitage på borrkronor, vilket ibland orsakar att ett tidskrävande byte av borrkrona måste göras innan hålet är färdigborrat. Slitaget mäts normalt som minskning av borrkronans diameter som funktion av borrat djup.

Sammantaget är borrbarheten en faktor att beakta, dels för kostnads- och tidskalkylering under projekteringskedet, dels som information som bör ingå i ett förfrågningsunderlag.

I program för provborring bör borrbarheten, lämpligen uttryckt som bruttotid, ingå inklusive noteringar av orsaker till förlängd bruttotid.

7.2.2 Lagerföljd

Det sönderborrade materialet (borrkax) förs snabbt upp ur hålet med hjälp av det kraftiga luftflödet i borrhålet. I toppen på hålet sitter en avledarhuv för borrkax, luft och vatten, med en slang som mynnar i en container.

Lagerföljden dokumenteras med hjälp av kaxprovtagning. Prover bör tas vid varje tillfälle borraren märker att borringen nått in i en ny jord- eller bergart, exempelvis synlig genom en markant färgskiftning i borrkaxet.

Prover tas lämpligen vid utsläpp till container, företrädesvis med hjälp av hink eller siktkorg. Prover bedöms preliminärt av borraren, men bör sparas i märkta plastpåsar för senare analys av geolog.

I program för provborring bör provtagning av borrkax ingå samt uppgift om när prover skall tas och hur de ska förpackas och hanteras. Provboring bör utföras av certifierad borrare.

7.2.3 Blåskapacitet och salthalt

Under borringen påträffas ofta vattenförande sprickzoner i berget. Genom tryckluftens ejektoreffekt kommer grundvatten att strömma till hålet och följa med upp ur hålet och tillsammans med kax och luft ledas till en container.

Genom att göra ett kortvarigt uppehåll i håltagningen och blåsa hålet kan producerad vattenmängd mätas eller erfarenhetsmässigt bedömas. En sådan mätning benämns *blåskapacitet*, vilken ger ett mått på bergets vattenföring, oftast uttryckt i liter/min.

I program för provborring bör mätning av blåskapacitet ingå efter att varje ny vattenförande sprickbildning påträffats samt beskrivning av hur mätningen skall genomföras.

I områden under högsta kustlinjen kan ett relikvt salthaltigt grundvatten påträffas. I energibrunnar kan sådant vatten orsaka oönskad spridning till ovanliggande sött vatten. Av detta skäl föreskrivs att salthalten skall mätas (Normbrunn-16). Detta görs enklast med en konduktivitetmätare.

Om salt grundvatten påträffas kan någon form av tätning bli aktuell. För beskrivning av omständigheter som kan leda till att tätning av energibrunnar behövs, samt anvisningar för tätningsmaterial och teknik hänvisas till "Råd och anvisningar för återfyllnad av energibrunnar".

I programmet för provborrning bör mätning av salthalten som konduktivitet utföras i samband med mätning av blåskapacitet, eller minst enligt riktlinjerna i Normbrunn 16

7.3 Dokumentation efter borrning

7.3.1 Grundvattennivåer

Bergets grundvattennivå definierar den termiskt aktiva delen av en grundvattenfylld energibrunn. Endast i brunnar med återfyllning kan den del av brunnen som ligger över grundvattennivån tillgodoräknas som termiskt aktiv.

Om grundvatten producerats under borrningen kommer grundvattennivån att vara påverkad (avsänkt). Av detta skäl bör mätning av bergets grundvattennivå göras först efter det att borrhålet fått vila under minst så lång tid det tagit att borra provhålet.

Grundvattennivån bör mätas minst ett fullt dygn efter det att provborrning(ar) avslutats.

I det fall TRT-mätningar ingår i programmet kan mätning av grundvattennivåer anstå till den tidpunkt då dessa utförs.

7.3.2 Kapacitetstester

Vid en kapacitetstest bestäms bergets genomsläpplighet med hjälp av en kortvarig propumpning, vanligen med en varaktighet av 2 timmar.

Kapacitetstester utförs i syfte att se om grundvattenströmningar i berget kan komma att påverka energibrunnarnas termiska kapacitet. Detta kan ske genom att grundvattenflödet för bort lagrad energi från ett borrhålslager, men också genom att flödet förstärker kapaciteten vid en bergvärmestillämpning.

Analys av kapacitetsvärden från enskilda provborrningar kan tillsammans med uppmätta grundvattennivåer användas för att bedöma med vilken hastighet grundvatten strömmar genom området.

