



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R95:1983

Naturvärmekällor i Sollentuna

**Metodstudie och utnyttjningsbar
potential**

**Sören Andersson
Anders Eriksson
Olle Krook
Tomas Åbyhammar**

*K
9/1/83*

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

ser

Byggforskningsrådet

R95:1983

NATURVÄRMEKÄLLOR I SOLLENTUNA

Metodstudie och utnyttjningsbar
potential

Sören Andersson
Anders Eriksson
Olle Krook
Tomas Abyhammar

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 800262-9
från Statens råd för byggnadsforskning till Allmänna
Ingenjörbyrån AB, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R95:1983

ISBN 91-540-3975-4
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
LiberTryck Stockholm 1983

INNEHÅLL

FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	6
1. BAKGRUND	7
2. FÖRSTUDIENS SYFTE OCH OMFATTNING	8
2.1 Syfte	8
2.2 Omfattning	8
3. SOLLENTUNA KOMMUNS ENERGIFÖRSÖRJNING	9
3.1 Allmänt	9
3.2 Elförsörjning	9
3.3 Värmeförsörjning	9
3.4 Energiförbrukning	12
3.5 Planerad oljeavveckling	13
3.6 Specifik kostnad för olika energi- försörjningssystem	14
4. ALLMÄN BESKRIVNING AV ENERGIFLÖDEN OCH TEMPERATURFÖRHÅLLANDEN I MARK OCH VATTEN	15
4.1 Energiinstrålning	15
4.2 Temperaturförhållanden i mark	15
4.3 Jämförelse mellan olika naturvärme- källor ur temperatur- och till- gänglighetssynpunkt	18
5. SOLLENTUNA KOMMUN. GEOLOGI	20
5.1 Geologisk översikt	20
5.2 Berggrund	20
5.3 Jordarter	23
5.4 Grundvattenförhållanden	23
6. NATURVÄRMEKÄLLOR OCH DERAS TEKNISKA ENERGIPOTENTIAL INOM SOLLENTUNA KOMMUN	28
6.1 Orientering	28
6.2 Sjövärme	28

6.2.1	Allmänt	28
6.2.2	Teknik för värmeuttag ur sjöar	29
6.2.3	Sjöar inom Sollentuna kommun	30
6.2.4	Norrviken	30
6.2.5	Edsviken	37
6.2.6	Edssjön	42
6.2.7	Ravalen	42
6.2.8	Översjön	44
6.2.9	Rösjön	44
6.2.10	Fjäturen	44
6.2.11	Väsjön	44
6.2.12	Snuggan	44
6.3	Ytjordvärme	45
6.4	Grundvattenvärme	48
6.5	Bergvärme	51
6.6	Värmeuttag ur dag- och spill- vattentunnlar	54
7.	TEKNISKT-EKONOMISKT UTNYTTJINGSBAR ENERGIPOTENTIAL	61
7.1	Allmänna förutsättningar	61
7.2	Sjövärme. Kostnadsuppskattning	62
7.3	Grundvattenvärme. Kostnadsuppskattning ..	64
7.4	Avloppsvärme. Kostnadsuppskattning	66
7.5	Tekniskt-ekonomiskt utnyttjingsbar energipotential	66
7.5.1	Sjövärme	66
7.5.2	Grundvatten- och avloppsvärme	67
7.5.3	Ytjordvärme och bergvärme	68
8.	VÄRMELAGRING	69
8.1	Allmänt	69
8.2	Lagring av sjövärme	69
	LITTERATUR	71
	BILAGA 1: Inventering för bedömning av ytjord- värmepotential	73
	BILAGA 2: Översiktlig beräkning av tillgängliga arealer för ytjordvärme i Sollentuna kommun	79

FÖRORD

AIB - Allmänna Ingenjörbyrå AB har i här presenterad förstudie analyserat den tekniskt-ekonomiskt utnyttjningsbara energipotentialen hos solvärmda mark- och vattensystem inom Sollentuna kommun.

I förstudien har medverkat:

- tekn lic Sören Andersson AIB
- geolog Anders Eriksson AIB
- civ ing Olle Krook AIB
- ing Rolf Nordin AIB
- civ ing Tomas Åbyhammar AIB
- tekn lic Bengt Åberg Stocksund

Förstudien har genomförts i samarbete med Sollentuna kommun under tiden januari 1981 - februari 1982.

Stockholm februari 1982

AIB - ALLMÄNNA INGENJÖRSBYRÅ AB



Sören Andersson

SAMMANFATTNING

I här avrapporterad förstudie har översiktligt kartlagts den tekniskt-ekonomiskt utnyttjningsbara energipotentialen i solvärmda mark- och vattensystem inom Sollentuna kommun.

Förstudien har utförts som en metodstudie och har baserats på bl a följande huvudförutsättningar:

- energiuttagen skall kunna göras med känd och demonstrerad teknik
- aktiv säsongslagring av värme har ej beaktats
- den från värmepumpning erhållna temperaturnivån, ca +70°C, är tillräckligt hög för att utnyttjas i befintliga eller framtida distributionsnät

Energikostnaden för de olika individuella värmekällorna har redovisats med hänsyn till produktions-, överförings- och distributionskostnader. En förenklad sammanställning av denna redovisning presenteras i nedanstående tabell.

Värmekälla	Kylenergi potential GWh	Erf drivel till värmep GWh	Total energi GWh	Energi-kostn kr/kWh
Sjöar	43	26	69	0.17-0.26
Grundvatten	31	18	49	0.17-0.20
Avloppsvatten	33	19	52	0.15
Ytjord- och bergvärme	36	24	60	0.25-0.40
Totalt	143	87	230	

I tabellen angivna kostnader är baserade på normala avskrivningstider och 4 % ränta.

Den i tabellen angivna kylenergipotentialen 143 GWh, dvs den energimängd som tas ur mark och vatten, motsvarar tillsammans med erforderlig drivel, 87 GWh, ca 40 % av Sollentunas beräknade uppvärmningsbehov 1990 på 570 GWh.

1. BAKGRUND

Sedan den 1 juli 1977 gäller lagen om kommunal energiplanering, som ålägger kommunerna att i sin planering främja hushållningen med energi samt verka för en säker och tillräcklig energitillförsel.

I en av riksdagen 1978-05-29 beslutad energisparplan för befintlig bebyggelse åsyftas en minskning av den årliga energiförbrukningen i dagens byggnadsbestånd med 25-30 %. Målet beräknas nås under en 10-årsperiod.

I den av riksdagen 1981-05-27 antagna energipropositionen 1980/81:90 fastlägges att den kommunala energiplaneringen främst bör inriktas på åtgärder som får betydelse för att minska oljeberoendet under 1980-talet. Härvid har bl a sparmålet för befintlig bebyggelse höjts med ca 20 % jämfört med 1978 års energisparplan. Hur denna målsättning, tillsammans med övrigt minskat oljeberoende, skall kunna förverkligas skall framgå av den plan som kommunerna inom lagen för den kommunala energiplaneringen åläggs att upprätta senast 1 juli 1982.

Det är uppenbart att den kommunala planeringen är av avgörande betydelse för uppnåendet av ett radikalt minskat oljeberoende. I många kommuner har också ett omfattande planeringsarbete påbörjats i syfte att kartlägga byggnadsbeståndets energitekniska status samt genom allmän rådgivning, besiktningar, riktad information etc, underlätta energisparplanernas genomförande. I huvudsak synes verksamheten hittills varit inriktad mot åtgärder av typ tilläggsisolering, tätning, pannjustering etc. Sådana åtgärder är relativt enkla att genomföra och resulterar också i en omedelbar energibesparing.

Den kommunala planeringen skall emellertid också förbereda mer långsiktiga åtgärder såväl betr energihushållning som energiförsörjning. Bl a bör kommunerna härvid väga in användning av förnyelsebara energikällor i sin planering. I första hand bör härvid de lokala energikällorna beaktas.

Till de lokala, förnyelsebara energikällorna hör förutom sol, vind, biomassa etc olika typer av yt- och djupjordvärmesystem. Grundvattenmagasin, sjöar, vattendrag och ev tempererat dagvatten i större tunnelsystem kan också hänföras till de förnyelsebara energikällorna.

Med tanke på dessa energikällors ianspråktagande av eller påverkan på mark- och vattenresurser inom eller i anslutning till bebyggelseområdena är det av vikt att de behandlas i såväl kommunens övergripande energiplanering som i den fysiska planeringen.

2. FÖRSTUDIENS SYFTE OCH OMFATTNING

2.1 Syfte

Förstudien utföres som en metodstudie och syftar till en översiktlig kartläggning av den tekniskt-ekonomiskt utnyttjningsbara energipotentialen i naturvärmekällor av typ yt- och djupjordvärmesystem, grundvatten samt sjö- och ytvattensystem inom Sollentuna kommun.

Förstudien skall härvid

- belysa de olika systemens potential som värmekälla i kombination med värmepump
- belysa de olika systemens ianspråktagande av, eller inverkan på, mark- och vattenresurser

2.2 Omfattning

Energipotentialen i mark och vatten kan i sin vida bemärkelse omfatta t ex biomasseproduktion, möjligheter till solfångaruppställning, anläggande av jordtäckt bebyggelse etc. Förstudien begränsas dock till att omfatta följande system:

- Ytjordvärmesystem, dvs utnyttjande av den naturliga marken som solfångare.
- Djupjordvärmesystem, dvs utnyttjande av jord- och berglager från 0 till 100 å 150 m, t ex bergborrade brunnar.
- Grundvattenmagasin, dvs utnyttjande av de värmemängder som finns i kommunens jämförelsevis stora grundvattentillgångar.
- Sjöar och vattendrag, dvs utnyttjande av vattnets eller botensedimentens värme och frysvarme.
- Dagvattensystem, dvs utnyttjande av den även vintertid relativt höga dagvattentemperaturen i kommunens dagvattentunnel-system (Sollentuna-centrum-tunneln, Tegelhags-Järvafälts-tunneln, Rotsundatunneln). I flera fall bidrar de i dagvattentunnlarna inlagda spillvattenledningarna till en förhöjd temperatur på dagvattnet.

Även spillvattenmängderna i Käppalatunneln erbjuder möjligheter till värmeutvinning.

3. SOLLENTUNA KOMMUNS ENERGIFÖRSÖRJNING

3.1 Allmänt

Sollentuna är en av förortskommunerna norr om Stockholm. Befolkningen uppgår till 46.000 invånare. Antalet lägenheter i flerbostadshus är ca 9700 och antalet småhus är ca 8900. Bebyggelsens nuvarande och planerade utbredning visas på fig 3.1.

3.2 Elförsörjning

AB Sollentuna Energiverk är ett kommunalt bolag som distribuerar all el inom Sollentuna kommun. Råkraftleverantör är Alvkarleby kraftverk.

El kommer in via 70 kV-ledning till en mottagningsstation i Tureberg (Knista) och via 20 kV-ledningar till mottagningsstationerna i Rotebro och Edsberg.

3.3 Värmeförsörjning

Bebyggelsen har följande ytor:

Lägenheter 9700 x 70 m ²	680.000 m ²
Övriga lokaler i flerbostadshus 78/79	80.000 m ²
Industri, handel, kontor	500.000 m ²
Kommunala byggnader	200.000 m ²
Landstinget	55.000 m ²
Övriga ytor	20.000 m ²
Småhus 8900 x 120 m ²	1.065.000 m ²
Totalt uppvärmd yta	2.600.000 m ²

Denna bebyggelse uppvärms enligt följande:

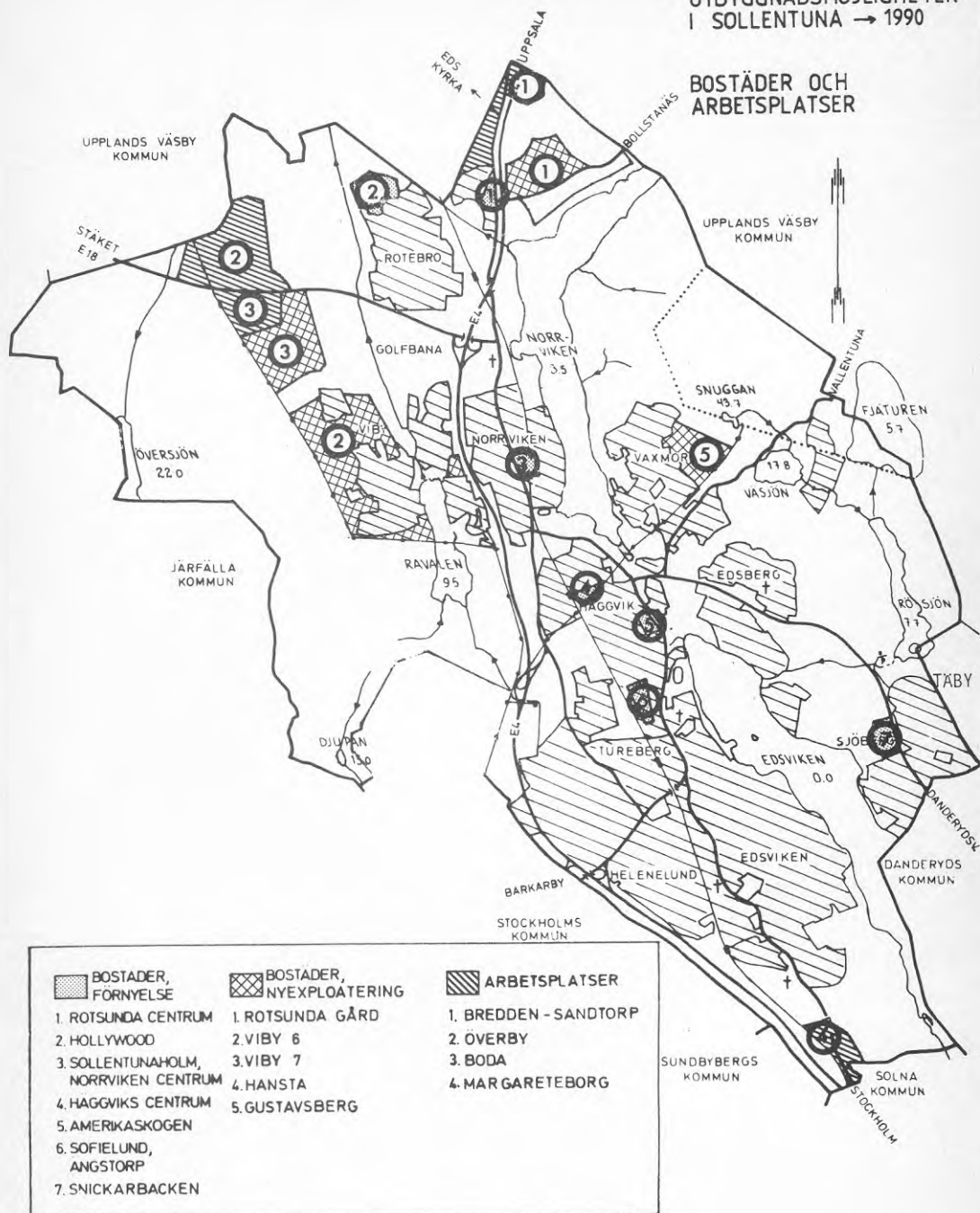
El	3605 småhus
Fjärrvärme 1981, fig 3.2	8440 lägenheter samt övriga ytor i anslutna flerfamiljshus, 882 radhus och villor
Lokala panncentraler större än 1 MW	68963 m ²
Enskild uppvärmning	4400 småhus

Det totala värmebehovet i Sollentuna har beräknats till 471 GWh/år för 1978 och 570 GWh/år för 1990, Sollentuna Värmeplan (1). Vid jämförelse med nedan angivna energiförbrukningssiffror skall hänsyn tagas till konverteringsförluster.

FIGUR 3.1

UTBYGGNADSMÖJLIGHETER I SOLLENTUNA → 1990

BOSTÄDER OCH ARBETSPLATSER



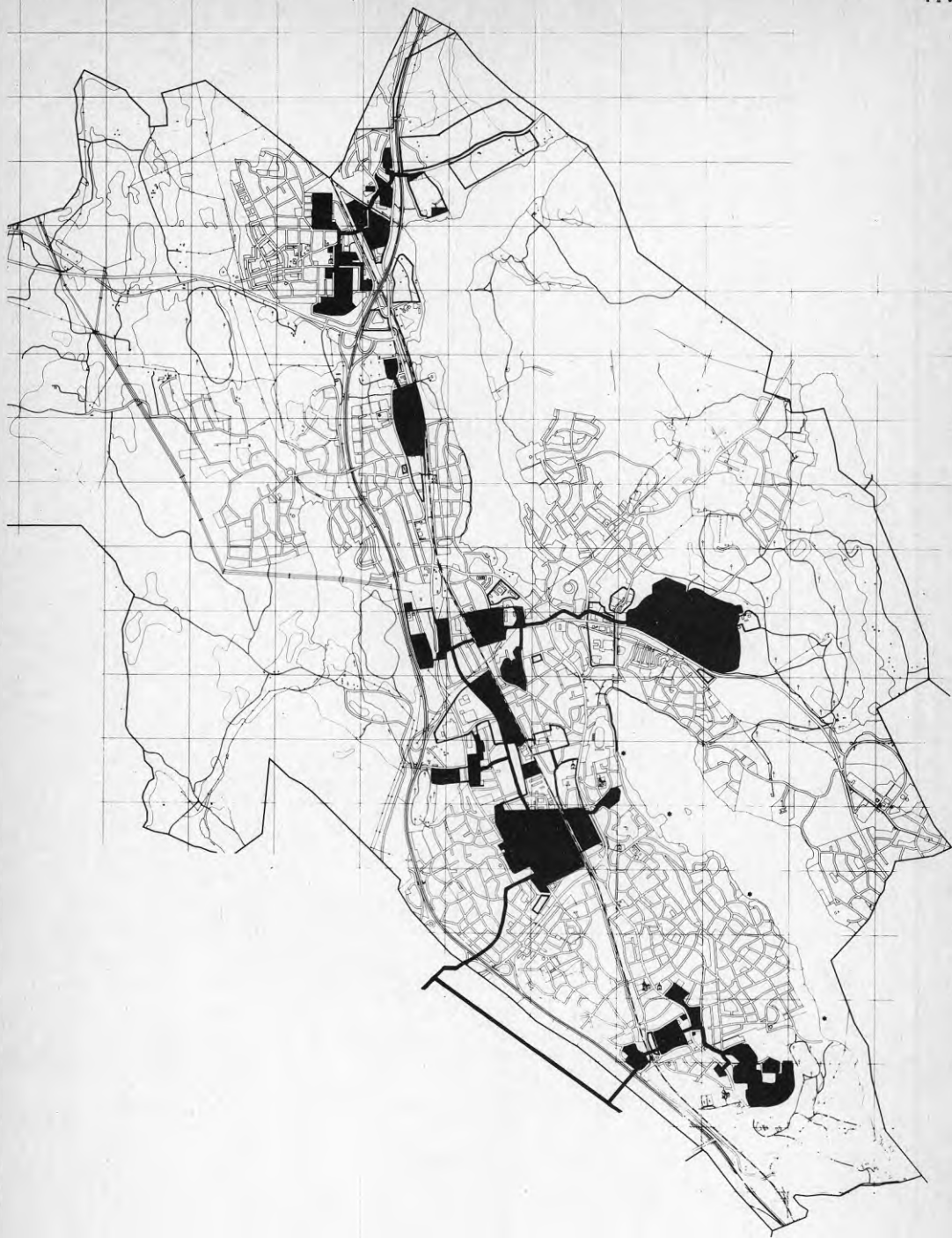


Fig 3.2 Fjärrvärmeförsörjda områden 1981 (svart) samt områden som planeras att fjärrvärmeförsörjas (inramade)

Under senare år har många oljeeldade villor konverterat till el (elpatron, elpanna). Antal villor med elvärme var:

1978	2941	1980	3304
1979	3141	1981	3605

Elvärmepannor med luftvärmepump inkopplad finns på ett 10-tal ställen. Denna typ kan bedömas öka eftersom de flesta installerade elvärmepannorna är förberedda för sådan inkoppling. Luftvärmepumparna användes för uppvärmning och varmvattenberedning under tider då uttemperaturen är tillräckligt hög.

Av installerade elvärmeanläggningar i villor och radhus 1981 hänför sig 75 anläggningar till nyproduktion och 226 till befintliga villor som övergick från olja.

Några få (4-5 st) ytjordvärme och bottensedimentvärmeanläggningar med värmepump finns inom kommunen.

3.4 Energiförbrukning

Det insamlade materialet har givit följande bild av energiförbrukningen i Sollentuna kommun, 1978/79, Sollentuna Värmeplan 1979 (1).

Total energiförbrukning (exkl motorbränslen och industrins oljeförbrukning för olika processer)	olja	570 GWh
	el	208 "
		778 GWh

Olja

Oljeförbrukningen inom kommunen 1978/79 var 46.500 m³ och från Stosebs fjärrvärmenät inköptes en energimängd motsvarande 10,000 m³ olja varför totala förbrukningen kan sägas ha varit 57.000 m³ eller 570 GWh.

Oljebberoendet uppgick 1978/79 således till ca 73 %.

Motsvarande oljebberoende är för landet totalt är 67 % (1979).

Av oljan användes 2450 m³ i anläggningar tillhörande energiverket, och 3000 m³ i lokala panncentraler i den kommunala förvaltningen.

1978/79 var 4700 bostadslägenheter och ca 730 villor och radhus anslutna till fjärrvärme. 4900 lägenheter och ca 5100 småhus samt ca 370.000 m² lokalytor uppvärmdes med olja via oljeeldade fastighetscentraler.

Enligt Statistiska Centralbyrån levererades 1980 till slutliga förbrukare i Sollentuna följande mängder petroleumprodukter:

21.000 m³ motorbensin
 6.000 m³ dieselbrännolja
 26.000 m³ eldningsolja 1
 19.000 m³ eldningsolja 2-5

Den av Sollentuna Energiverk 1980 från Hässelby - Akallanätet inköpta energimängden motsvarade 12.343 m³ olja (eldningsolja 4-5). Detta ger en total eldningsoljeförbrukning av ca 57.000 m³ för 1980. Siffrorna från Statistiska Centralbyrån är dock tämligen osäkra då olja som distribuerats genom återförsäljare ej alltid bokföres på rätt kommun.

Den av Sollentuna Energiverk inköpta mängden eldningsolja 4-5 uppgick 1980 till 7126 m³.

El

Elförbrukningen i kommunen har varit:

1978	208 GWh	varav till småhusuppvärmning	64 GWh
1979	219 "		62 "
1980	229 "		66 "
1981	254 "		

3.5 Planerad oljeavveckling

Genom samarbete med Stoseb har Sollentuna Energiverk möjlighet medverka i oljeavvecklingen dels genom kolgenererad värme i Hässelbyverket dels genom de elpannor på sammanlagt 75 MW som tages i drift i Akallaverket hösten 1982. Efter denna idrifttagning och ombyggnaden till ökad kolförbränning i Hässelby beräknas fjärrvärmeenergin på Akalla-Hässelbyområdet till 15 % vara oljebaserad, till 70 % kolbaserad och till 15 % elbaserad.

För Rotebro hetvattencentral utreds för närvarande 4 olika kompletterande alternativ till oljeeldningen:

1. Elpanneinstallation
2. Fastbränsleinstallation
3. Utnyttjande av spillvärme från Jästfabriken med värmepumpar
4. Kulvertförbindelse med Akalla-Hässelbyområdet

Utredningen bedöms föreligga under våren 1982.

3.6 Specifik kostnad för olika energiförsörjningssystem

Enligt ingenjörfirman Bergman & Co AB erhålles med de bränslepriser och anläggningskostnader som gäller okt 1981 följande produktionskostnader för energi:

E1	14-18 öre/kWh
Fjärrvärme oljeeldad hetvattencentral	18-20 "
koleldad hetvattencentral	13-15 "
Lokala panncentraler	20-35 "
Oljepannor i småhus	35-40 "
Större värmepumpar (kombinerat med oljepanna)	13-15 "
Jordvärmepump för villa	25-27 "

Kostnaden för soluppvärmning o d är svår att ange då dessa system är under utveckling och inte tillverkas kommersiellt. Systemen är f n betydligt dyrare än konventionell värmeproduktion men de kan vid sekelskiftet ev bli ekonomiskt konkurrenskraftiga.

4. ALLMÄN BESKRIVNING AV ENERGIFLÖDEN OCH TEMPERATURFÖRHÅLLANDEN I MARK OCH VATTEN

4.1 Energiinstrålning

Genom instrålningsmätningar har man god kännedom om den genomsnittliga instrålningen mot en horisontal yta, fig 4.1

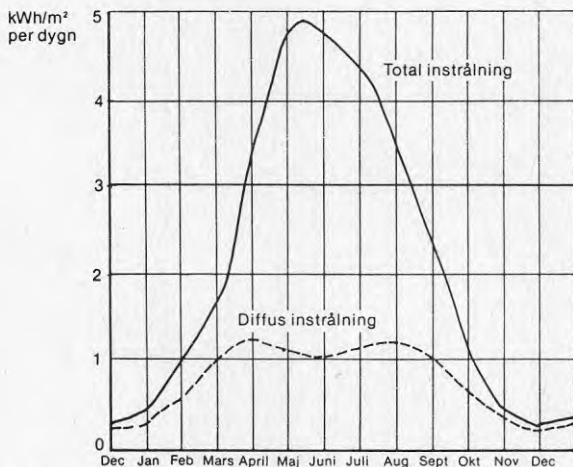


Fig 4.1 Genomsnittlig instrålning mot en horisontell yta. Totalvärde och andel diffust ljus.

Hur mycket av denna instrålning som upptages av mark, vatten och luft och hur mycket som återstrålar mot rymden är ett komplicerat problem och skall inte närmare beröras här. Totalt sker dock en viss nettoförlust av värme från jordytan. Den beräknade värmeavgivningen, kan genom det geotermiska flödet uppskattas till ca $0,5 \text{ kWh/m}^2$ och år.

Stora energitransporter sker dessutom genom de regionala varmluftinbrotten varvid värme från jordens varmare delar tillföres bl a Sverige som därigenom får ett i förhållande till breddgraden mildt klimat. Lufttemperaturen inverkar på värmeförlusterna från mark, bostäder, solfångare m m.

4.2 Temperaturförhållanden i mark

Temperaturen och därmed energiinnehållet i den översta markzonen växlar lagbundet med årstiden.

Detta kan illustreras med ett tvärsnitt genom jordskorpan, fig 4.2.

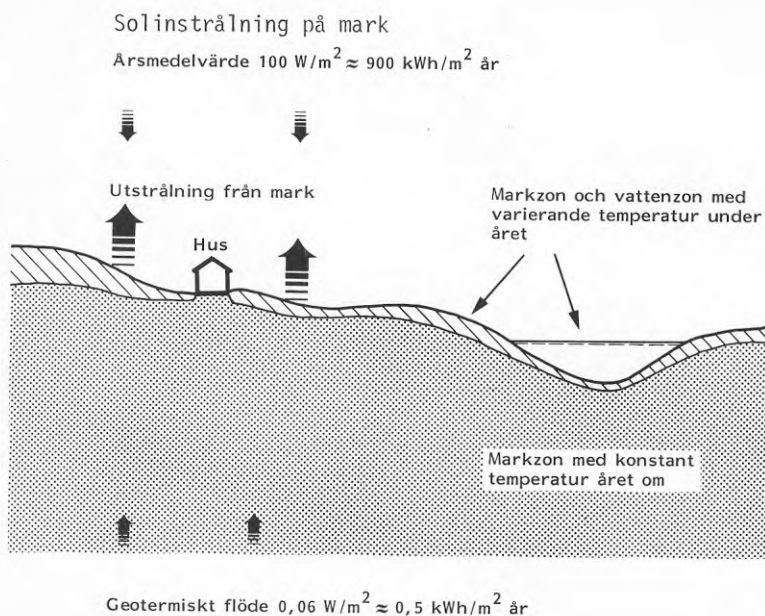


Fig 4.2 Temperaturförhållanden i mark

Under denna zon är temperaturen nära konstant året om men stiger mot djupet genom den geotermiska gradienten som i urberg uppgår till $10\text{--}15^\circ/\text{km}$.

Utgångstemperaturen vid markytan för denna gradient mot djupet är ortens årsmedeltemperatur. Markens och det ytliga grundvattnets årsmedeltemperatur är ungefär lika med luftens årsmedeltemperatur. För Sollentuna ligger denna temperatur kring 6°C (Barkarby $5,9^\circ\text{C}$).

Under markytan dämpas temperatursvängningarna starkt med ökat djup. Temperaturdämpningen varierar beroende på olika jord- och bergarters värmeledningstal och värmekapacitet. I fig 4.3 visas temperatursvängningarna under året på olika djup under markytan (Stockholm).

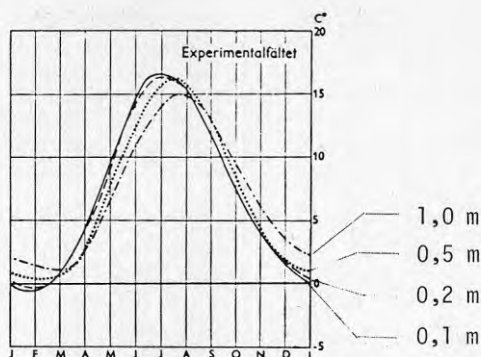


Fig 4.3 Temperaturen årliga variation på olika djup i jorden. Amplituden avtar med djupet och samtidigt inträffa extremerna vid allt senare tidpunkt.

På hösten är jorden varmare än luften genom att en del av sommarens värme lagrats i jorden. Det är denna lagring hos jordlagren som bl a utnyttjas vid uttag av värme i ytjordvärmesystem. Jorden kyls därvid under vintern till något under den naturliga vintertemperaturen och isbildningsvärmets utnyttjas i fuktig jord. När våren kommer medför solvärmens att detta värmeuttag kompenseras genom att jorden kring ytjordvärmeslingorna tar upp mer värme än omgivande jord gör. Efter endast någon veckas fördröjning har samma temperatur erhållits som i den naturliga omgivande jorden. Den typ av markkollector som ytjordvärmesystem utgör säges därför vara självladdande eller utgöra ett passivt system.

Vid värmeuttag ur sjövattnet, havsvattnet eller bottensediment sker på liknande sätt en automatisk återladdning under sommarperioden genom den cirkulation hos vattenmassan som temperaturstegringen åstadkommer på försommaren.

Tas värme ut under markens ytskikt, dvs under ca 2 m djup, sker återladdningen långsammare eftersom den höga sommartemperaturen genom dämpningen i marken ej når speciellt djupt.

4.3 Jämförelse mellan olika naturvärmekällor ur temperatur- och tillgänglighetssynpunkt

Vid ett allmänt införande av värmepumpar i villabebyggelse är värmekällornas uthållighet (tillgänglighet) under den kallaste delen av vintern av betydelse. Förmår inte naturvärmekällan leverera tillräckligt med värme måste reservvärmekällor i form av olja, el, biobränsle (ved) m m installeras. Ett allmänt införande av el som reservvärme medför ofördelaktig belastning på eldistributionsnätet om naturvärmekällan allmänt blir otillräcklig i ett område. Så blir t ex fallet om luft användes som värmekälla.

Om värmekällorna graderas från temperatursynpunkt vintertid erhålles följande lista med högsta temperatur överst.

- geotermisk värme
- bergvärme
- grundvattenvärme
- bottensedimentvärme
- sjövärme
- ytjordvärme
- luftvärme

De olika naturvärmekällornas temperaturnivåer illustreras med följande typkurvor enligt fig 4.5. Kurvorna förändras något vid uttag. Förändringen bestäms av förhållandet mellan uttag och värmekällornas storlek.

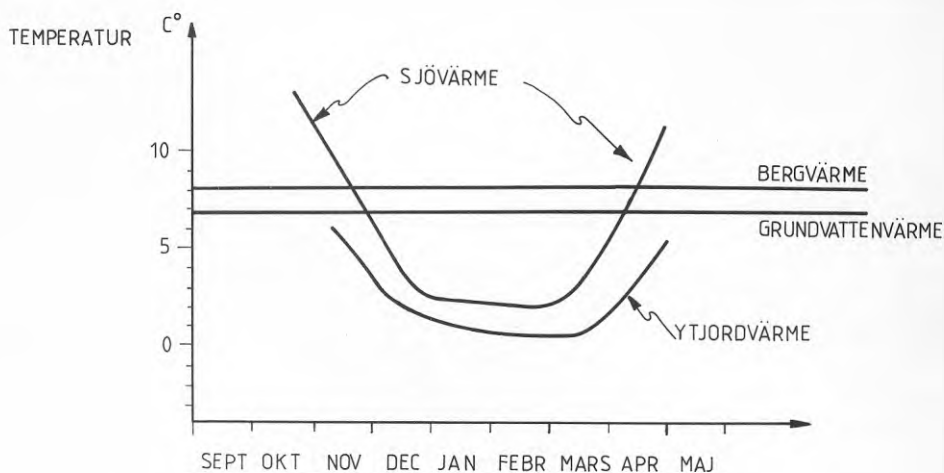


Fig 4.5 Temperaturnivåer hos olika naturvärmekällor. Typkurvor

Som framgår av temperaturkurvorna i fig 4.5 är grundvatten och "bergvärme" naturvärmekällor med praktiskt taget konstant temperatur året om. "Sjövärme" och "ytjordvärme" är däremot naturvärmekällor som har avsevärt lägre temperatur under den kalla årstiden.

En ekonomisk optimering av ett sjövärmesystem torde i de flesta fall resultera i en anläggningsstorlek som effektmässigt helt bestäms av den tillgängliga uttagbara energimängden under de fyra ä fem kallaste månaderna. Anläggningen kan med den så bestämda effekten uttaga värme året om men kan endast utnyttja en liten del av de mycket stora energimängder som sommartid finns inlagrade i sjövattnet.

Utnyttjande av sjövärme skulle dock kunna ökas väsentligt om det sommarvarma vattnet kunde lagras utan alltför stora temperaturförluster. Detta kan t ex ske i naturliga grundvattenmagasin eller efter temperaturhöjning i bergrum eller borrhålslager (2), (3).

Även för ytjordvärmen gäller att en anläggning effektmässigt styrs av förhållandena under de kallaste månaderna.

5. SOLLENTUNA KOMMUN. GEOLOGI

5.1 Geologisk översikt

Sollentuna har en geologi som liknar många andra kommuners belägna i mellansvensk urbergsterräng. En grusås (Stockholmsåsen) har en sträckning centralt genom kommunen, fig 5.1. Grus- och sandlagren i åsen är 30-50 m mäktiga. I södra delen av kommunen ligger större delen av grus- och sandlagren ovan grundvattenytan medan längs sjön Norrviken större delen ligger under grundvattenytan (ca 20 m). Berggrunden utgöres av urberg. Berget går i dagen inom stora områden. Västra delen av kommunen är mer jordtäckt än östra delen men jordmäktigheten överstiger sällan 20 m utanför grusåsen. Jordarterna utgöres förutom av grus och sand av morän och lera. Organiska jordlager förekommer i liten utsträckning.

5.2 Berggrund

Sollentunas berggrund består av två huvudbergarter dels en äldre förskiffrad mörk gnejsgranit (ursprungligen Uppsalagranit), dels en yngre rödaktig granit, fig 5.2. En variant av denna yngre granit är den grå Stockholmsgraniten som finns som gångar i huvudbergarterna. Den mörka gnejsgraniten dominerar berggrunden i västra delen av Sollentuna och den röda graniten östra delen av kommunen.

Underordnat förekommer pegmatitgångar och sedimentgnejs. Sedimentgnejsen är ofta något kvartsitisk och förekommer vid sydöstra kommungränsen och i västra Viby.

Förutom temperaturen är två faktorer i berggrunden av betydelse ur energisynpunkt, nämligen dels bergartens värmeledningstal dels dess sprickighet. På sikt kan även graniternas innehåll av radioaktivt uran, thorium och kalium få betydelse eftersom sönderfallet av dessa genererar värme. Tekniken att uttaga geotermisk energi ur urberg är dock ännu ej ekonomiskt konkurrenskraftig.

Av betydelse vid utnyttjande av berg för energiuttag är bergartens värmeledningstal. Högt kvartsinnehåll i bergarten ger ett högt värmeledningstal. Eftersom huvuddelen av Sollentunas berggrund är av granitisk natur ligger värmeledningstalet förhållandevis högt och mellan 3-4 W/m⁰C. Några bestämningar av värmeledningstal i Sollentunas berggrund finns ej utförda.

Bergets sprickighet har betydelse vid vattenuttag för energiutvinning och vid energilagring i bergrum eller borrhålslager.

Berggrunden utgör en mosaik av mer eller mindre hela bergarts-partier skilda åt av sprickor och sprickzoner. En markant större sprickzon utgör förkastningen längs Edsviken - Norrviken. Förkastningen delar Sollentuna i en östlig upplyftad bergig del och en västlig nedsänkt mer jordtäckt del, fig 5.2.