Om provborrningarna visar betydande vattenföring i berget bör kapacitetstester övervägas i syfte att beräkna effekterna av grundvattenströmning.

7.3.3 Termisk responstest (TRT)

TRT-mätning används i syfte att bestämma energiborrhålens termiska egenskaper. Dessa utgör sedan indata i ett projekteringsskede för modellsimulering av hur många energibrunnar som behövs, brunnskonfiguration, djup och inbördes avstånd.

För utrustning, mätmetodik och analys av TRT-mätningar hänvisas till "Riktlinjer för Termisk Responstest (TRT)".

Antalet mätningar är kopplat till antalet borrhål och hur de geologiska förhållandena ser ut, men tumregelmässigt rekommenderas följande antal responstestmätningar:

För anläggningar med 10-40 energibrunnar, en TRT-mätning

För anläggningar med 40-80 energibrunnar, minst en TRT-mätning

För anläggningar med >80 energibrunnar, minst två TRT-mätningar

7.4 Fördjupad energibehovsanalys

7.4.1 Befintliga energisystem

I befintliga energisystem kan ingå att komplettera uppgifterna om värme- och kyllaster som råder vid olika utetemperaturer samt vilka fram- och returtemperaturer dessa ger upphov till. Även behov av varmvatten bör beaktas i en sådan mätning.

Om historiska data används för analys av energilaster bör dessa normalårskorrigeras.

Mätningar i befintligt energisystem skapar ett fördjupat dimensioneringsunderlag vid konvertering till ett geoenergisystem.

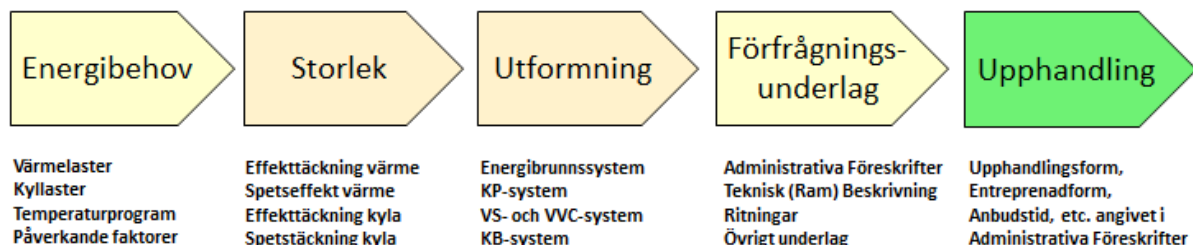
7.4.2 Nybyggnation

Det är brukligt att i tidigt projektskede analysera en ny byggnads behov av värme och kyla med hjälp av beräkningsverktyg, exempelvis IDA ICE i vilket värme- och kylbehoven simuleras främst som funktion av transmissions- och ventilationsförluster samt intern värmegenerering och solinstrålning.

Simulering av energibehoven ger en god föreställning om vilka värme- och kyllaster som bör användas som dimensioneringsunderlag för geoenergisystemet.

8 Projektering

Med projektering avses den slutliga dimensioneringen, utformningen och prestandakrav för en given anläggning. Projekteringen avslutas med upprättande av ett heltäckande förfrågningsunderlag (FFU) där anläggningens Tekniska Beskrivning (TB) och de Administrativa Föreskrifterna (AF-del) är de tongivande. Normal handlingsgång för projekteringsfasen illustreras i Figur 15.



Figur 15. Normal handlingsgång för projekteringsfasen

Handlingsgången kan dock skilja sig något beroende på vilken entreprenadform som gäller och därmed kopplingen till byggprocessen, se tidigare Kap 5.

En TB för en totalentreprenad enligt ABT06 är normalt sett utformad med betoning på funktions- och prestandakrav och benämns *Teknisk rambeskrivning*. En TB för en utförandeentreprenad enligt AB04 beskriver normalt sett en färdigprojekterad anläggning och benämns *Teknisk beskrivning*, vilken skall ses som en detaljbeskrivning.

I en Teknisk rambeskrivning för ett geoenergisystem är det brukligt att beställaren i viss mån styr entreprenaden genom att i förfrågningsunderlaget bilägga handlingar som visar preliminära beräkningar vad avser geoenergi-systemets energibrunnar.

För geoenergisystem är det inte ovanligt att energibrunnsystemet upphandlas som en egen entreprenad, exempelvis som en underentreprenad (UE) i en totalentreprenad (TE). Detsamma kan dock vara fallet i en utförandeentreprenad.