Fig 5.1 Stockholmsåsen inom Sollentuna kommun
Provpumpade vattentäkter

BERGGRUNDSKARTA ÖVER SOLLENTUNA

Efter SGU Ba 24

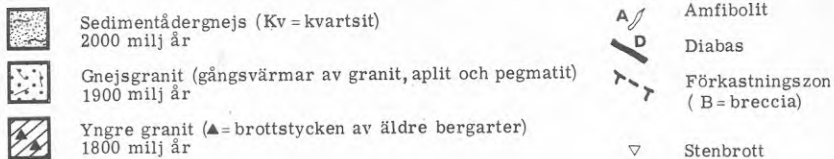
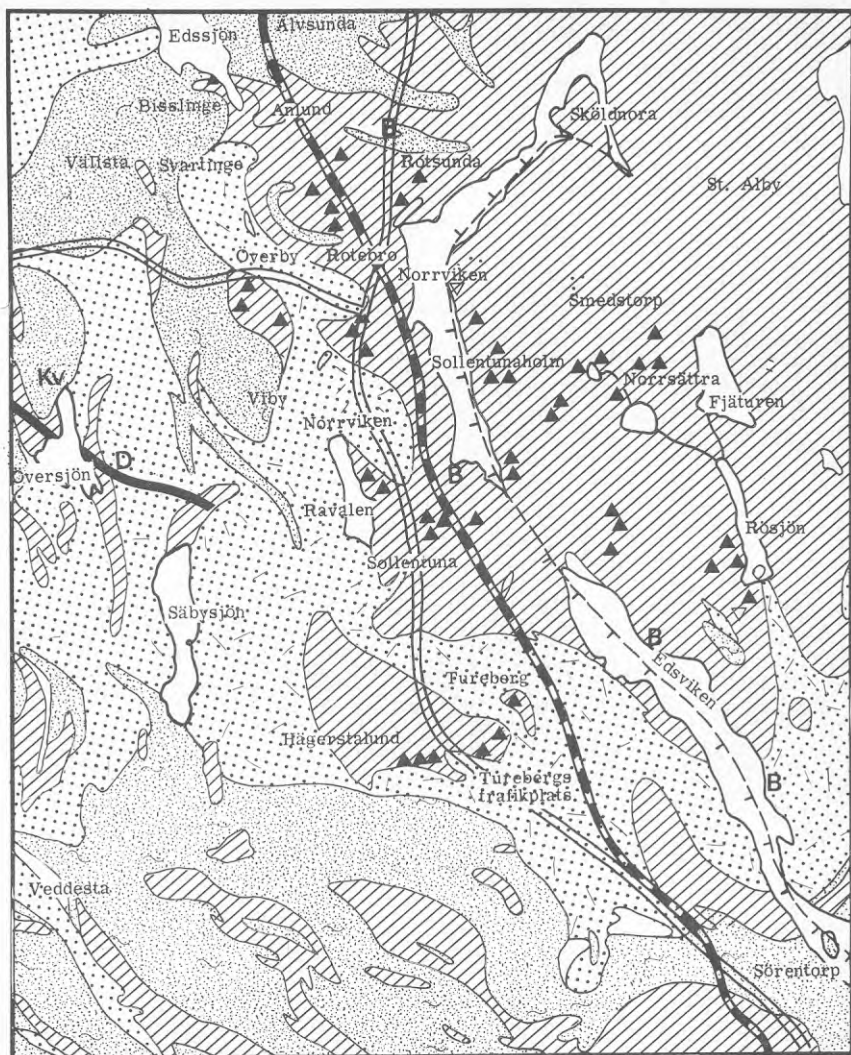


Fig 5.2

Inom kommunen finns nivåskillnader i urberget på upp till 100 m. Högsta punkten med fast berg utgöres av Törnberget på ca +70.

5.3 Jordarter

Jordtäcket är förhållandevis tunt varför berg ofta går i dagen. Berggrundens former framgår därför även i jordtäckt terräng.

Morän täcker som regel berget. Öster om Edsviken utgöres terrängen av huvudsakligen blockig berg-morän terräng. Naturvärmekällor i denna typ av terräng är grundvattenvärme eller bergvärme medan ytjordvärme är svårare att anlägga. Lokalt finns dock lerområden lämpliga för ytjordvärme.

Väster om Edsviken - Norrviken är terrängen lägre och jordarterna utgöres av sand, grus och lera på morän och berg. Stockholmsåsens grundvattenförande lager ger goda möjligheter till uttag av grundvattenvärme. I vissa delar av åsen finns även förutsättningar för energilagring.

Sand och grus lämpar sig mindre bra för ytjordvärme eftersom vattenhalten är låg i ytlagren. Lerområdena är däremot lämpliga. En utvärdering av ytjordvärmepotentialen har gjorts genom en genomgång av ytligt tagna jordprover i geotekniska utredningar och en beräkning av tillgängliga ytor genom besiktning av några olika typkvarter i kommunen.

5.4 Grundvattenförhållanden

Kommunens geologi utgöres av en äldre kristallin berggrund av huvudsakligen granit och av unga jordarter från den senaste nedisningen.

Grundvattenuttag av intresse från energisynpunkt kan göras från berggrunden och från sand- och grusavlagringar tillhörande Stockholmsåsen.

I berggrunden förekommer grundvatten i sprickor och sprickzoner. Vid brunnborrning i berg eftersträvas att träffa dessa sprickor med borrhålet. Mest frekvent förekommer vattenförande sprickor i ytberget. Möjligheterna att träffa på sprickor på större djup (> 100 m) är dock ej helt utsiktslösa.

Under mitten av 1920-talet borrades brunnar i främst gamla Tureberg på västra sidan om Edsviken. Brunnarna är som regel endast 15-30 m djupa. De är försedda med ett stålrör till berg och där efter borrade i berget med en diameter på 100 mm. Erhållen vattenmängd ligger som regel under 300 l/tim. Enstaka brunnar ligger kring 5000-6000 l/tim. Det senare är tillräckligt för att förse 2-3 villor med värme med hjälp av en värmepump. Även andra förutsättningar måste dock vara uppfyllda som t ex möjlighet till vattenavledning och avsaknad av risker för skador av grundvattensänkning.

Sedan vattenledningar från gemensamma grundvattentäkter i grusåsen anlagts minskade den enskilda brunnborrningen.

Enstaka borrade och grävda brunnar påträffas emellertid i hela kommunen. På den östra sidan om Edsviken där en stor del av bebyggelsen tidigare utgjort sommarstugebebyggelse finns en brunn på nästan varje tomt. I samband med projektering och utbyggnad av Käppalatunneln och till den anslutande avloppstunnlar har inventeringar gjorts av villaområdenas brunnar. Avläsning av hur vattennivån i brunnarna påverkats har även utförts under ett antal år. En närmare genomgång av inventeringsmaterialet har ej varit möjligt att göra inom detta uppdrags ram. Allmänt kan dock sägas att tunnlar påverkat grundvattennivån i brunnarna tämligen litet. Tunnlarna utgör därför ej något hinder för anläggning av energibrunnar utom i de fall tunnlar ligger direkt under en fastighet.

Uppskattningsvis finns 500-1000 enskilda brunnar i Sollentuna. Endast några procent av dessa är dock så djupa eller vattenförande att de kan utnyttjas som värmekälla för värmepumpar. Många tekniska system är dock under utveckling varför även grunda brunnar i framtiden kanske kan visa sig ha ett värde från energisynpunkt. De vid Sveriges geologiska undersökning (SGU) registrerade brunnarna redovisas på fig 5.4.

En bearbetning av de maximala kapaciteter som uppgivits av brunnborrarna ger den på fig 5.5 redovisade fördelningen. Nämnas bör att 88 % av brunnarna är grundare än 50 m. Kapaciteten anges i liter per timme (l/h).

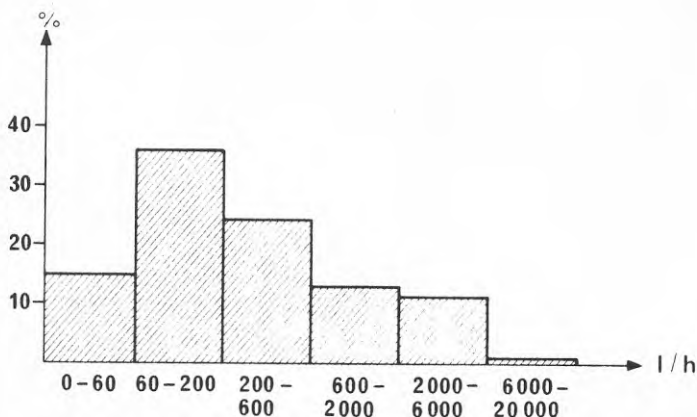


Fig 5.5 Fördelningen av maximala kapaciteter hos 133 bergborrade brunnar i Sollentuna

Brunnar registrerade vid Brunnarkivet på SGU

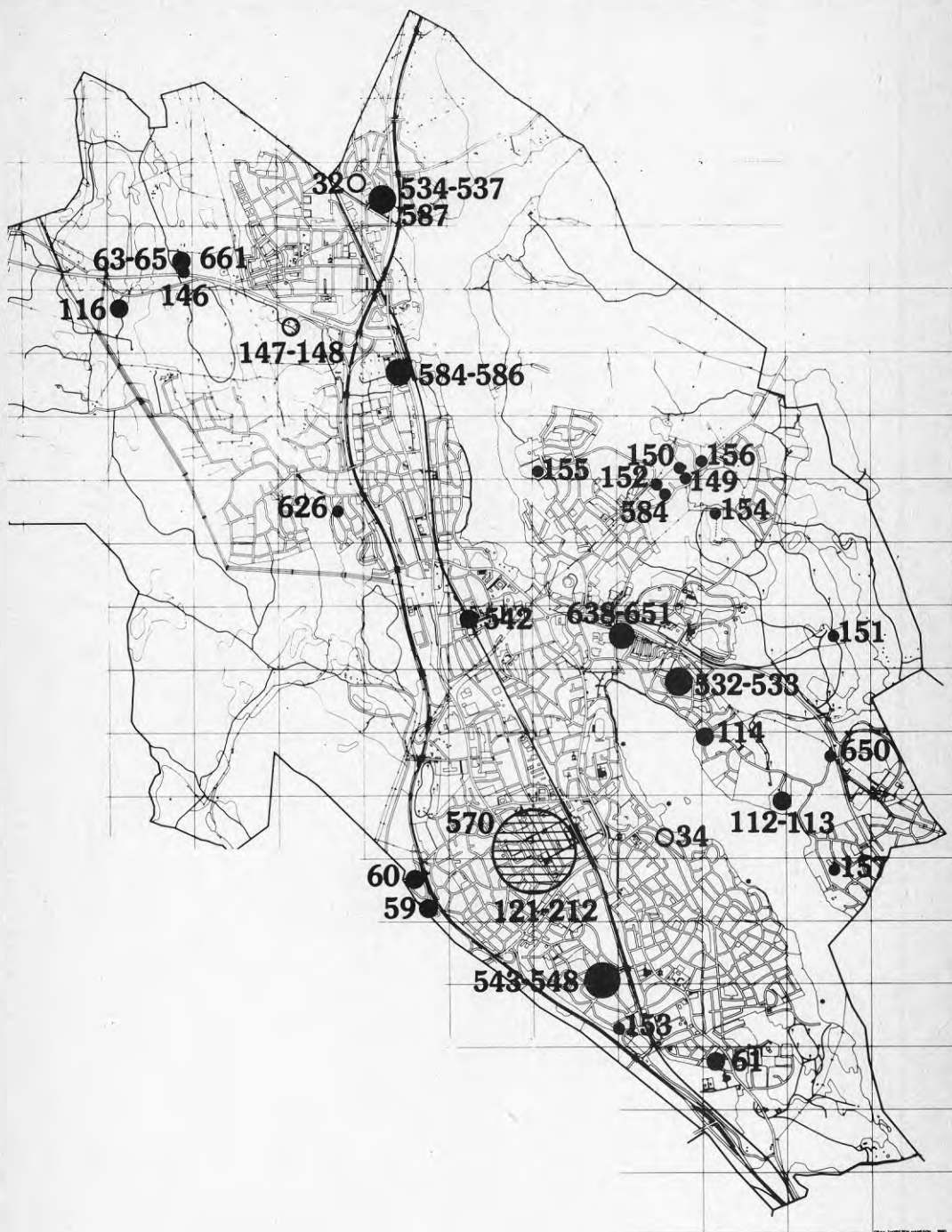


Fig 5.4 Brunnar med registreringsnummer i SGU:s brunnarkiv

I bergborrade brunnar med hög kapacitet har man möjlighet att även tillgodogöra sig grundvattnet i jordlagren. Berggrundens spricksystem dränerar därvid ovanliggande jordlager. På samma sätt dränerar bergtunnlar som korsar spricksystem i berggrunden ovanförliggande jordlager. Den totala grundvatteninläckningen till bergtunnlarna i Sollentuna kan uppskattas till storleksordningen 10-20 l/s. Eftersom tunnlar huvudsakligen går fram i områden med fasta jordarter har några större sättningsskador på bebyggelse orsakade av grundvattensänkning ej uppstått i Sollentuna.

I jordlagren förekommer rikligt med grundvatten i främst grus- och sandavlagringar. Grusåsen genom Sollentuna har undersökts eller utnyttjats för vattentäktsändamål på följande platser och med nedanstående kapaciteter (se även fig 5.1).

Skansvägen vid Edsviken	13 l/s
Sollentunavallen	8 "
Edsbergs park (uttag för bevattning o bäck i parken)	5 "
Norrvikens sydspets (tidigare Djursholms vattentäkt)	17 "
Norrvikens villastad	3,5 "
Jästfabriken	} 84 "
Rotsunda (Borgen)	

Vattentäkter med grundvattenytan "reglerad" av Edsviken

Vid de fyra vattentäkterna Skansvägen, Sollentunavallen, Edsbergs park och Norrvikens sydspets måste uttaget begränsas om inte bräckt vatten från Edsviken skall infiltrera i grusåsen.

Vattentäkten i Edsbergs park består av en schaktbrunn med spetsar till grövre lager nedslagna i botten. Vattentäkten utnyttjas dels till bevattning, dels till att förse bäcken genom parken med vatten.

Vattentäkten vid Skansvägen har föråldrad utrustning men underhålls som reservvattentäkt av Sollentuna kommun.

Vattentäkten vid Norrvikens sydspets är nedlagd. Provpumpningsplatsen vid Sollentunavallen har aldrig utbyggts.

Vattentäkter med grundvattenytan "reglerad" av Norrviken

Grundvattenmagasinet vid Norrviken fylls på vid höst- och vårfloed av ytvatten som infiltrerar längs Norrvikens strand. Under perioder med lägre vattenstånd blir infiltrationen starkt begränsad vilket kan avläsas genom att sjön Norrviken ligger 0,7 - 0,8 m högre än vattennivån i grundvattenmagasinet.

Grundvattenmagasinet kan beräknas ha en total volym av sand, grus och vatten av ca 10 milj m³. Det har en bredd av ca 150 - 300 m och en längd av 4 km och ett grundvattendjup av ca 15 m. På grund av att risk för sättningar föreligger vid stark avsänkning av grundvattenytan kan magasinet endast tillåtas variera mellan nivåerna +2,5 och +4,5. Nivån +4,5 utgör en extrem högvattenyta. Normalt ligger högvattenytan på +4,0. Magasinet har vi samtidig pumpning i Djursholms, Jästfabrikens och Rotsunda vattentäkterna med 17, 29 och 55 l/s varit avsänkt till nivån ca +2,0.

Som tidigare nämnts regleras grundvattenståndet i grusåsen vid Norrvikens sydspets av Edsvikens vattenyta. Det är tveksamt om man vid pumpning vid Norrvikens sydspets erhåller någon tillrinning från grundvattenmagasinet vid Norrvikens villastad.

Av vattentäkterna utefter Norrviken är Jästfabrikens vattentäkt och Rotsundavattentäkten fortfarande i drift.

Jästfabrikens vattentäkt utnyttjas för uttag av kylvatten medan Rotsundavattentäkten tillhörande Vattenverksförbundet utgör reservvattentäkt.

Grundvattentillgångarna och grundvattenmagasinen i grusåsen kan utnyttjas på olika sätt dels för värmepumpning på naturligt grundvatten dels för värmepumpning på med olika sätt temperaturförhöjt grundvatten.

En plats där geologin erbjuder förutsättningar för värmelagring är i åsavsnittet mellan Norrviken och Edsviken med medelvattenytorna +3,68 resp -0,3, fig 5.1 Vid Norrvikens sydspets skulle sommarvarmt Norrvikenvatten kunna infiltreras i grusåsen och höja grundvattentemperaturen på i det 1,2 km långa grundvattenmagasinet mellan Norrviken och Edsviken.

Uttag av temperaturförhöjt grundvatten för värmepumpning skulle kunna ske i brunnar anlagda norr om Edsbergs park.

6. NATURVÄRMEKÄLLOR OCH DERAS TEKNISKA ENERGIPOTENTIAL INOM SOLLENTUNA KOMMUN

6.1 Orientering

De naturvärmekällor som inom Sollentuna kommun har studerats är sjöar, ytjord, grundvatten och berggrund. Även utnyttjande av avloppsvärme har behandlats medan däremot artificiella solfångare och värmeuttag ur luft ej har omfattats av studien.

För en översiktlig bedömning av naturvärmekällornas tekniska potential kan begreppet specifik uttagskapacitet användas definierat som uttagbar energi per m^2 och år. Följande schablonvärden har använts i olika utredningar:

Sjöar	10 kWh/ m^2 och år
Bottensediment	20 "-"
Ytjord, lera	20-30 "-"
Ytjord, sand o morän	10-20 "-"
Grundvatten, grus o sand	1 kWh/ m^2 tillrinningsomr. o år

Verkliga, från fall till fall bestämda uttagsvärden är i första hand beroende av den betraktade värmekällans specifika egenskaper. Sådana egenskaper kan för sjöar t ex vara vattendjup och vattenomsättning, för ytjord t ex lerans vattenhalt etc. Även uttagsystemets typ och utformning kan väsentligt påverka den specifika uttagskapaciteten.

Den totala tekniska potentialen erhåller genom att multiplicera uttagskapaciteterna med motsvarande ytor. Endast en mindre del av den så beräknade tekniska potentialen kan dock betecknas som tekniskt-ekonomiskt utnyttjningsbar. Hur stor del beror på värmekällornas närhet till bebyggelse, uttagskostnader etc. Se avsnitt 7.4.

6.2 Sjövärme

6.2.1 Allmänt

Under sommarhalvåret lagras avsevärda värmemängder i sjöarnas vattenvolymer och sedimentbottnar.

Under hösten sjunker dock vattnets temperatur snabbt fram till isläggningen. Isen bidrar sedan till termisk isolering och till att förhindra vindomblandning av vattenmassorna. Under vintern är temperaturen i vattnet relativt konstant eller t o m svagt stigande på grund av värmeavgivning från bottensedimenten.

Sjövattnets lägsta temperatur kan gå ned till $1 \text{ ä } 2^{\circ}\text{C}$ med stora skillnader mellan olika år.

I bottensedimenten sjunker temperaturen under hösten betydligt långsammare än i vattnet och är under vintern flera grader högre än vattentemperaturen. Uttagssystemen, speciellt vid grunda sjöar, bör därför utformas så att sedimentvärmets tillgodogöras.

6.2.2 Teknik för värmeuttag ur sjöar

För värmeuttag från sjöar finns i princip tre olika system utvecklade. Fig 6.1.

- Öppet system (utan isbildning). Vatten pumpas direkt till värmepumpens förångare. Det avkylda vattnet återföres så att det ej påverkar temperaturen hos det inmatade vattnet. En temperatursänkning till strax över 0°C är möjlig. Speciellt vid små temperaturskillnader är intagsanordningarnas utformning av stor betydelse.
- Slutet system med kylslangar. Slangarna förankras på botten eller grävs ner i bottensedimentet. Möjliga effektuttag är 20-40 W/m slang. Genom frysning av området närmast slangarna kan isbildningsvärmets tillgodogöras. Frysningen kan dock av såväl tekniska som ekologiska skäl inte drivas för långt. Vid frysning måste slangarna vara förankrade för att motverka den lyftkraft som fastfusen is åstadkommer.
- Slutet system med värmeväxlare. Värmeväxlingen sker i ett tubknippe förbi vilket vatten cirkuleras med hjälp av strömbildare (propellerpump).

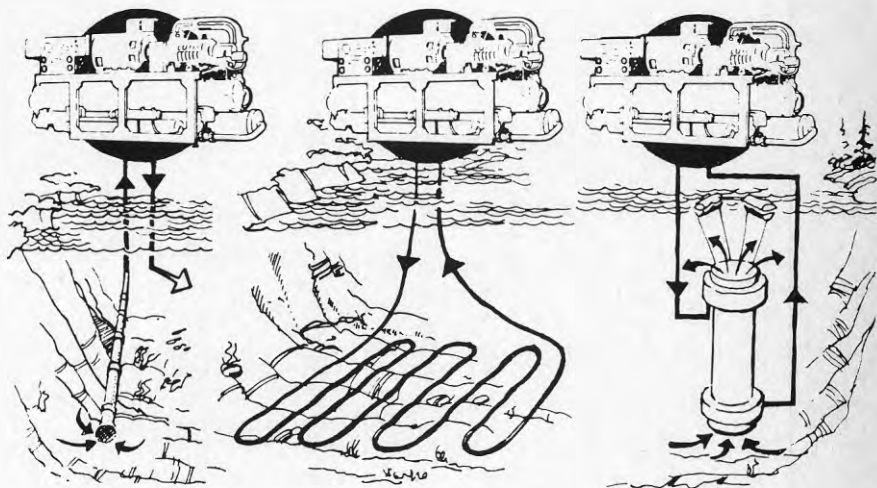


Fig 6.1 Olika värmeväxlarpinciper vid utnyttjande av ytvatten och bottensediment som värmekälla. Ur "Värme i jord, berg och vatten" (2).

Val av uttagsteknik får avgöras från fall till fall. I grunda sjöar med endast ett tunt vattenlager mellan botten och istäcket torde dock ett slangsystem i allmänhet vara att föredra.

6.2.3 Sjöar inom Sollentuna kommun

Åtta sjöar är helt eller delvis belägna inom Sollentuna kommun. Fig 6.2. Även Edsviken, som är en del av saltsjön har härvid medräknats.

De sjöar som med hänsyn till värmeutvinning har det bästa läget relativt existerande och planerad bebyggelse är Edsviken, Norrviken och Ravalen.

Norrviken och Edsviken har på grund av storlek och läge med tanke på värmeuttag ägnats särskilt intresse i studien.

6.2.4 Norrviken

Allmänt

Norrviken är till största delen belägen inom kommunens gränser. Dess yta uppgår vid medelvattenstånd till 262 ha och motsvarande volym är ca 14 Mm³. I den södra delen av sjön finns två djuphålor med djup överstigande 12 m. De är skilda åt av en låg tröskel på djupet 10,9 m. Från söder grundar sjön upp successivt och i höjd med utloppet vid Rotebro är djupet ca 7 m. I den långa smala delen av sjön norr om utloppet fortsätter uppgrundningen och i norr är största djupet ca 3,5 m.

Arealer och vattenvolymer belägna under vissa djup är sammanställda i tabellen nedan.

Djup m	Area ha	Vattenvolym Mm ³
0	262	13,9
2	220	9,0
4	143	5,5
6	100	3,1
8	66	1,4
10	36	0,4
12	3	0,01

Tab 6.1 Norrviken. Arealer och vattenvolymer under olika djup.

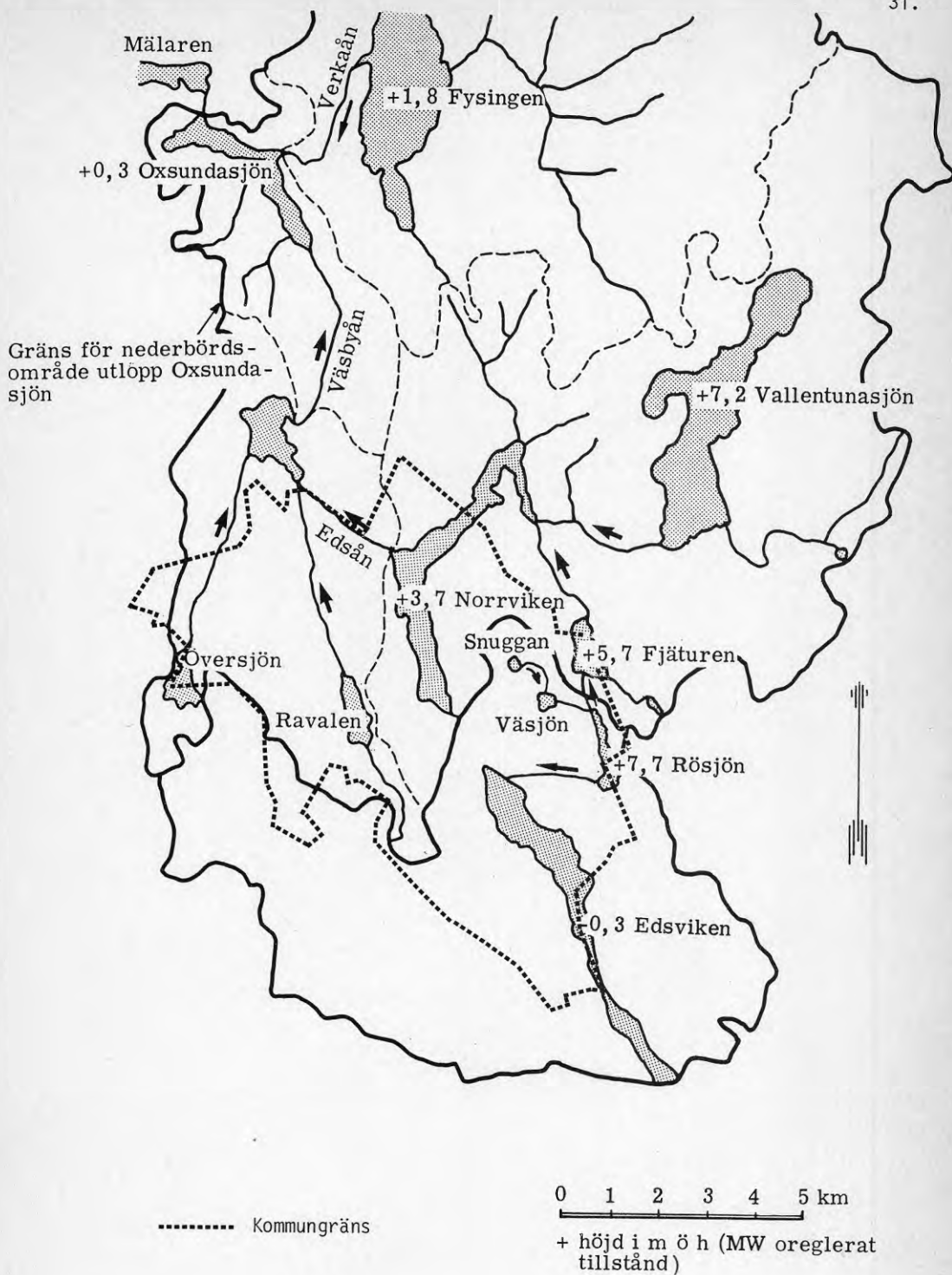


Fig 6.2 Ytvattensystem kring Sollentuna kommun

Vattenvolymens energiinnehåll

Limmologiska Institutionen i Uppsala har utfört temperaturmätningar i Norrviken under åren 1969 t o m 1976. Mätningarna har utförts i den nordligaste av de två djuphålorna i sjöns södra del där maxdjupet uppgår till drygt 12 m. Det visar sig i normalfallet att bottenvattnet når sin högsta temperatur i september då temperaturen är mellan 10 och 16°C med ett medelvärde under mätåren på ca 13°C. Under hösten kyls hela sjöns vattenvolym ner under ombländning vilket innebär att temperaturen är i stort densamma på alla djup.

Ett kylvattenutsläpp (varmvattenutsläpp) finns vid Jästfabriken. Det uppgår till ca 5000 m³/dygn av ca 20^o vatten. Värmepumpning på detta vatten planeras. Ett upphörande av kylvattenutsläppet har ej bedömts påverka förutsättningarna för energiuttag ur Norrviken på något avgörande sätt.

I november före isläggnigen har temperaturen normalt sjunkit till +4°C. Isläggnigen äger vanligen rum i andra hälften av november.

Från isläggnigen till islossningen i april kyls vattnet ner till ett djup av ca 2 m (i ett fall ända ner till drygt 8 m) till temperaturer under +2°C. Djupare beläget vatten har en temperatur mellan +4°C och +2°C under vintermånaderna december t o m mars.

I april uppnår hela vattenmassan på nytt +4°C och temperaturen stiger därefter hastigt.

Något skarpt temperatursprångskikt utvecklas sällan men man kan skönja ett svagt markerat språngskikt som sjunker mot botten under sommarens gång för att i september ha helt försvunnit.

Medelvärden av sjöns energiinnehåll över 0°C i form av s k sensibelt värme och motsvarande medeltemperaturer för sjöns hela vattenvolym respektive av volymerna belägna under 6, 8 resp 10 m djup framgår av tabell 6.2.

Månad	hela sjön volym 13,9 Mm ³		djup 6 m volym 3,1 Mm ³		djup 8 m volym 1,4 Mm ³		djup 10 m volym 0,4 Mm ³	
	oC	1000 MWh	oC	1000 MWh	oC	1000 MWh	oC	1000 MWh
Sept	14,8	238	14,4	52	14,5	23,5	13,2	6,1
Okt	9,7	157	9,7	35	10,0	16,3	9,7	4,5
Nov	4,4	71	4,4	16	4,5	7,3	4,3	2,0
Dec	2,0	33	3,0	11	3,4	5,5	3,7	1,7
Jan	1,8	29	2,9	10	3,2	5,2	3,5	1,6
Febr	2,0	32	3,0	11	3,5	5,6	3,7	1,7
Mars	2,2	35	3,3	12	3,6	5,9	3,9	1,8
Apr	3,7	60	4,2	15	4,3	7,0	4,3	2,0

Tabell 6.2 Norrvikens energiinnehåll i form av sensibelt värme i vattnet (över 0°C).

I praktiken är det knappast möjligt att sänka temperaturen i hela sjöns vattenmassa till 0°C.

Energiinnehållet i sjöns vatten har därför även beräknats utgående från en sänkning av temperaturen till +1°C. Denna energimängd kan antagas bättre svara mot vad som är möjligt att tillgodogöra sig med värmepumpsteknik. Energiinnehållet redovisas i nedanstående tabell 6.3.

Månad	hela sjön	djup 6 m	djup 8 m	djup 10 m
	volym 13,9 Mm ³	volym 3,1 Mm ³	volym 1,4 Mm ³	volym 0,4 Mm ³
	1000 MWh	1000 MWh	1000 MWh	1000 MWh
Sept	222	48	22	5,6
Okt	141	31	14,7	4,0
Nov	55	12,4	5,7	1,5
Dec	17	7,4	3,9	1,2
Jan	13	6,4	3,6	1,1
Febr	16	7,4	4,0	1,2
Mars	19	8,4	4,3	1,3
Apr	44	11,4	5,4	1,5

Tabell 6.3 Norrvikens energiinnehåll i form av sensibelt värme över +1°C.

Energi ur bottensedimenten

Några mätningar av bottensedimentens temperatur finns såvitt känt inte i Norrviken.

Temperaturmätningar av sjöns vatten på olika djup antyder att bottensedimenten är i kontakt med relativt varmt vatten under långa perioder under året vilket i sin tur borde medföra att avsevärda värmemängder hinner tränga ner i sedimenten.

I nedanstående tabell 6.4 visas medelvärdet av de tidslängder som vattentemperaturen under ett år överstigit vissa angivna värden på olika djup. Medelvärdena baseras på 8 års mätningar 1969-1976.

Djup m	Area km ²	Tid i månader som vattentemperaturen överstigits					
		>20°C	>18°C	>16°C	>14°C	>12°C	>8°C
2	2,2	0,8	1,9	3,0	3,7	4,3	5,3
4	1,4	0,3	1,4	2,6	3,3	4,1	5,3
6	1,0	0,1	0,9	2,1	3,1	3,9	5,3
8	0,66		0,1	1,1	2,3	3,3	5,3
10	0,36			0,1	1,2	2,2	5,0
12	0,03					1,2	4,9

Tabell 6.4 Varaktighet av olika vattentemperaturer vid olika djup.

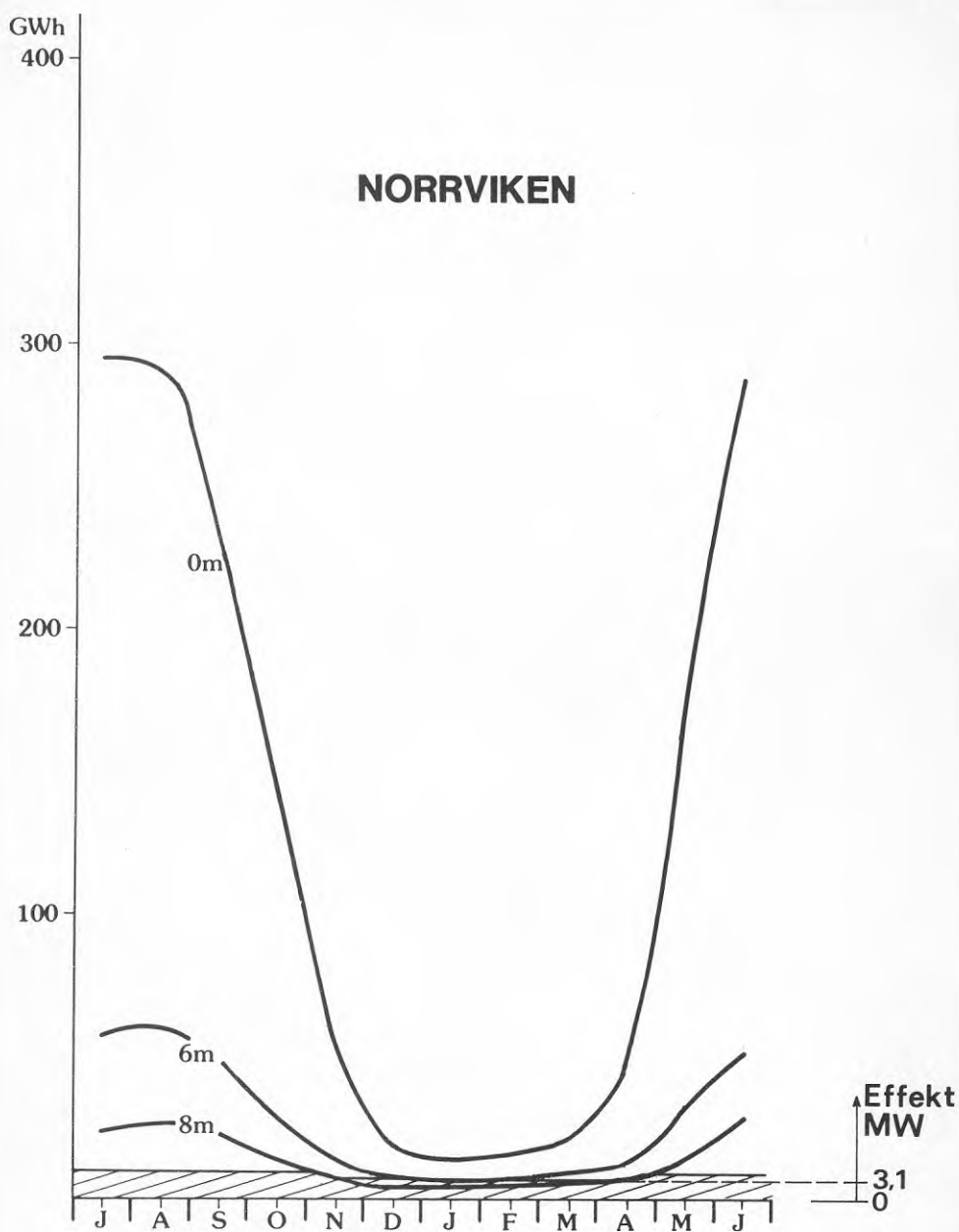


Fig 6.3 Energiinnehåll i form av sensibelt värme över $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$
 Kurvorna visar energiinnehållet i vattenvolymerna under
 angivet djup för perioden 1969-1976.
 Det streckade området visar ett energiuttag som
 dimensionerats efter vinterförhållanden.

I sjön Velen, (Skaraborgs län), vilken har ungefär samma djupförhållanden som Norrviken, har såväl sedimenttemperaturer som vattentemperaturer uppmätts (5). De i Velen uppmätta vattentemperaturerna överensstämmer relativt väl med motsvarande temperatur i Norrviken varför det förefaller acceptabelt att anta att även sedimenttemperaturerna är jämförbara.

I Velen varierar temperaturen under året i sedimenten ned till ett djup av 3 till 4 m. På denna nivå är temperaturen relativt konstant ca 7°C.

Sedimentytans temperatur sjunker som lägst till ca +4°C. Om bottenvattnets temperatur genom värmeuttag kan kylas så mycket att sedimenttemperaturen vid botten sänkes med 2°C dvs ned till +2°C i stället för de normala +4°C skulle en relativt stor värmemängd tillföras vattnet utöver vad som normalt avges från sedimenten.

Detta extra tillskott från sedimenten vid en påtvingad temperatursänkning av bottenvattnet med 2°C kan uppskattas till ca 1,7 kWh/m² bottenyta.