Oavsett entreprenadform är det av stor vikt att de olika delarna i entreprenaden samordnas vid projekteringen så att inga oklarheter uppstår i gränssnitten.

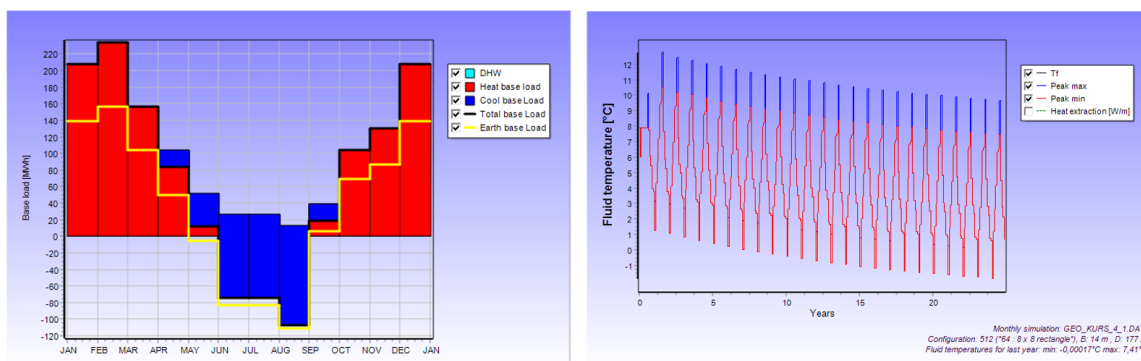
8.1 Systemdimensionering

Det vanligaste dimensioneringsverktyget i Sverige är programvaran EED (Earth Energy Designer), men andra program förekommer sporadiskt ([Dimensioneringsverktyg | Svenskt Geoenergi centrum](#)).

I EED-programmet matas olika parametervärden in i en datafil och en specifik konfiguration för energibrunnar väljs. Som resultat av simuleringen erhålls bland annat köldbärens medeltemperatur till och från energibrunnarna under ett valt antal driftår.

Huvudsakliga indata är energibrunnarnas energilaster (månadsvärden eller timvärden) som tillsammans med parametrar hämtade från provborrningar och TRT-mätningar utgör grunddata. Variabler av större betydelse är placeringen av brunnarna (konfiguration), brunnsdjup, avstånd mellan brunnarna, typ av kollektor samt typ av köldbärvätska med termohydrauliska egenskaper vid en dimensionerande köldbärrtemperatur och flödes hastighet.

Exempel på EED-analys av köldbärrtemperaturer sett på 25 års sikt framgår av Figur 16.



Figur. 16. Exempel på EED-simulering med månatliga kyl- och värmelaster till vänster och resulterande köldbärartemperaturer till höger.

För dimensionering av en geoenergianläggning bör dimensioneringsverktyget EED eller likvärdig programvara användas.

8.2 Utformning av energibrunn

8.2.1 Kollektor och håldimension

Hur energibrunnen på bästa sätt utformas bör göras i flera steg där först håldjupet värderas enligt följande generella parametrar.

- Jorddjup och borrhäthet för ekonomisk värdering av optimalt djup
- Begränsad tillgänglig yta, vilket leder till färre men djupare hål och/eller gradade hål
- Svårartade bergförhållanden, vilket leder till grundare hål

I nästa steg väljs typ av kollektor med hänsyn taget till håldjup och optimalt köldbärarflöde enligt Tabell 4 (Hämtad från: *Anvisningar för förläggning av kollektorer i geoenergisystem-större anläggningar*)

Tabell 4: Standarddimensioner på kollektorslangar PE100 SDR17 med generella riktvärden för flöde per borrhål, grad av turbulens (Re) och tryckfall. Köldbärarens termohydrauliska egenskaper avser etanol 28 % vid 0 °C.

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 (95) ³	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 (165)	1,07–1,6	64–96	2500–3800	60–122

1) Sällan förekommande 2) Specialfall 3) Under senare år

8.2.2 Köldbärarvätska, flöde och tryckfall

Som köldbärare används vanligen en blandning av vatten och etanol till en koncentration av maximalt 29 viktprocent. För detaljer hänvisas till "Anvisningar för förläggning av kollektorer och markledningar i geoenergisystem - Större anläggningar".

Ett för lågt flöde av köldbäraren resulterar i försämrat energiutbyte mot berget. Ett för högt flöde skapar onödig elförbrukning för cirkulation av köldbäraren.

För val av köldbärarflöde och riktvärden för tryckfall hänvisas till Tabell 4 ovan.

8.3 Markledningar och fördelningsrör

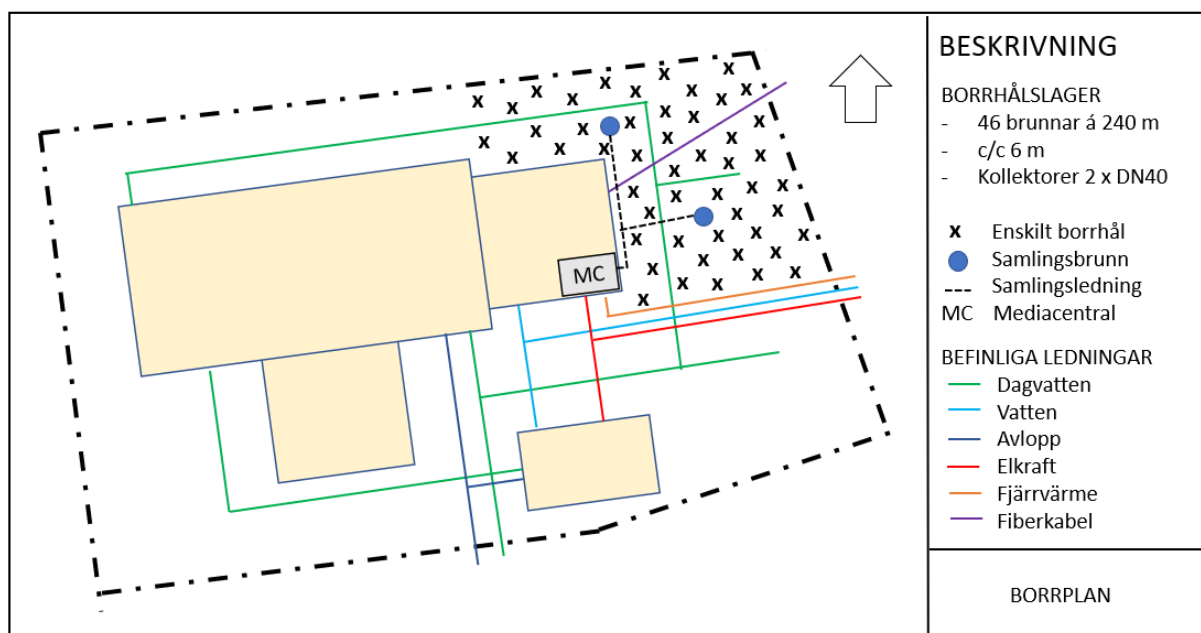
För schaktning, förläggning och återfyllning av markförlagda ledningar mellan brunnar och fördelningsrör samt samlingsledningar mellan fördelningsrör och mediacentral hänvisas till "Anvisningar för förläggning av kollektorer och markledningar i geoenergisystem - Större anläggningar".

8.4 Borrplan

Efter dimensionering av antal brunnar, djup och konfiguration fastställs en borrplan, vanligen med brunnar utsatta på en situationsplan. Gradade brunnar bör markeras med streck i gradningens riktning samt antal grader.

På borrplanen bör också plats för samlingsbrunn (-skåp) markeras liksom schakter för systemets markförlagda ledningar.

Vid utläggningen måste hänsyn tas till andra markledningar, exempelvis VA- och DV-ledningar. Ett fiktivt exempel på borrplan visas i Figur 17.



Figur. 17. Principexempel på borrplan med tillhörande information avseende energibrunnssystemet

På en borrplan bör brunnar och markledningar läggas in så att energibrunnssystemet inte kolliderar med andra ledningar eller undermarkshinder.

8.5 Cirkulationspump

Cirkulationspumpen för köldbäraren dimensioneras beroende av flöde och tryckfall. Flödet bör vara anpassat efter de ramar som framgår av tidigare Tabell 4, medan tryckfallet bör beräknas. Beräkningsprogram för plaströr finns exempelvis på: [Beräkna tryckfall i rör | GPA](#)

I beräkningen skall även det inre rörsystemet ingå, liksom tryckfallet i värmepumpars förångare och andra värmeväxlare i det inre systemet tas med.

Dagens moderna och energieffektiva cirkulationspumpar har vanligen inbyggda frekvensomformare och kan således styras vad avser flödesbehov vid varierande värme- och kyllaster.

För val av cirkulationspumpens maxflöde bör rekommenderat flödesinterval enligt Tabell 4 användas samt flödet ligga inom ramen för värmepumparnas krav.

För val av cirkulationspumpens trycksättning bör tryckfallet i hela köldbärarsystemet beräknas.