Vid en påtvingad temperatursänkning av 3°C dvs till +1°C kan det extra tillskottet uppskattas till ca 2,6 kWh/m².

Djup m	Area km ²	E-tillskott (+2°C) 1000 MWh	E-tillskott (+1°C) 1000 MWh
0	2,62	4,5	6,8
2	2,20	3,7	4,7
4	1,43	2,4	3,7
6	1,00	1,7	2,6
8	0,66	1,1	1,7
10	0,36	0,6	0,9
12	0,03	0,05	0,08

Tabell 6.5 Energimängder som tillföres vattnet från sedimenten vid en påtvingad temperatursänkning av bottenvattnet till +2°C resp +1°C.

Energiuttag

Energinnehållet i sjöns vatten är relativt konstant under månaderna december t o m mars med ett svagt markerat minimum i januari. Det konstanta energiinnehållet innebär att det under vintermånaderna då sjön är isbelagd råder balans mellan avgiven och tillförd energi. Den tillförda energin kommer huvudsakligen från bottensedimenten.

En påtvingad temperatursänkning av sjöns vatten skulle dels öka energitillförseln underifrån dels något minska värmeavgivningen uppåt.

Det finns ännu inget generellt användbart sätt att beräkna vilka energimängder som kan uttagas ur en sjö. Såsom exempel på faktorer som spelar in kan nämnas; metoden för energiuttag, tillåtliga lägsta temperaturer i vatten och sediment, vattenströmmar orsakade av pumpning och temperaturförändringar etc. Uppskattningen av uttagbar energi måste således baseras på antaganden om hur sjön kommer att reagera för ett visst uttag.

Energiuttag, öppet system

Om man antar att vatten och bottnar belägna under djupet 6 m kommer att påverkas av energiuttaget fås vissa begränsningar. Vattenvolymen under 6 m är $3,1 \text{ Mm}^3$ eller ca 22 % av sjöns hela volym. Bottenarean under 6 m är $1,0 \text{ km}^2$ vilket motsvarar 38 % av hela bottenarean.

Energiinnehållet hos sjöns vatten under perioden december t o m mars är enligt tabell 6.3 relativt konstant och motsvarar minst 7400 MWh under 6 m djup och över $+1^\circ\text{C}$. Det extra energitillskottet från bottensedimenten motsvarande en påtvingad temperatursänkning av 2°C (från naturlig temperatur till $+1^\circ\text{C}$) beräknat på 1 km^2 kan uppskattas till ca 1700 MWh. Det totala, utnyttjningsbara energiinnehållet uppgår till 9100 MWh.

Sjöns energiinnehåll i december synes vara relativt oberoende av energiinnehållet i november och de beräknade 9100 MWh kan därför troligen tas ut under december t o m mars dvs under 4 månader. Det genomsnittliga effektuttaget under denna period skulle då kunna uppgå till 3,1 MW. Under resten av året skulle inte i första hand vattentemperaturerna innebära en begränsning för möjligt effektuttag.

Energiuttag, slutet system med kylslingor

Vid energiuttag med hjälp av kylslingor kommer både bottensedimenten och bottenvattnet att avge värme till glykollösningen i slangarna. Det kyllda bottenvattnet kommer att stiga uppåt under blandning med ovanför liggande vatten och efter hand också ersätts av varmare och tyngre bottenvatten från omgivningen som kommer att längs botten rinna ner i djuphålan. Detta inströmmade vatten kommer troligen i sin tur att gradvis ersättas av kallare vatten från högre nivåer som därvid tar upp värme från sedimenten. Det skisserade funktionssättet innebär alltså energiuttag från till allra största delen vatten i en djuphåla varvid kylt vatten stiger uppåt och ersätts av varmare bottenvatten som transporterar in värme från sedimentbottenarna på högre nivåer.

Antages att man väljer att lägga ner slingor på botten dimensionerande för att ta ut t ex 3 MW erfordras med ett effektuttag på 30 W/m slang en total slanglängd på 100.000 m. Lägges slangarna med ett inbördes avstånd av 1 m utnyttjas alltså en bottenyta på 100.000 m^2 . Detta motsvarar t ex ca 10 % av bottenarean under 6 m djup.

6.2.5 EdsvikenAllmänt

Edsviken har en längd av ca 8,5 km och en bredd som varierar mellan 200 till 700 m. Vid Stocksundet ut mot Lilla Värtan är bredden endast ca 100 m.

Vattendjupet inne i viken är 8-12 m med undantag för tre djuphålur med djup mellan 16-20 m. I sundet ut mot Lilla Värtan finns en tröskel på nivån -6,5 m. Denna tröskel har stor betydelse för vattenomsättningen inne i viken.

I tabell 6.6 redovisas samhöriga värden på djup, area och volym.

Djup m	Area ha	Volym Mm ³
0	370	28,7
3	323	18,2
6	240	9,7
9	140	4,0
12	51	1,2
15	15	0,3
18	5	0,1
20	0	0

Tabell 6.6 Edsviken. Area och volym under olika djup.

Den naturliga vattenomsättningen i Edsviken har blivit föremål för omfattande utredningar (6), (7). Nedan sammanfattas sådana faktorer som bedömes ha betydelse för vikens potential som energiresurs.

Under större delen av året är vattnet i viken densitetsskiktat med ett densitetssprångskikt nära i höjd med tröskelnivån. Ovanför detta språngskikt omsätts vattnet dels av tillrinningen från vikens eget avrinningsområde dels av in- och utströmning genom Stocksundet p g a vindpåverkan och vattenståndsvariationer i Lilla Värtan. Under tröskelnivån sker den naturliga omsättningen så gott som enbart under hösten då densitetsskillnaden mellan yt- och bottenvatten tillfälligt blivit utjämnad. Bottenvattnet ersätts härvid med saltare vatten ifrån Lilla Värtan. Efter omblandning och utbyte av bottenvattnet återbildas densitetsskiktningen och hindrar på nytt vattenutbytet under tröskelnivån.

Ur energisynpunkt får den begränsade vattenomsättningen i viken stor betydelse eftersom inget energitillskott i form av inströmmande varmt bottenvatten äger rum under vintersäsongen. Vattenvolymen under tröskelnivån är alltså att betrakta som ett värmelager som återladdas endast en gång per år.

Vattenvolymens energiinnehåll

Edsvikens potential som energikälla under vinterperioden är förhållandevis liten sett i relation till vikens storlek. Under naturliga förhållanden sjunker temperaturen i vattnet ovanför tröskelnivån i Stocksundet till +1°C och lägre under vintern. Det finns således små möjligheter att tillgodogöra sig någon energi ur denna vattenvolym.

Aven bottenvattnet uppvisar låga vintertemperaturer med värden mellan +2 och +3°C.

På samma sätt som för Norrviken har Edsvikens energiinnehåll i form av sensibelt värme beräknats dels räknat från 0°C dels från +1°C. Beräkningarna är baserade på mätdata från perioden augusti 1970 till månadsskiftet maj/juni 1971. Nedpumpning av syrerikt ytvatten hade då ej påbörjats i Edsviken. Resultatet av dessa beräkningar finns sammanfattade i tabell 6.7 och 6.8. Tabell 6.8 finns även åskådliggjord i fig 6.4.

	hela viken		djup 3 m		djup 6 m		djup 9 m		djup 12 m	
	volym		volym		volym		volym		volym	
	28,7	Mm ³	18,2	Mm ³	9,7	Mm ³	4,0	Mm ³	1,2	Mm ³
	°C	GWh	°C	GWh	°C	GWh	°C	GWh	°C	GWh
aug 70	11,7	391	9,0	190	6,8	76	6,0	28	5,8	8,1
sept 70	10,1	369	10,1	213	8,8	99	7,5	35	6,8	9,4
okt 70	9,6	319	9,5	200	9,3	105	9,1	42	8,5	11,9
okt/nov 70	7,0	233	7,0	148	7,0	79	7,1	33	7,1	9,9
nov 70	2,5	84	2,6	55	2,8	31	2,9	13,6	3,2	4,5
febr 71	1,26	42	1,37	29	1,69	19	2,1	9,7	2,4	3,4
apr 71	3,1	104	2,4	51	2,1	24	2,4	11,1	2,7	3,8
maj/jun 71	10,8	359	7,4	156	4,2	47	3,2	14,8	3,3	4,6

Tabell 6.7 Energiinnehåll i sjöns vattenvolym i form av sensibelt värme över 0°C. Tabellen ger dels energiinnehållet i vattenvolymen under angivna djup, dels medeltemperaturen inom denna vattenvolym.

	hela viken		djup 3 m		djup 6 m		djup 9 m		djup 12 m	
	volym		volym		volym		volym		volym	
	28,7	Mm ³	18,2	Mm ³	9,7	Mm ³	4,0	Mm ³	1,2	Mm ³
	GWh		GWh		GWh		GWh		GWh	
aug 70	358		169		65		23		7	
sept 70	336		192		88		30		8	
okt 70	286		179		94		37		11	
okt/nov 70	206		127		68		28		9	
nov 70	51		34		20		9		3	
febr 71	9		8		8		5		2	
apr 71	71		30		13		6		2	
maj/jun 71	326		135		36		10		3	

Tabell 6.8 Energiinnehåll i form av sensibelt värme räknat från temperaturen +1°C.

Sedimentvärme

Genom de förhållanden som råder i Edsviken med en stabil densitets-skiktning i vattnet och ett stagnant bottenvatten under sommaren kommer bottenarna under djupet 6 å 7 m inte i kontakt med uppvärmt vatten under sommaren på samma sätt som i sjöarna i kommunen. Mätdata från åren 1970 och 1971 visar att vattentemperaturen på djupet 6 m som högst nådde upp till +10°C och under ett av åren låg temperaturen på denna nivå under kortare tid än en månad.

Medeltemperaturen under året i vattnet var för perioden juni 1970 t o m maj 1971 på 6 m djup +5,1°C, 10 m +4,3°C och 15 m +3,7°C.

De djupare belägna bottenarna kommer således aldrig i kontakt med riktigt sommarvarmt vatten och med medeltemperaturer i vattnet på endast 4-5°C kan bottenarna inte lagra upp några större energimängder som kan avges till vattnet under vintern. Detta är en av orsakerna till de låga vattentemperaturerna i det stillastående djupvattnet under vintern.

En påtvingad temperatursänkning av bottenvattnet skulle troligen likväl tvinga ut en viss lagrad värme ur bottensedimenten.

Denna ökade värmetransport från sedimenten till vattnet uppskattas till ca 0,9 kWh/m² bottenarea för 1°C påtvingad temperatursänkning vid sedimentytan. Tabell 6.9.

För att ge en uppfattning om storleksordningen av denna värmetransport har en beräkning utförts baserad på temperaturförhållandena i februari 1971. Beräkningen baseras på det hypotetiska antagandet att man genom värmepumpning på vattnet kan kyla sedimentytorna till +1°C och de antages naturligt ha haft temperaturer motsvarande vattnets på motsvarande djup.

Djup	Bottenarea under djupet Mm	Area i intervallet Mm	Vattentemp °C	Temp-sänkning °C	Frigjord värme i intervallet GWh	Σ frigjord värme GWh
0	3,70	0,47	1,0	0	0	1,85
3	3,23	0,83	1,05	0,05	0,04	1,85
6	2,40	1,00	1,40	0,40	0,36	1,81
9	1,40	0,89	1,95	0,95	0,76	1,45
12	0,51	0,36	2,45	1,45	0,47	0,69
15	0,15	0,15	2,60	1,60	0,22	0,22
20	0					

Tabell 6.9 Edsviken. Frigjord värme från bottensedimenten vid påtvingad sänkning av vattentemperaturen till +1°C.

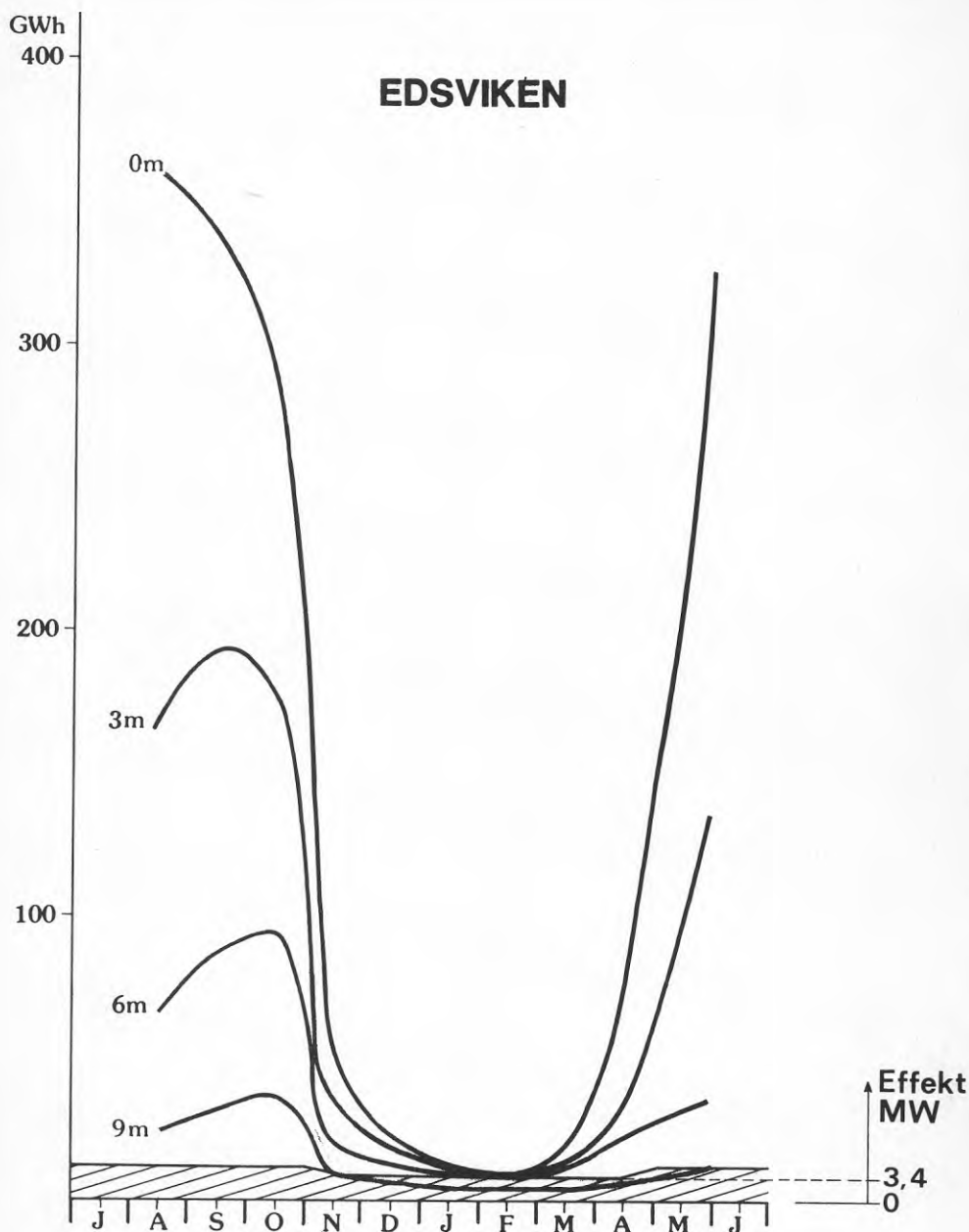


Fig 6.4 Energiinnehåll i form av värme i vatten över +1 °C.
 Kurvorna visar energiinnehållet i vattenvolymerna under
 angivna djup. 1970-71.
 Det streckade området visar ett energiuttag som
 dimensionerats efter vinterförhållanden.

Uttagbar energi

Om det antages att hela vattenvolymen under tröskeldjupet 6,5 m kan kylas till +1°C skulle totalt en värmemängd av ca 6,5 GWh kunna uttagas (baserat på vattentemperaturerna i februari 1971).

Denna temperatursänkning skulle vidare driva ut en värmemängd på 1,8 GWh ur sedimenten, tabell 6.9.

Den totala värmemängden som skulle kunna tas ur viken vintertid blir således ca 8,3 GWh.

Antages att denna energi tas ut under 4 månader motsvarar det en effekt på 2,9 MW.

Ett energiuttag ur Edsviken bör praktiskt utföras som ett öppet system dvs att vatten pumpas från viken till värmepumpens försångare och sedan återledes på ett sådant sätt att det kylda vattnet inte blandas med varmare bottenvattnet.

Hur detta skall gå till kräver ingående studier med hänsyn till de hydrauliska förhållandena i viken och där särskild hänsyn måste tas till det förhållandet att det värmepumpade bottenvattnet tidvis kan vara svavelvätehaltigt och följaktligen måste återföras så att det ej når ytan. Vidare bör transporten av när-salter särskilt fosfor beaktas. Bortpumpning av bottenvattnet kommer också att ge vissa effekter på vattenomsättningen av djupvattnet och inverka på dess kvalitet. Dessa effekter måste studeras och relateras till den nedpumpning av ytvatten som sedan flera år pågår för att förbättra bottenvattnets kvalitet.

6.2.6 Edssjön (Upplands Väsby kommun)

Edssjön har en yta på drygt 100 ha och en total vattenvolym på ca 3 Mm³ vilket ger ett medeldjup på 3 m. Maxdjupet uppgår till något mer än 5 m och den volym vatten som är belägen under halva maxdjupet är 0,9 Mm³. Edssjön är belägen inom Upplands Väsby kommun men kan tänkas värmetekniskt utnyttjas av Sollentuna kommun.

Temperaturmätningar har företagits under åren 1971-1975 på djupen 0, 2,5 och 5 m. Dessa mätningar antyder att vintertid ligger temperaturerna ner till djupet 2,5 m ofta mellan 0 till +1°C. Detta innebär att energiinnehållet i det yttligare vattnet är svårt att uttaga. Även den djupare belägna vattenvolymens temperatur under vintern är låg med bottenvattentemperaturer vid 5 m djup på ca 2,5°C under vintern, vilket gör att slangsystem bör användas.

För ett effektuttag på 0,5 MW erfordras ca 17 km slang täckande en yta av 17.000 m² om slangarna lägges c/c 1 m. Denna yta (1,7 ha) motsvarar ca 1,7 % av hela sjöytan och kan förläggas helt under 5 m djup.

Vattenvolymen under 2,5 m djup har i januari då temperaturerna varit som lägst haft ett genomsnittligt energiinnehåll på 1300 MWh räknat över +1°C.

En påtvingad temperatursänkning till +1°C kan i analogi med Norrviken beräknas ge ett energitillskott från bottensedimenten på 100 MWh.

Med ett konstant effektuttag under de 4 kallaste månaderna motsvarar ett energiuttag på 1400 MWh en effekt på 0,5 MW.

Effektuttaget under årets övriga månader kan göras högre men vintertid bör troligen inte 0,5 MW överstigas.

Inräknas påfrysning runt slangarna erhålles i analogi med Norrviken ytterligare 300 MWh och den uttagbara effekten under vintermånaderna skulle kunna ökas till 0,6 MW.

Samtidiga energiuttag ur Norrviken och Edssjön påverkar sannolikt inte förutsättningarna för att utnyttja Edssjön särskilt mycket. Under den kritiska vinterperioden är det till allra största delen det kalla ytvattnet, vilket kommer att vara opåverkat av energiuttaget ur djuphålorna i Norrviken, som rinner av i Edsån och tillföres Edssjön.

6.2.7 Ravalen

Ravalens yta uppgår till ca 38 ha och totala vattenvolymen till ca 0,2 Mm³ vilket ger ett medeldjup av ca 0,6 m.

Med ett så litet vattendjup finns små möjligheter att utnyttja sensibelt värme i vattnet under vinterperioden. Ravalens potential som värmekälla står därför troligen helt att söka i sedimenten vilka består av djupa lerlager överlagrade av ett dyskikt.

I en grund sjö som Ravalen kommer även bottenvattentemperaturen att stiga upp till 17-18°C på sommaren och sedimentens överyta kommer att vara i kontakt med vatten med en temperatur av över 14°C under drygt en tredjedel av året. Vid början av vintersäsongen finns därför stora energimängder inlagrade i sedimenten vid temperaturer mellan kanske 10-11°C vid ytan till ca 7°C på 3 m djup.

Om temperaturen i sedimenten i detta skikt kan sänkas från en medeltemperatur på 8,5°C till +3°C skulle en energimängd av $3 \text{ m}^3 \times 0,8 \text{ kWh/m}^3 \cdot ^\circ\text{C} \times 4,5^\circ\text{C} = 11 \text{ kWh}$ kunna uttagas per m^2 utnyttjad bottenarea.

Om 25 ha av sjöns botten antages utnyttjad på samma sätt som vid ett ytjordvärmsystem och slangar förlägges nere i sedimenten skulle en energimängd på 2700 MWh kunna utvinnas. Energimängden svarar mot en genomsnittseffekt på 0,9 MW vid en uttagstid på 4 månader.

Det skisserade uttaget förutsätter förläggning av slangarna relativt djupt i sedimenten. Vid ett sådant ingrepp bör det också övervägas om inte systemet borde utnyttjas för att tillvarata isbildningsvärme dvs att uttaget görs så stort att påfrysning sker runt slangarna. Om man antar att sedimenten fryses ekvivalent med ett islager med en tjocklek på 25 cm runt slangarna erhålles en total ismängd på ca 27.500 m^3 svarande mot en värmemängd på 2300 MWh.

Med påfrysning runt slangarna skulle således en total värmemängd på ca 5000 MWh kunna utvinnas motsvarande 1,7 MW i konstant effektuttag under 4 månader. Detta kräver att slanglängden utökas.

Under sommarhalvåret måste uttaget minska kraftigt eller helt upphöra för att återladdning skall ske. Under naturliga förhållanden uppgår energiinnehållet i sjön sommartid då medeltemperaturen är 18°C i vattnet till ca 4000 MWh. Sjöns maximala energiinnehåll är emellertid mindre intressant än dess förmåga att ta emot tillförd energi under våren. En beräkning baserad på data från Norrviken visar att denna sjö under maj kan få ett nettoinflöde av energi på ca 2 kWh/ $\text{m}^2 \cdot \text{dag}$, vilket för Ravalens del motsvarar ca 760 MWh/dag.

Teoretiskt skulle således det totala uttaget på 5000 MWh kunna ersättas på mindre än 7 dagar. Upptiningen av frusna sedimentbottnar kommer dock att ta avsevärt längre tid men med en naturlig uppvärmningseffekt som är så många gånger större än uttaget bör i alla fall en återladdning vara säkerställd.

Ett ingrepp av denna typ kommer sannolikt att förändra biosystemet i sjön.

6.2.8 Översjön

Översjön är ungefär hälften så stor som Edssjön såväl till yta som till volym. Vattenvolymen under 2,5 m djup är endast drygt hälften av motsvarande volym i Edssjön ($0,36 \text{ Mm}^3$ resp $0,66 \text{ Mm}^3$).

Det förefaller därför rimligt att ett energiuttag motsvarande hälften av det som kan bedömas möjligt ur Edssjön kan göras. Med samma antaganden som för Edssjön skulle sålunda ett effektuttag på 0,25 MW kunna göras under de kallaste månaderna med utnyttjande enbart av sensibelt värme.

Med utnyttjande även av isbildningsvärme erhålles en uttagbar vintereffekt på ca 0,3 MW.

6.2.9 Rösjön

Rösjön är ungefär av samma storlek som Ravalen. Utnyttjande av sensibelt värme i sedimenten bör under de kallaste månaderna möjliggöra ett effektuttag på ca 0,9 MW och med isbildningsvärme ca 1,7 MW.

6.2.10 Fjäturen

Sjön har en yta av ca 55 ha. Sjön ligger emellertid endast delvis inom Sollentuna kommun.

Under antagande att 15 ha av bottenytan utnyttjas för sedimentvärme på samma sätt som skisserats för Ravalen skulle en effekt på ca 0,5 MW kunna tas ut utan isbildning och 1 MW inklusive isbildningsvärme.

6.2.11 Väsjön

Väsjöns yta är 16 ha, dvs ca 40 % av Ravalens yta. Utnyttjande av sedimentvärme utan och med påfrysning av slangarna bör kunna ge ca 0,4 resp 0,7 MW.

6.2.12 Snuggan

Snuggan har en yta på ca 3 ha, dvs knappt 8 % av Ravalens yta. Sedimentvärme utan isbildning kan ge 70 kW och med isbildning 130 kW under årets 4 kallaste månader.

6.3 Ytjordvärme

Värmen i ytjorden kan utvinnas med hjälp av ett slangsystem i vilket en antifrysätska cirkuleras, fig 6.5. Anfrysätskan är vanligen en blandning av glykol och vatten. Med en värmepump kan värmeförmedlingen från jorden utnyttjas för husuppvärmning och varmvattenberedning.

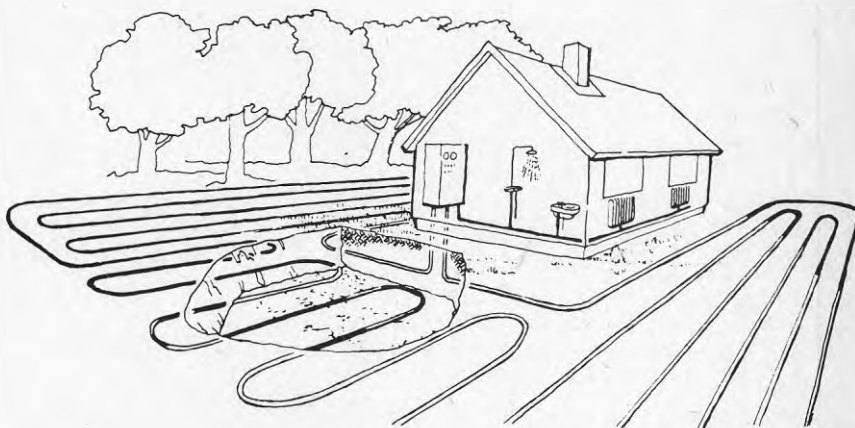


Fig 6.5 Ytjordvärmesystem

Slangarna placeras oftast på 0,7 - 1,0 m djup. Till detta djup nedtränger ej tjäle i snötäckt mark under naturliga förhållanden. En tämligen snabb uppvärmning erhålles dock på detta djup under försommaren och en temperaturändring vid markytan ger sig till känna på läggningsdjupet efter någon vecka. Slangarna läggs med ett inbördes avstånd av 1 - 1,5 m.

De energimängder som kan utvinnas per ytenhet är i hög grad beroende av jordartens vattenhalt eftersom frysvärme uttages. Den termiska kontakten mellan jord och slang förbättras också vid hög vattenhalt. Leror förmår binda mer vatten än sand ovan grundvattenytan och är därför fördelaktigare från ytjordvärmesynpunkt. Placering av slangar i sand och mo under grundvattenytan ger också ett fördelaktigt värmeutbyte och kan utnyttjas där grundvattenytan ligger högt. Lösningen kan dock vara tekniskt svår att genomföra om man ej har en speciell läggningsmaskin för slangarna.

Om jordarten utgöres av genomfuktad lera räcker 350 - 400 m slang på en yta av 500 m² för ett normalt småhus. Detta ger vid ett uttag av 10.000 kWh/uppvärmningssäsong ett medeluttag av 20 kWh/m².

Vid iordningställande av tomter i bergterräng skulle vid överskott på fyllningslera en utfyllnad av svackor och planering för ytjordvärme kunna ske. Utnyttjas leran enbart för värmeuttag skulle ett högre medeluttag än 20 kWh/m² kunna göras.

Även moränmark kan utnyttjas för ytjordvärme om den är grävbar och berget ej går upp nära markytan och hindrar slangläggning. Sand och grus är sämst från ytjordvärmesynpunkt. Dessa jordarter kräver ytor på 1500 - 2000 m² för ett normalt småhus vilket ger ett medeluttag på 7 - 5 kWh/m² och uppvärmningssäsong.

Vid beräkning av ytjordvärmepotentialen i Sollentuna har arbetsmetodiken varit följande. Med hjälp av jordartskartan och tidigare utförda geotekniska undersökningar har ett antal ytligt tagna jordprover inom sedimentområdena uttagits för kontroll av jordart och vattenhalt. Provpunkternas läge redovisas på fig 6.6 och proverna på tabell 1 i bilaga 1. Av tabellen framgår att jorden så gott som genomgående består av torrskorpelera med lämplig vattenkvot för ytjordvärme.

Markundersökningen har kompletterats med besiktning av olika typkvarter, fig 6.6 inom exploaterade områden för att erhålla en uppfattning om hur stora markytor som skulle kunna disponeras för ytjordvärme. Därvid framkom att 20 % av den exploaterade ytan skulle kunna utnyttjas för ytjordvärme i nivå 1 och 30 % i nivå 2.

Nivå 1 avser en relativt lätt uppnåelig utnyttjandegrad. Nivå 2 avser ett hårdare utnyttjande då t ex även ytor med fruktträd o dyl tas i anspråk.

Totalt exploaterad mark 1990 har beräknats till 21 milj m².

Kring de exploaterade ytorna finns även möjlighet utnyttja oexploaterad mark. En 100 m bred zon har därvid tänkts bli utnyttjad i områden med lämplig topografi. Zonen har en yta av 3 milj m² varav 2 milj utgör lerområden och 1 milj morän- och bergområden.

Med hänsyn till jordartsfördelningen inom exploaterad yta och i randzonen (1990) erhöles följande totalytor för ytjordvärme enligt beräkning i bilaga 2.

		milj m ²
Nivå 1	lerområden	4,1
	sand-grusområden	0,4
	morän-bergområden	2,7
Nivå 2	lerområden	5,2
	sand-grusområden	0,6
	morän-bergområden	2,5

Eftersom utnyttjande av lerområdena på nivå 1 får anses mest realistisk som utnyttjandegrad kan ytjordvärmepotentialen i Sollentuna beräknas till

$$4,1 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 20 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år} = 82 \text{ GWh/år}$$

Ett alternativ till besiktning av typkvarter är att utföra en linjetaxering över de exploaterade ytorna för att fastställa procenten "frimark" möjlig för ytjordvärme.

- 1 ○ Område med uppgifter om jordart och vattenkvot
- △ Detaljstuderat kvarter

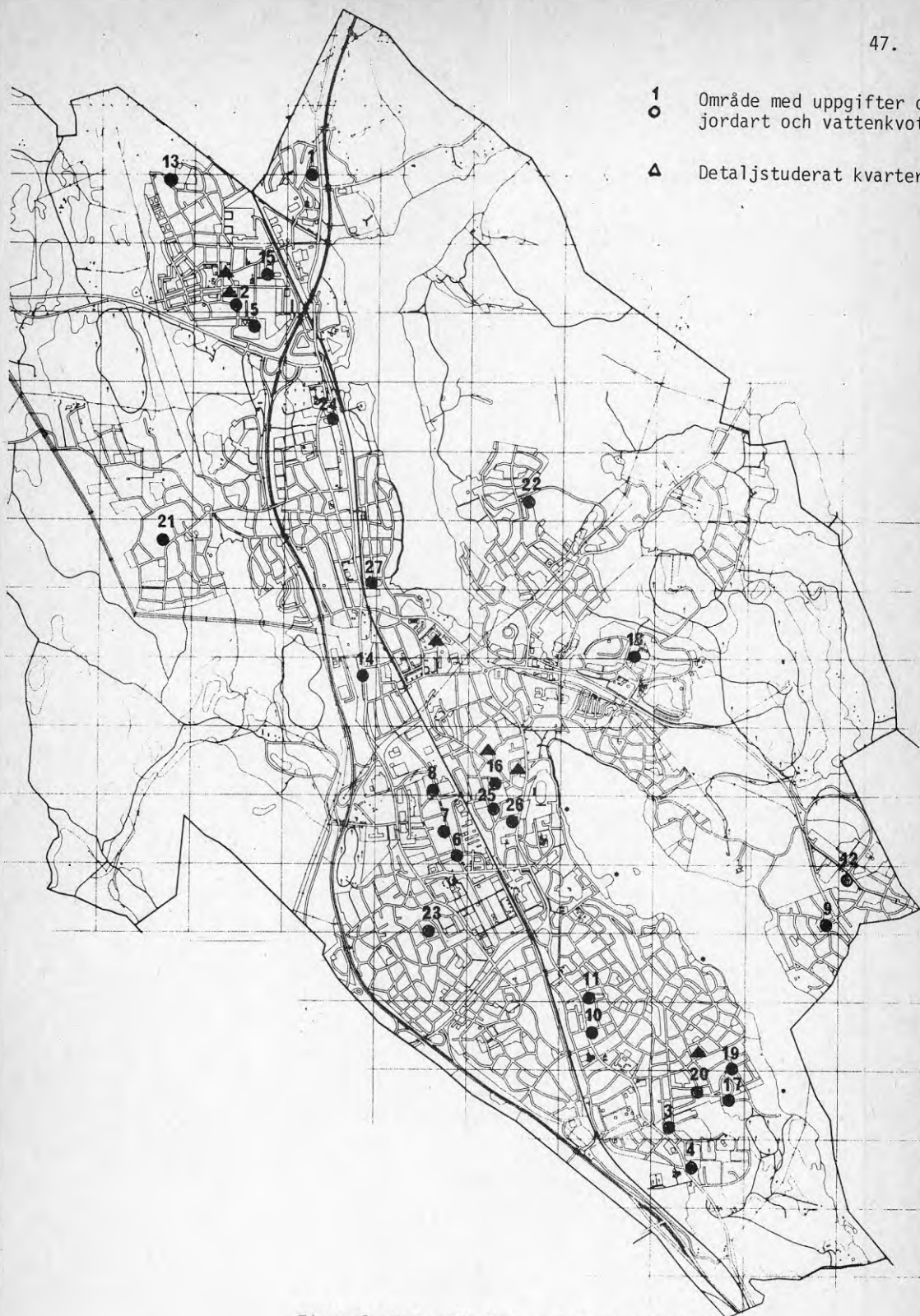


Fig 6.6 Undersökningsområden för ytjordvärme.

6.4 Grundvattenvärme

Grundvatten är vintertid den temperaturmässigt fördelaktigaste naturvärmekällan. I Sollentuna varierar grundvattentemperaturen mellan $+7^{\circ}$ och $+8^{\circ}\text{C}$.

Grundvatten uttages genom borrhade brunnar i berg eller rörbrunnar i jord. För små vattenuttag kan också spetsar, enklare rörbrunnar och schaktbrunnar i jord utnyttjas.

Grundvatten som läcker in i bergtunnlar eller bergrum eller som avrinner som källflöden till ytvatten kan också utnyttjas för värmeuttag.

Grundvattenuttag för energiförsörjning skiljer sig från vattenförsörjning bl a genom att:

- vattnet kan återledas till akviferen (grundvattenmagasinet) efter temperatursänkningen för att upprätthålla grundvattenbalansen
- vattenkvaliteten inte är lika avgörande även om den har betydelse ur korrosions- och skötselsynpunkt

Så länge uttaget är mindre än grundvattenbildningen och avsänkningen är liten finns normalt ingen anledning att återinfiltrera vattnet. Att återinfiltrera vatten är som regel mer kostsamt än att avleda det.

Vid återinfiltration måste uttags- och återinfiltrationsplats vara belägna på sådant avstånd från varandra att temperaturpåverkan ej blir så stor att den blir till nackdel vid uttagsplatsen.

I berg-morän-lerterrängen är möjligheterna till grundvattenuttag begränsade, se avsnitt 5.4. I de fall grundvattnet avledes föreligger ofta risk för grundvattensänkning och sättningskador på bebyggelse i lerområdena. Förutsättningarna för återinfiltration i denna terrängtyp är ogynnsamma. Sättet att med hydraulisk uppspräckning vidga sprickor i berget kring borrhade brunnar kan dock tillskapa möjligheter till återinfiltrationsteknik.

När det gäller grus- och sandavlagringar är återinfiltrationsmöjligheterna betydligt gynnsammare. För de villaområden som ligger på grusåsen skulle grunda infiltrationsbrunnar kunna utföras vid respektive villa och grundvatten distribueras till individuella värmepumpar från en gemensam brunn. Distributionsledningarna för grundvattnet bör kunna utföras oisolerade.