För typ av cirkulationspump bör i första hand en frekvensstyrd pump väljas så att flödet i kretsen behovsanpassas till varierande värme- och kyllaster.

I de fall en äldre cirkulationspump redan finns i ett geoenergisystem bör denna om möjligt försees med fristående frekvensomvandlare i syfte att minska elförbrukningen.

Vanligt tillämpad styrning av köldbärarflödet är att använda ett fast börvärde på köldbärarens fram- och returtemperatur med en temperaturdifferens över värmepumpens förångare på exempelvis 3°C. De kan dock även styras med tryck. För moderna fastighetsvärmepumpar sker styrningen vanligen via värmepumparnas interna styrprogram.

8.6 Avluftning/avgasning

Köldbärarkretsen fylls med vätska vid flera tillfällen, dels då energibrunnssystemet är färdigställt och dels då det invändiga köldbärarsystemet blivit anslutet. Vanligen är det entreprenören för energibrunnssystemet som fyller sin del fram till väggliv, medan det inre systemet fylls för sig av rörentreprenören.

Avluftningen vad gäller energibrunnssystemet görs vanligen genom att låta köldbäraren cirkulera genom av tank och avslutas först när inga gasbubblor längre frigörs. Det inre systemet fylls vanligen sist med avluftning via avluftningsventiler. Vid driftsättning fortsätter avgasningen av hela kretsen via avluftningsventiler på inre rör och på samlingsrör samlingsbrunnar eller samlings-skåp.

Kvarvarande luft i köldbäraren försämrar energiöverföringen markant och kan störa hela systemets prestanda.

Avgasning är ett annat begrepp och används för att ta bort de mikrobubblor av luft som finns kvar efter avluftningen. Detta görs med aggregat som avgasar ett delflöde under vakuumtryck och som lämpligen placeras på cirkulationspumpens sug sida.

Avluftning av köldbärarvätskan av energibrunnssystemet bör göras så omsorgsfullt att inte några gasbubblor finns kvar i köldbärarkretsen.

Permanent avgasning med någon typ vakuumavgasare rekommenderas, särskilt i större geoenergisystem.

8.7 Gränssnitt och samordning

Ett energibrunnssystem ingår ofta som del i en rörentreprenad (VS) och innefattar i dessa fall hela geoenergisystemet. En VS-entreprenör handlar då oftast upp energibrunnssystemet som en underentreprenad (UE).

Energibrunnssystemet kan i vissa fall även utgöra en av B upphandlad egen entreprenad. Den har då en definierad entreprenadgräns, som vanligen ligger i anslutning till ett väggliv.

Oavsett entreprenadroll är det av vikt att energibrunnssystemet beskrivs med ett gränssnitt genom vilket köldbäraren skall passera och är anpassat för såväl brunnar som krav på flöden till värmepumpar.

Samordningsansvar vid projektering och anläggning av geoenergisystem är normalt sett angivet i kontraktshandlingarna. Samordningen berör främst markprojektering vad avser energibrunnssystemet och VS vad avser det invändiga systemet.

Samordning med sidoentreprenader vid projektering och anläggning är av största vikt för att undvika problem kopplade till gränssnitt

8.8 Förfrågningsunderlag

Projekteringen av en geoenergianläggning formaliseras i ett förfrågningsunderlag (FFU). Detta upprättas normalt efter mallar enligt anvisningar i AMA.

FFU innehåller normalt sett följande handlingar, vilka skall skapa underlag för anbudsgivning.

- Administrativa Föreskrifter (AF-del)
- Teknisk beskrivning/Rambeskrivning
- Anbudsformulär
- Övrig information av vikt för anbudsgivare

8.8.1 AF-del

I denna handling beskrivs de administrativa förutsättningar i ett kodsysteem med följande huvudrubriker och huvudsakligt innehåll

AFA: ALLMÄN ORIENTERING (platsorientering, aktörer, nätägare, sidoentreprenader, nätägare)

AFB: UPPHANDLINGSFÖRESKRIFTER (upphandlingsform, avtalsform, ersättnings- och anbudsregler)

AFC/D: ENTREPRENADFÖRESKRIFTER (reglerar kontraktsvillkoren för genomförandet)

AFG: ALLMÄNNA ARBETEN OCH HJÄLPMEDEL (reglerar ansvar och kostnader för hjälpmedel)

Koder som särskilt bör beaktas vid upprättande av AF-del för ett geoenergisystem vilka erfarenhetsmässigt påverkar ansvarsförhållanden och kostnader för entreprenaden:

AFB. 11 Upphandlingsform: Vid LOU-upphandling gäller särskilda regler

AFB. 13 Entreprenadform: För totalentreprenader (ABT06) har TE funktionsansvar. För utförandeentreprenader (AB04) har B funktionsansvar

AFB.31 Anbudsinnehåll: Ofullständiga anbud kan förkastas

AFB.312 Sidoanbud: Anger om sidoanbud får lämnas eller ej

AFB.53 Anbudsprövning: Speciella regler för LOU-upphandling

AFC/D.11 Kontraktshandlingar: Ordningsföljd anger rangordning

AFC/D.111 Ändringar i AB04/ABT06: Avsteg från text i AB. (Vanliga ändringar är ÄTA-arbeten, samordningsansvar och tvistelösen)

AFC/D.161 Tillstånd från myndighet: Anmälan till miljönämnd och avyttring borrhatten

AFC/D.27 Underrättelse om avvikelser: Anmälan oförutsedda hinder ("hinderanmälan")

AFG.14 Tillfällig el och vattenförsörjning: Vem ansvarar för och vem står för kostnaden

AFG.316 Tillfällig inhägnad: Typ och omfattning

AFG.34 Bullerskydd: Typ och omfattning

AFG.85 Återställande av mark: Typ och grad av återställande

8.8.2 Teknisk beskrivning/Rambeskrivning

Tekniska beskrivningar följer vanligen kodade AMA-mallar med tillhörande råd och anvisningar (RA)

För geoenergisystem saknas heltäckande mallar och texter, vilket branschen tills vidare löst genom att kombinera AMA VVS & Kyla med AMA Anläggning, alternativt skapat ett extra kapitel i AMA VVS & Kyla (Kap. 59). Det senare alternativet är att föredra, speciellt för ABT-projekt då det i övrigt rymmer alla koder för en geoenergianläggning med följande huvudkapitel:

- 5. ALLMÄNNA KRAV
- 50. SAMMANSATTA VVS-KYLSYSTEM
- 52. TAPPVARMVATTENSYSTEM
- 55. KYLSYSTEM
- 56. VÄRMESYSTEM
- 59. ENERGIBRUNNSSYSTEM
- 6. ELANLÄGGNINGAR
- 8. STYR- OCH ÖVERKNINGSSYSTEM
- Y. MÄRKNING, PROVNING, DOKUMENTATION
- BILAGOR/RITNINGAR

För upprättande av teknisk beskrivning/rambeskrivning för energibrunnsystemet finns två alternativ: (1) AMA-VVS & Kyla med tilläggskapitel 59, eller (2) AMA-Anläggning

För Utförandeentreprenader (AB04) består den tekniska beskrivningen av specifikationer för ett i detalj projekterat system. Till handlingen hör även system- och platsritningar samt mängdförteckning. Huvudkomponenters storlek, typ och fabrikat är valda och energibrunnsystemets specificerat vad gäller brunnsdjup, placering, kollektorer, etc.

För Totalentreprenader (ABT06) är den tekniska beskrivningen en ram inom vilken entreprenören inledningsvis skall utföra en projektering (förslagshandling), som efter granskning och samordning stämplas som bygghandling. I rambeskrivningen ställs krav på exempelvis geoenergisystemets maximala effektavgivning, maximala tryckfall i rörsystem m.m. Tillgänglig mark för energibrunnar är oftast anvisad.

Till en rambeskrivning biläggs vanligen resultatet av de förundersökningar som B låtit utföra, även innefattande energilaster och EED-analyser. Detta är av yttersta vikt för att E i anbudsskedet skall kunna lämna ett kalkylerbart anbud.

För att vara kalkylerbart bör resultat av förundersökningar ingå i rambeskrivning, eller biläggas som fristående handling.

8.9 Att uppmärksamma

8.9.1 Styr- och övervakning (Kap 8)

Många system projekteras för konstant flöde på köldbäraren. Detta medför en onödig förbrukning av elenergi för cirkulation av köldbäraren under stora delar av året. Genom en frekvensstyrd pump kan elförbrukningen minimeras.

För att minimera elförbrukning för cirkulationspumpar bör dessa vara frekvensstyrda.

För kontroll av flöde, tryck och temperaturer på köldbärarkretsen är installation av givare av betydelse främst för optimering av geoenergianläggningens prestanda och för felsökningar.

Det rekommenderas att förse köldbärarkretsen med givare som kan användas för kontroll av systemfunktioner och enkel felsökning.