Den från vattnet uttagna värmeenergin bestäms av (se fig 6.7)

- uttagets storlek
- vattnets spec värmekapacitet = $1,16 \text{ kWh/m}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$
- temperatursänkningens storlek $\Delta t \text{ } ^{\circ}\text{C}$

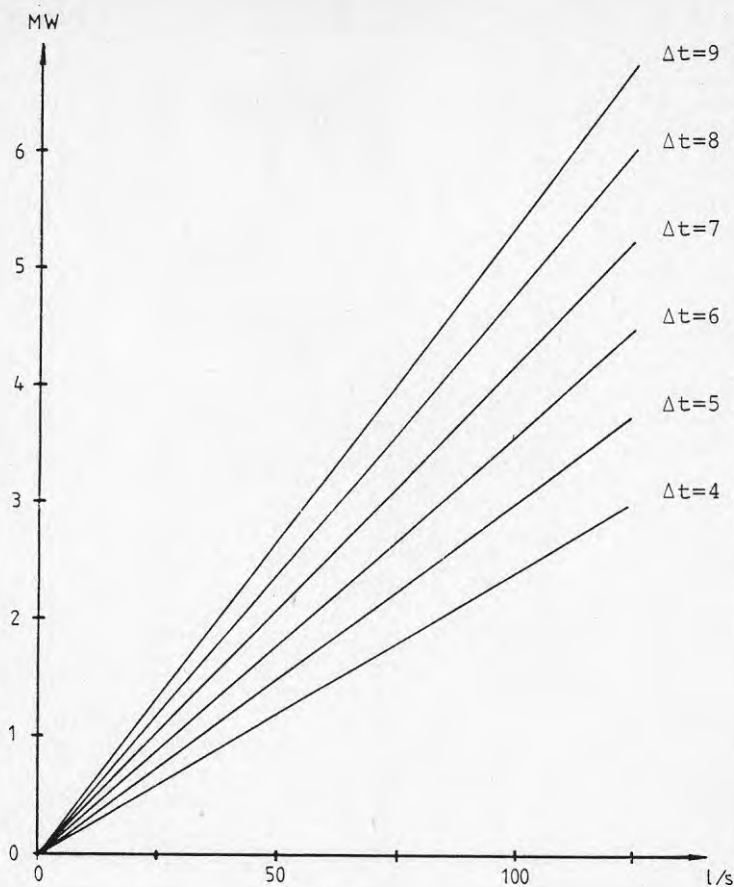


Fig 6.7 Förhållandet effekt-vattenflöde-sänkning av grundvatten-temperatur

Platser där värmepumpar skulle kunna uppställas och grundvatten avledas är t ex vid strandnära lägen. Vid överuttag erhålles viss strandinfiltration som t ex längs Edsviken kan ge salthaltigt vatten. Genom värmeväxling i jordmaterialet erhålles trots infiltrationen en högre temperatur än i ytvattnet.

Uttagsplatserna för grundvatten bör väljas så att infiltrerat sjövattnet får så lång strömningsväg genom jordmaterial som möjligt.

Platser där värmepumpar skulle kunna uppställas för värmepumpning på grundvatten anges i tabell 6.10, se även fig 5.1

	Max uttag	MW	GWh (8000 tim)
Skansvägen	20 l/s	0,5	4
Sollentunavallen	20 l/s	0,5	4
Edsbergs park	20 l/s	0,5	4
Norrvikens sydspets	20 l/s	0,5	4
Norrvikens villastad	20 l/s	0,5	4
Rotsunda)	60 l/s	1,5	12
Jästfabriken)			

Tabell 6.10 Uttagsplatser för grundvatten

Uttagen förutsätter att viss infiltration av ytvatten kan accepteras.

Vid Jästfabriken sker idag uttag av grundvatten för kylningsändamål. Förslag om utnyttjande av spillvärmets från Jästfabriken föreligger (8).

6.5 Bergvärme

Värme kan utvinnas ur berggrunden genom att från en bergborrad brunn ta ut vatten som efter nedkyllning i en värmepump antingen avleds eller recirkuleras, dvs återföres till brunnen (9), fig 6.8.

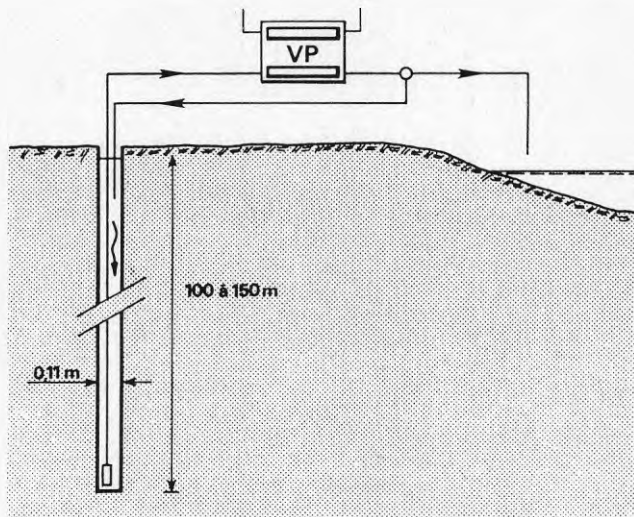


Fig 6.8

Vid recirkulation, då inget egentligt vattenuttag sker, fungerar brunnen som en värmväxlare varvid värmen huvudsakligen erhålles genom ledning via berget. För att möjliggöra ett större värmeuttag utan att riskera påfrysning i värmepumpen kan slutna slangsystem med antifrysätska utnyttjas, fig 6.9.

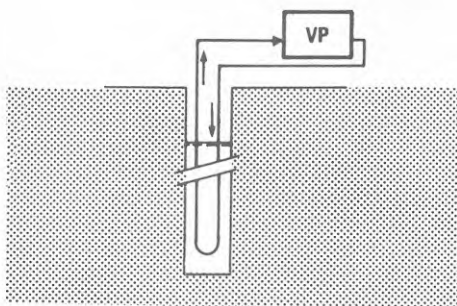


Fig 6.9 Brunn med antifrysvätskekrets (kylslangbrunn)

Värmeuttag kan också göras i dubbelbrunnssystem varvid uttaget vatten leds ned i en närbelägen brunn. Vid återströmningen mot uttagsbrunnen för vattnet med sig värme som upptagits i bergmassans spricksystem. Fig 6.10.

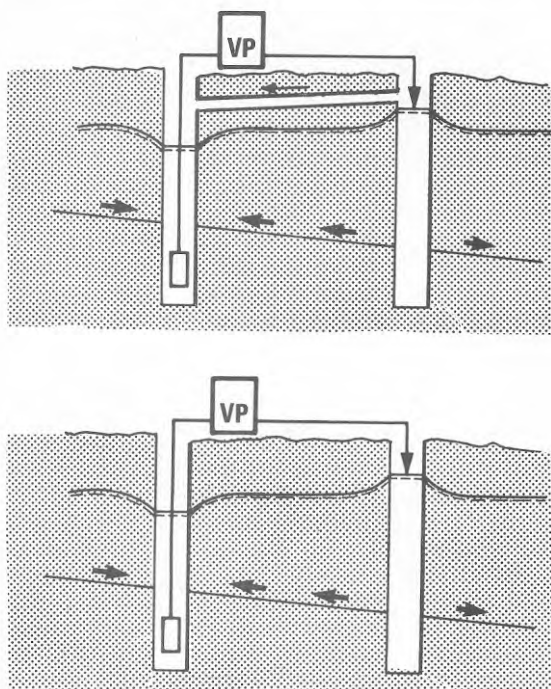


Fig 6.10 Dubbelbrunnssystem med och utan bräddavlopp

Ovanstående system bygger alla på att värme tillförs cirkulationsvätskan genom värmeledning i berget.

Uttagen per meter brunn vid fortvarighetstillstånd ligger kring 10 W/m med vatten som cirkulationsvätska och 20 W/m med antifrysätska som cirkulationsvätska, se fig 6.11. Vid varierande uttag som det blir fråga om vid lokaluppvärmning kan kortvarigt betydligt högre effekter uttagas per meter brunn.

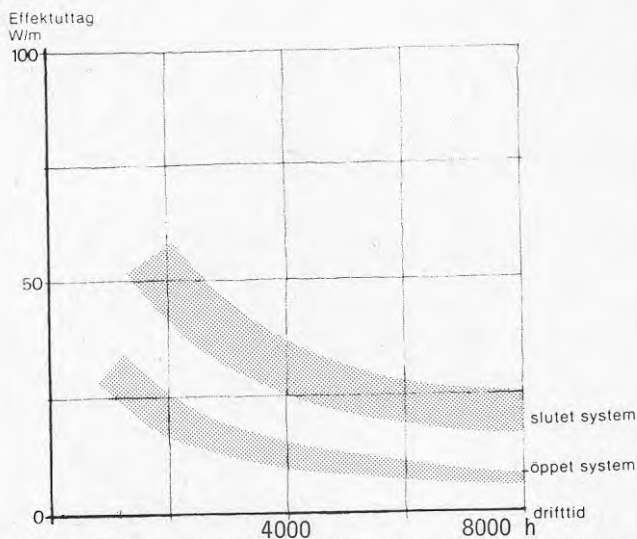


Fig 6.11 Illustration av möjliga effektuttag med bergvärmesystem vid olika drifttid.

Genom att en viss grundvattencirkulation sker i berget och genom att grundvatten som regel tillfälligt kan uttagas från brunnen under perioder med kritiskt låg temperatur kan högre energiuttag ofta göras än vad den på enbart värmeledning baserade teorin indikerar.

En 100 m djup brunn är normalt tillräcklig för att med ett recirkulationssystem och värmepump försörja ett enfamiljshus.

Potentialen för bergvärme är mycket stor eftersom bergborrade brunnar kan anläggas praktiskt taget överallt. Hur nära varandra brunnarna kan placeras utan att brunnarnas kapacitet på lång sikt försämrats är ej helt utrett men kan för 100 m djupa brunnar uppskattas till storleksordningen 50 å 100 m. Beroende på utnyttningstid och uttagssystem skulle detta motsvara en uttagspotential på 2 å 4 kWh/m² markyta och år.

Vid återladdning av brunnarna, vilket kan ske med hjälp av sommarvarmt ytvatten, enkla solfångare eller vattencirkulation genom luftkonvektorer kan brunnarna placeras på ett inbördes avstånd av 20 - 40 m. Potentialen stiger då till storleksordningen 30 kWh/m² och år.

6.6 Värmeuttag ur dag- och spillvattentunnlar

I Sollentuna kommun finns följande dag- och spillvattentunnlar, fig 6.12.

Käppalatumneln (spillvattentunnel). Tunneln går från norr till söder genom kommunen och leder och samlar upp spillvatten.

Sollentuna-Centrum-tunneln (dagvattentunnel med ingjuten spillvattenledning). Tunneln avbördar dag- och spillvatten från Sollentuna Centrum och från uppströms liggande nederbördsområde.

Rotsundagårds-tunneln (dagvattentunnel med spill- och renvattenledning). Tunneln avleder dag- och spillvatten från Breddens industriområde.

Järvatumneln (dagvattentunnel med spillvattenledning i viss del) Avleder dag- och spillvatten från Järvafältsbebyggelsen.

En bräddavloppstunnel" från sjön Norrviken till Edsviken för att förhindra höga vattenstånd i Norrviken planeras.

Käppalatumneln

Käppalatumneln är den tunnel som har den största energipotentialen. Tunneln är dränerad och har en tvärsnittsarea på 4 m². Pumpstationer finns vid Edsån och vid Edsbergs park. Dessa pumpar spillvattnet över Edsåsdalen resp Edsbergs park, "Ledningssträcka" fig 6.12. Norr om sjön Ravalen ansluter Upplands-Bro-tunneln, vilken också är på 4 m².

Avloppsvattenmängden som 1980 passerade Edsbergs pumpstation uppgick till 17,5 milj m³. Inom Sollentuna påsläpptes 7,3 milj m³ till Käppalasytemet.

Avloppsvattentemperaturen i Käppalaverket på Lidingö varierar mellan 8 - 10^o under okt - mars och ligger kring 14^o under perioden maj - sept. Ett visst värmeuttag bör därför kunna göras ute på nätet utan nämnvärd inverkan på reningsprocessen.

Ett värmeuttag motsvarande 4^o temperatursänkning på den i Sollentuna påsläppta vattenvolymen 7,3 milj m³ motsvarar en värmemängd av 34 GWh.

Vem som äger värmen i spillvattnet är ännu ej prövat i domstol. Käppalaförbundet har dock ett önskemål att värmeuttag ej sker i sådan omfattning att reningsprocessen i Käppalaverket fördras eller försämras. Käppalaverket har på uppdrag av styrelsen meddelat medlemskommunerna att man motsätter sig en temperatursänkning av avloppsvattnet under 12^oC.

Värme från spillvatten kan tänkas uttagas vid det enskilda huset, vid lämpliga punkter i ledningssystemet t ex vid pumpstationer eller vid reningsverket.

Från reningsteknisk synpunkt är ett uttag efter reningsverket att föredraga.

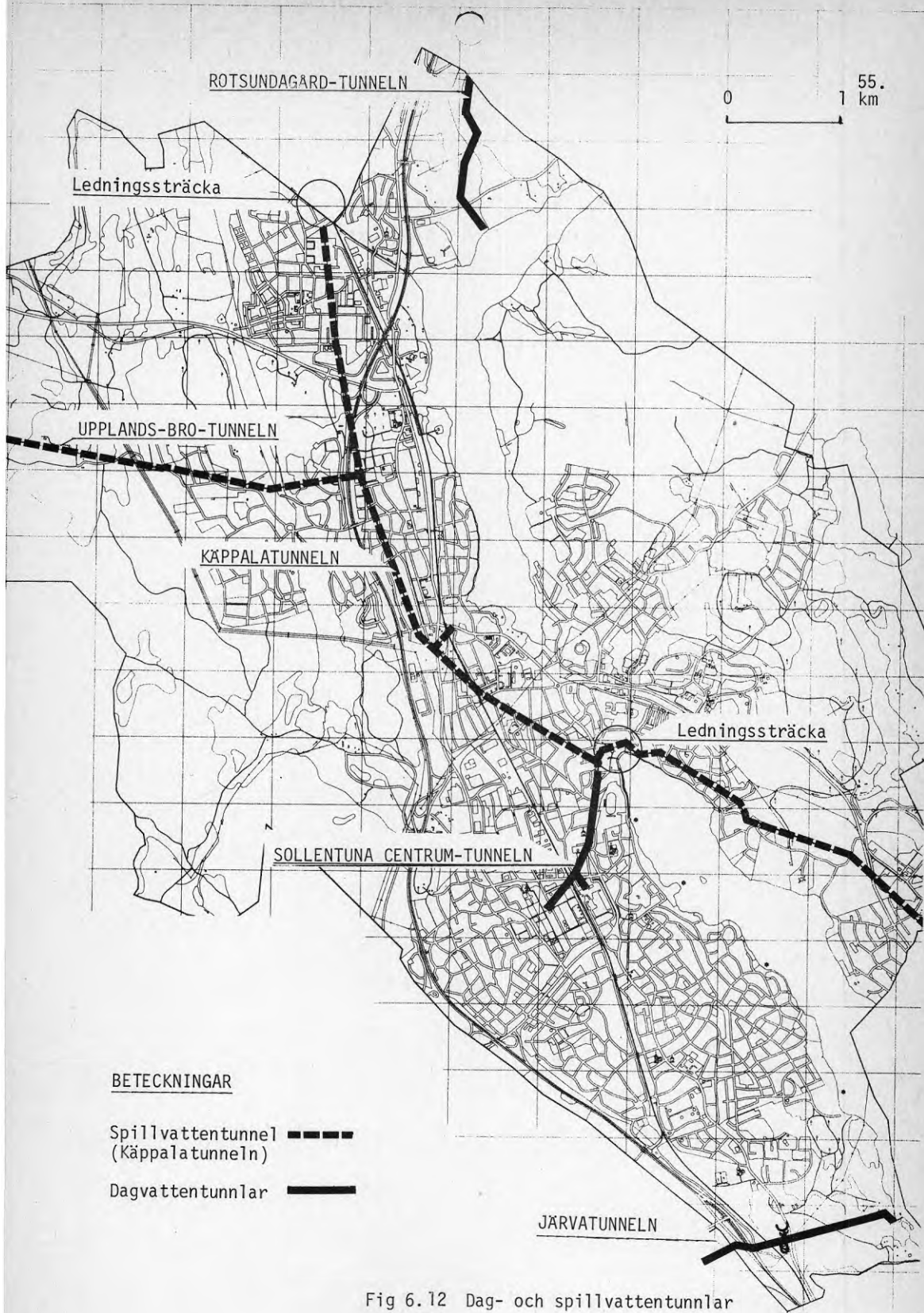


Fig 6.12 Dag- och spillvattentunnlar

Högsta temperaturen har dock spillvattnet när det lämnar det enskilda huset. Mycket värme förloras i ledningssystemen som inte kommer Käppalaverket till godo.

Från det enskilda husets synpunkt och kanske även ur samhälls-ekonomisk synpunkt är ett uttag av värme innan spillvattnet når den kommunala spillvattenledningen att föredraga. Värmeväxlar-system finns idag för överföring av en del av spillvattnets värme till renvattensidan utan insats av någon form av drivenergi i form av el eller olja.

De enskilda fastighetsägarna har inte förbundit sig att leverera ett spillvatten med viss temperatur och kan knappast förhindras att återvinna värme ur spillvattnet.

Flera stora värmepumpprojekt planeras på renat spillvatten, bl a vid Käppalaverket. En värmeutvinning vid Käppala måste antagas komma förbundet och således indirekt medlemskommunerna till godo.

En närmare utredning över de på lång sikt lämpligaste uttags-punkterna i systemet vore dock av värde eftersom värmeförluster-na i ledningar och tunnlar måste vara stora. Om man därvid kommer fram till att värmeuttag ur spillvattnet bör ske vid det enskilda huset bör ny bebyggelse och successivt äldre bebyggelse förses med anordningar för detta.

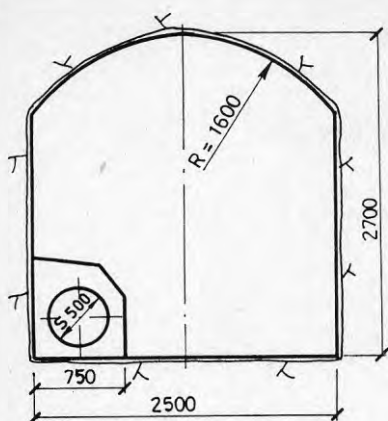
Sollentuna-Centrum-tunneln

Tunneln är ca 1,5 km och har en tvärsnittsarea på 7 m². Eftersom tunneln har formen av ett U-rör ger detta en vattenvolym i tunneln på ca 11.000 m³, fig 6.13.

Dagvattnet har varierande uppehållstid i tunneln beroende på tillrinningen. Temperaturen på vattnet varierar därför med väderleken under vintern. I allmänhet torde dock dagvattnet vintertid ha en temperatur över 5°C. Temperaturen på dagvattnet i utloppsschaktet i januari 1980 uppmättes till 7°C vid luft-temperaturen +0,5°C.

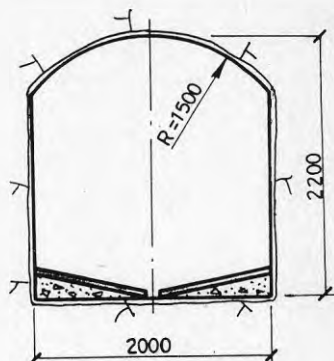
Den förhöjda temperaturen vintertid beror dels på värme avgivet från berget, vilket eventuellt uppvärmts något över grundvatten-temperaturen genom sommar- och höstregnen, dels från värmeläckage från den ingjutna spillvattenledningen. Till viss del bidrager grundvattenavrinning i tunnelns övre del vid Sollentuna Centrum.