För råd och anvisningar om mätning hänvisas till Svenskt Geoenergicentrum "Riktlinjer för mätning och uppföljning av geoenergisystem".

8.9.2 Märkning (Kap Y)

Normalt sett är varken nuvarande eller kommande ägare till fastigheten insatt i hur ett energibrunnssystem är anlagt. Det bör därför märkas på sådant sätt att brunnar som mynnar i ett samlingsrör kan identifieras via märkning av brunnnummer som står i relation till brunnsmärkning på borrhjansskarta.

Ett energibrunnssystem bör märkas med märkplåtar på samlingsrör på sådant sätt att enskilda brunnar lätt skall kunna identifieras och vid behov stängas av eller åtgärdas.

Markförlagda ledningar bör markeras med märkband så att man vid framtida schaktning skall kunna identifiera ledningar tillhörande ett energibrunnssystem.

8.9.3 Provtryckning och tryckfallsmätning (Kap Y)

Det råder viss oenighet över hur energibrunnsystem skall kontrolleras vad avser provtryckning, och flera varianter förekommer i tekniska beskrivningar.

För anvisning av hur provtryckning bör genomföras för energibrunnsystem hänvisas till - Bilaga 1 "Anvisningar för kollektorer och markledningar".

Tryckfallsmätning över kollektorer och färdigt energibrunnsystem ger värdefull information om hur cirkulationspumpen skall dimensioneras och styras.

För anvisning av hur tryckfallsmätning bör genomföras i ett energibrunnsystem hänvisas till Bilaga 1 i "Anvisningar för kollektorer och markledningar".

8.9.4 Relationshandlingar (kap Y)

En väl utförd energibrunnsanläggning har en livslängd som sträcker sig över en generation. Det är därför av vikt att efterkommande generationer kan lokalisera och identifiera från ytan osynliga energibrunnar med tillhörande markledningssystem. Därför bör ingående brunnar mätas in och tillhörande ledningssystem markeras och redovisas på karta eller ritning. På denna bör också väsentliga data avseende brunnar, brunnsdjup, kollektorer, etc. anges. Vanligen är denna relationshandling densamma som borrhplan för entreprenaden.

En relationsritning (karta) över ett energibrunnsystem bör ha koordinatsatta brunnslägen och ledningssystem utsatta, inkl. samlingsbrunnar, samt brunnsinformation i form av djup, typ av kollektor och längd angivet.

Till relationshandlingar hör även enskilda borrhprotokoll och protokoll över de provtrycknings- och flödestester som ingått som egenkontroller i entreprenaden, samt uppgifter om typ av köldbärare som systemet fyllts med.

Resultat av egenkontroller, certifieringsintyg på kollektorer, samt typ och fabrikat av ingående komponenter, etc. är dokument som kan ha betydelse för framtiden och bör därför ingå i relationshandlingar.

9 Upphandling

Med upphandling avses fasen från utskick av förfrågningsunderlag fram till dess att parterna undertecknat kontrakt.

Inledningsvis skickas eller annonseras förfrågningsunderlaget ut för anbudsräkning med angiven anbudstid. Under anbudstiden ges anbudsgivare möjlighet att besöka platsen och ställa frågor.

Inkomna anbud granskas och värderas. Beroende på upphandlingsform kan sedan en förhandling vidtas där innehåll och priser diskuteras. Om inte förhandling sker, bör ändå en anbudsgenomgång göras med tänkt entreprenör i klargörande syfte.

Slutligen skrivs ett entreprenadkontrakt som ligger till grund för entreprenadens genomförande enligt (Figur 17)



Figur 17. Normal handlingsgång vid upphandling av entreprenör.

9.1 Anbudskungörelse

Med kungörelse avses det sätt som FFU tillställs potentiella anbudsgivare. Många väljer att annonsera på speciella plattformar för just anbudsfrågor. Detta gäller särskilt upphandlingar som genomförs enligt LOU (Lagen om Offentlig Upphandling).

Inom näringslivet är det vanligare att skicka förfrågningsunderlaget via post eller mail till de entreprenörer man tror vill avge anbud.

Från beställarens perspektiv är det oftast önskvärt att få in konkurrerande anbud för att av dessa kunna välja det mest fördelaktiga, både med hänsyn till kvalitet och kostnader.

Det ligger oftast i beställarens intresse att få in anbud från flera entreprenörer.

9.2 Anbudstid

Med anbudstid skall förstås den tid en entreprenör fått sig tilldelat att för att avge anbud.

Under anbudstiden har anbudsgivaren normalt möjlighet och oftast skyldighet att förvissa sig om förutsättningarna med besök på plats.

Anbudsgivaren har även möjlighet att ställa kompletterande frågor gällande förfrågningsunderlaget. I en LOU-upphandling måste frågor och svar tillställas samtliga anbudsgivare.

Under anbudstiden kan anbudsgivare begära förlängd anbudstid, vilken då måste delges även övriga anbudsgivare.

Det ligger i såväl beställarens som anbudsgivarens intresse att anbudstiden är tillräckligt lång för att väl genomarbetade anbud lämnas.

9.3 Anbudsgranskning

Former för anbudsöppning och anbudsföreskrifter i övrigt är beskrivna i AF-delen.

Med anbudsgranskning värderas anbudet. I vissa fall kan ofullständiga anbud förkastas och endast fullständiga anbud beaktas.

Beställaren värderar därefter anbuderna ur flera aspekter: ekonomi, kompetens och referenser, vald systemlösning, etc.

I LOU-upphandlingar är det vanligt att sammanväga anbudspriset med i FFU angivna bedömningskriterier. Metoden för poängsättning av kriterierna måste i sådana fall anges i AF-delen. I annat fall är det lägsta anbudspris som gäller.

Oavsett upphandlingsform väljer vanligen beställaren de mest fördelaktiga anbuderna att fortsätta upphandlingen med.

9.4 Anbudsgenomgång

Inkomna anbud är inte alltid helt "rena" och kan innehålla oklarheter eller missuppfattningar. Inte sällan kallar därför beställaren till anbudsgenomgång där FFU jämförs med uppgifter i anbudet. Anbudsgenomgången leder till klargöranden och förtydliganden av såväl tekniska som administrativa frågeställningar som kan skrivas in i entreprenadkontraktet.

Det ligger i såväl beställarens som anbudsgivarens intresse att genomföra en klargörande anbudsgenomgång innan avtal sluts.

9.5 Kontrakt

I ett entreprenadkontrakt eller avtal regleras kontraktets ekonomiska villkor, organisation och liknande. I kontraktet skrivs också entreprenadtiden in, tillsammans med överenskommelser gjorda vid anbudsgenomgången. Vidare fastställs exempelvis den ordningsföljd som gäller för kontraktshandlingar (vilket har en entreprenadjuridisk betydelse).

Kontraktet börjar gälla först när parterna undertecknat detsamma.

Det ligger i båda parternas intressen att kontraktet är klart och tydligt formulerat så att missförstånd och felaktigt utförande under anläggningstiden minimeras.

10 Referenser

Andersson, O. Gehlin, S. (2018). Quality Management in Design, Construction and Operation of Borehole Systems. State-of -the Art: Sweden. IEA- ECES, Annex 27, Work document. Svenskt Geoenergicentrum, 2018.

Andersson, O. Gehlin, S. (2020). Råd och anvisningar om återfyllning av energibrunnar. Svenskt Geoenergicentrum, April 2020.

Boverket (2020). Boverkets byggregler, BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. BFS 2020:4, (BBR 29).

Svenskt Geoenergicentrum. (2018). Riktlinjer för mätning och uppföljning av geoenergisystem. Provversion, April 2018.

Gehlin, S. Andersson, O. (2018). Quality Management in Design, Construction and Operation of Borehole Systems. Subtask 1: Design Phase. Final Report. Svenskt Geoenergicentrum, October 2018.

Svenskt Geoenergicentrum (2015). Riktlinjer för Termisk Responstest (TRT). Svenskt Geoenergicentrum, 2015.

Hjulström, J. Andersson, O. Barth, J. Gehlin, S. (2022). Anvisningar för förläggning av kollektorer i geoenergisystem - Riktlinjer för större anläggningar. Svenskt Geoenergicentrum, 2022.

Hjulström, J. Andersson, O. Barth, J. Gehlin, S. (2022). Anvisningar för förläggning av kollektorer i geoenergisystem - Riktlinjer för mindre anläggningar. Svenskt Geoenergicentrum, 2022.

IEA ECES (2020), Quality Management in Design, Construction and Operation of Borehole Systems, (Reuss et al., ZAE Bayern), IEA Technology Collaboration Program on Energy Conservation through Energy Storage. IEA ECES), 2020. Copyright © IEA ECES 2020.

Levin, P. Clarholm, A. Andersson, C. (2015). Nya klimatfiler för energiberäkningar. Slutrapportering av utvecklingsprojekt nr 7945. SVEBY, Februari 2015.