Möjligt är att ett 20-tal småhus skulle kunna värmeförsörjas med hjälp av tunneldagvattnet. Detta erfordrar en pumpkapacitet på ca 10 l/s. En pump placeras enklast i utloppsschaktet vid Edsbergs park. Som reservvärmekälla kan utföras en brunn i grusåsen. (Grundvattentillgången i grusåsen behandlas närmare under punkt 6.4.) Med tanke på grundvattenbalansen i Sollentuna Centrum bör tunnelmagasinet ej avsänkas längre tider under nivån +5.



DÄMD DAGVATTENTUNNEL
MED KRINGGJUTEN SPILL-
VATTENLEDNING

$$A = 6.5 \text{ m}^2$$



SPILLVATTENTUNNEL
TYP KÄPPALA

$$A = 4.2 \text{ m}^2$$

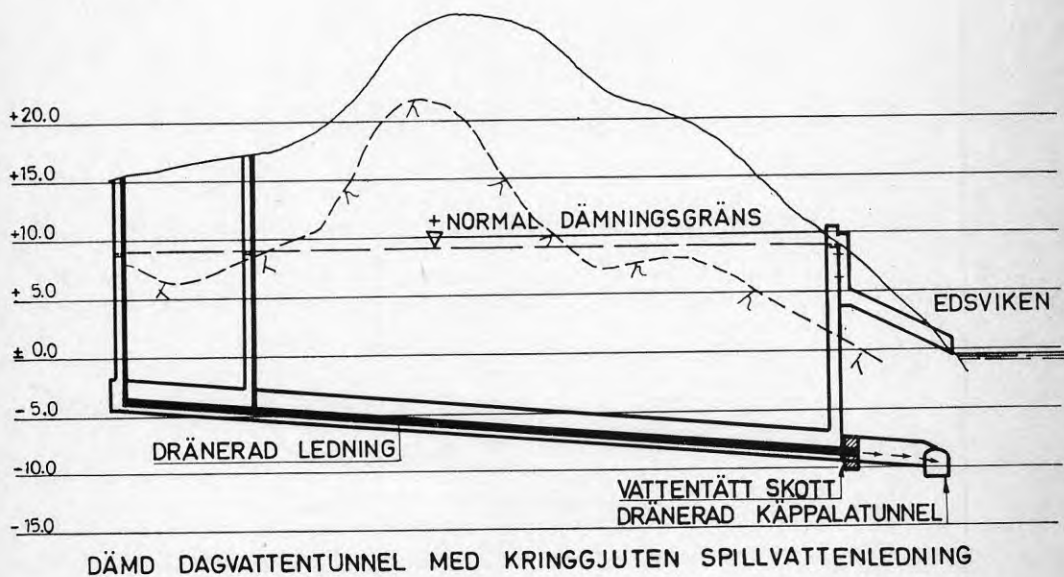


Fig 6.13 Sollentuna-centrum-tunneln. Typprofil

Eftersom värmepumpning sker på dagvatten kan tidvis oljespill medfölja. Vattnet bör därför avledas till utloppsledningen efter avkylningen i värmepumpen.

Rotsundagårds-tunneln

Tunneln saknar magasineringströsklar. Under långvarig och sträng kyla finns endast grundvattenavrinningen att tillgå. Vid töväder kommer sannolikt vattentemperaturen att ligga nära 0°C. Tunneln synes därför ej erbjuda någon möjlighet till värmepumpning.

Järvatunneln

Järvatunneln är en dagvattentunnel med spillvattenledning på viss sträcka, fig 6.14 och 6.15. Tunneln är belägen med utloppsdelens inom Sollentuna kommun. Tunnelns längd inklusive transporttunnlar är 12,0 km (6,3 km utgöres av 17 m²-tunnel och 5,7 km av 25 m²-tunnel). Detta ger en total volym av 275.000 m³. En del av denna volym utnyttjas som avsättningsmagasin för att åstadkomma en grovrening av dagvattnet. Tunnelns slutliga avrinningsområde kan komma att uppgå till ca 2000 ha. Under tiden september 1976 till september 1977 undersöktes tillrinnande och avtappade vattenmängder från en ansluten bebyggelse om sammanlagd 341 ha. Man kunde konstatera att inläckande "grundvatten" räknat på hela undersökningsperioden utgjorde 25 % av den totala avrinningen. Dagvattnet pumpas efter sedimenteringen till Edsviken där utloppet mynnar på nivån -9.

Vid val av pumpkapacitet har hänsyn tagits till att avsättning av föroreningar skall kunna ske i tunneln och att tömnings-tiden ej skall bli så lång att risk för bräddning föreligger. En pumpkapacitet på 0,5 m³/s har därvid valts vilket vid kontinuerlig pumpning ger en utpumpad volym av ca 45.000 m³/dygn.

Eftersom vinterperioden saknar de regn som skulle kunna ge bräddning borde pumpkapaciteten kunna minskas under denna tid och en mer kontinuerlig pumpning kunna ske. Tillrinnande dag- och grundvatten skulle vid en minimitillrinning av 50 l/s och en temperatursänkning med 3^o kunna ge ca 0,6 MW.

Kombinationer med värmeuttag från Edsviken bör undersökas. Enklarest placeras värmepumpen vid utloppspunkten i Edsviken där vattnet skulle kunna avbördas till utloppsledningen. Från denna plats är det dock ca 1 km till den fjärrvärmeförsörjda bebyggelsen i Tegelhagen eller till planerat industriområde vid Margareteborg. Ett värmeuttag eller vattenuttag i påslags-tunneln till Järvatunneln vid Sollentunavägen norr om Lillstugan är ett annat alternativ. Detta alternativ synes dock ej ge samma flexibilitet som ett värmeuttag vid utloppsledningen.

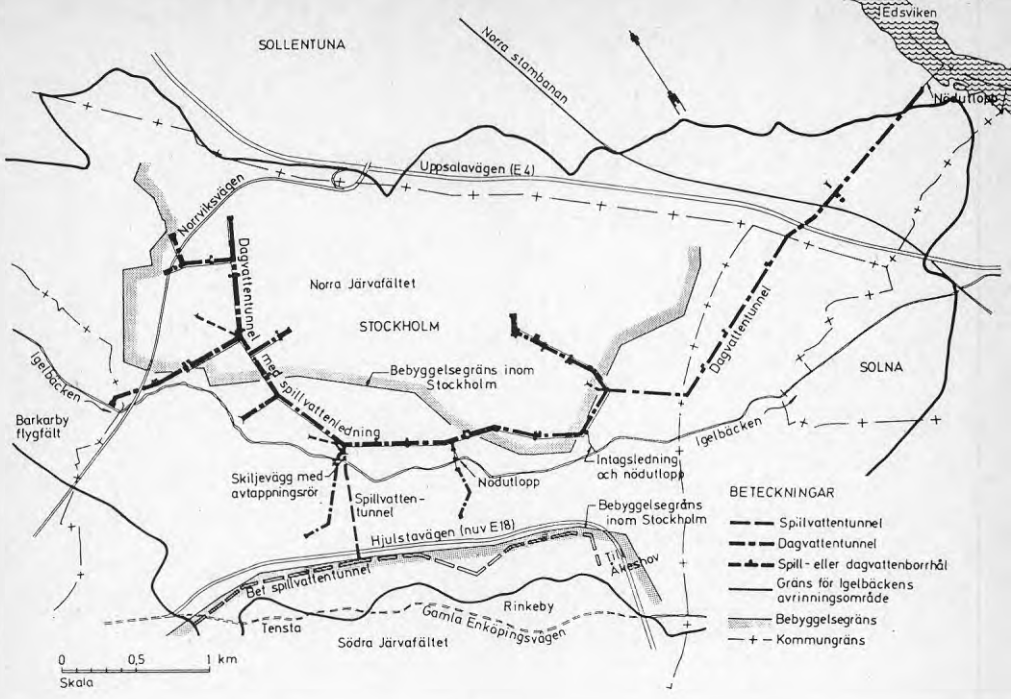


Fig 6.14 Plan över Järva tunneln

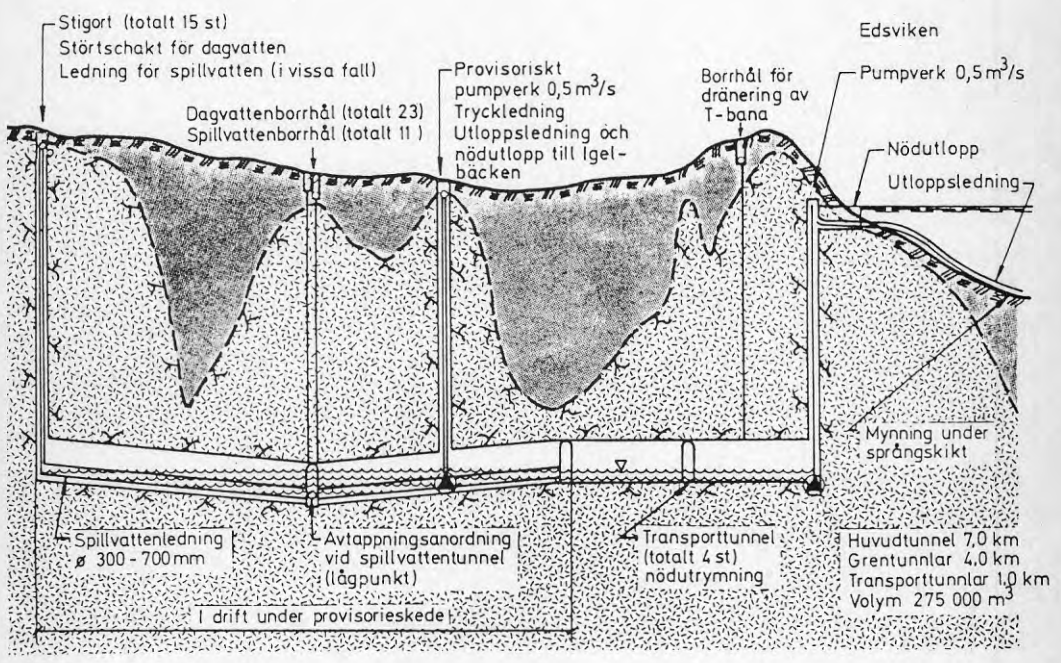


Fig 6.15 Principprofil över Järva tunneln

Vad som ovan sagts om vattenuttag från Järvatunneln för värmepumpning är ej grundat på några ingående undersökningar. För att närmare klarlägga förutsättningarna för detta måste tillrinning och temperatur på dagvattnet liksom de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för vattenuttag från tunneln närmare studeras.

Norrvikentunneln

En bräddavloppstunnel från Norrviken till Edsviken är planerad. Tunneln blir 1350 m lång och ligger på en sträcka av 1150 m under Edsvikens nivå. Tunneln får en area av 7 m^2 . Detta ger en däm volym av ca 8000 m^3 . Tunneln skulle vintertid kunna utnyttjas som magasin för sommarinlagrat 15° Norrvikenvatten. Tunneln synes dock ej ge några möjligheter till stora energikuttag. Vid uppvärmning av t ex Edsbergs Slott med värmepump borde tunneln dock kunna ge ett ur korrosionssynpunkt och temperatursynpunkt fördelaktigare vatten än det man kan uttaga från Edsviken.

7. TEKNISKT-EKONOMISKT UTNYTTJINGSBAR ENERGIPOTENTIAL

7.1 Allmänna förutsättningar

Bedömningen av den tekniskt-ekonomiskt utnyttjningsbara energipotentialen hos en värmekälla har i studien baserats på följande förutsättningar.

- Värmebehov enligt 1990 års utbyggnadsplan.
- Energiuttagen skall kunna göras med känd och demonstrerad teknik. Stora värmepumpar (upp till 10 MW) med sjö- eller grundvatten som värmekälla (ej frysning) förutsättes vara tekniskt väl utvecklade.
- Säsongslagring av värme har ej beaktats. En översiktlig belysning av lagringens inverkan på energipotentialen ges dock i kapitel 8.
- Juridiska och miljömässiga problem kan uppstå, speciellt vid storskaliga energiuttag. Aktivitetsbegränsningar, ersättningar etc har dock antagits ej märkbart påverka den utnyttjningsbara energipotentialen.
- Energiuttagen skall kunna göras så att de kostnadsmässigt är eller blir konkurrenskraftiga med andra energiförsörjningssystem.
- Kostnaderna för sjövärme, grundvattenvärme och avloppsvärme har schablonmässigt beräknats i avsnitt 7.2, 7.3 och 7.4. Resultaten redovisas i diagram i vilka kostnaden kan avläsas i kr/kWh för värme levererad till distributionsnät belägna på olika avstånd från resp värmepumpcentral. Från fall till fall, beroende på kostnadsnivå och lokala förutsättningar får sedan avgöras huruvida ifrågakvarande värmekälla skall anses tekniskt-ekonomiskt utnyttjningsbar.
- Kostnaderna för ytjordvärme och bergvärme har ej särskilt behandlats. Erfarenheter från anläggningar i drift indikerar för dessa system ett kostnadsläge som allmänt sett kvalificerar dem att medräknas i en tekniskt-ekonomiskt utnyttjningsbar energipotential. Härvid förutsätts dock relativt småskaliga system förlagda i direkt anslutning till förbrukaren.
- Kostnaderna för värmens distribution har i de stora fjärrvärmesäten, dvs det centrala och det norra nätet, antagits vara 4 öre/kWh och i övriga 8 öre/kWh.

7.2 Sjövärme. Kostnadsuppskattning

Energikostnaden för värme levererad från en värmepumpcentral som utnyttjar sjövärme som värmekälla har schablonmässigt beräknats enligt följande:

Anläggningsdel	Installationskostnad Mkr		
	0,1 MW	1 MW	10 MW
Värmepumpcentral inkl kringutrustning och byggnad	0.30	1.6	12.1
Elanslutning	0.05	0.3	0.7
Intagsledning (500 m vid 10 MW, 400 m vid 1 MW, 100 m vid 0,1 MW)	0.05	0.3	1.2
Kollektorslangar (30 W/m slang för 2/3 av installerad effekt)	0.05	0.4	-
Fjärrvärmekulvert för anslutning till distributionsnät (1 km)	1.20	1.6	3.0

Tabell 7.1 Sjövärme. Anläggningskostnader

Anläggningens årliga kapitalkostnader beräknas utgående från följande räntesatser och avskrivningstider:

- För värmepumpcentral och elanslutning 4 % resp 15 år. Annuitet 9,0 %.
- För intagsledning och fjärrvärmekulvert 4 % resp 30 år. Annuitet 5,8 %.

Anläggningens årliga drift- och skötselkostnad (exkl drivel till värmepump) antages vara 2 % på värmepump och elanslutning samt 1 % på intagsledning och fjärrvärmekulvert.

Med antagande av ett elpris på 20 öre/kWh och en värmefaktor på 2,7 har energikostnaderna beräknats för en utnyttjningstid på 5000 h och ett avstånd till distributionsnät på 2 km, fig 7.1.

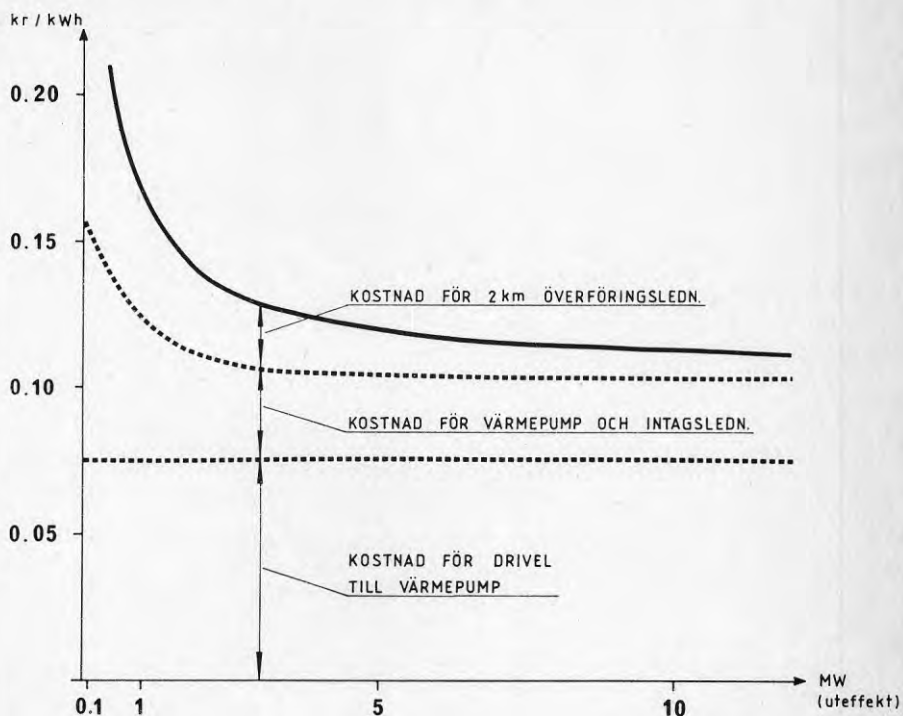


Fig 7.1 Sjövärme.
 Kostnad för värmeenergi (+70°C), levererad vid anslutningspunkt till distributionsnät. Ränta 4 %.

Som framgår av fig 7.1 är energikostnaden i första hand betingad av elpriset. Vid angiven räntefot 4 %, är energikostnaden för större anläggningar relativt okänslig för måttliga förändringar i anläggningskostnad och utnyttjningstid.

7.3 Grundvattenvärme. Kostnadsuppskattning

Energikostnaden för värme levererad från en värmepumpcentral som utnyttjar grundvatten som värmekälla har schablonmässigt beräknats enligt följande:

Anläggningsdel	Installationskostnad Mkr	
	0,1 MW	1 MW
Värmepumpcentral inkl kringutrustning och byggnad	0.30	1.6
Elanslutning	0.05	0.3
Uttags- och infiltrationsanordningar	0.20	0.4
Fjärrvärmekulvert för anslutning till distributionsnät (1 km)	1.20	1.6

Tabell 7.2 Grundvattenvärme. Anläggningskostnader

Anläggningens årliga kapitalkostnader beräknas utgående från följande räntesatser och avskrivningstider:

- För värmepumpcentral, elanslutning och uttags- infiltrationsanläggningar 4 % resp 15 år. Annuitet 9,0 %.
- För fjärrvärmekulvert 4 % resp 30 år. Annuitet 5,8 %.

Anläggningens årliga drift- och skötselkostnad (exkl drivel till värmepump) antages vara 2 % på värmepumpcentral, elanslutning, uttags- och infiltrationsanläggningar samt 1 % på fjärrvärmekulvert.

Med antagande av ett elpris på 20 öre/kWh och en värmefaktor på 2,7 har energikostnaden beräknats för en utnyttjningstid på 5000 h och ett avstånd till distributionsnät på 1 km, fig 7.2

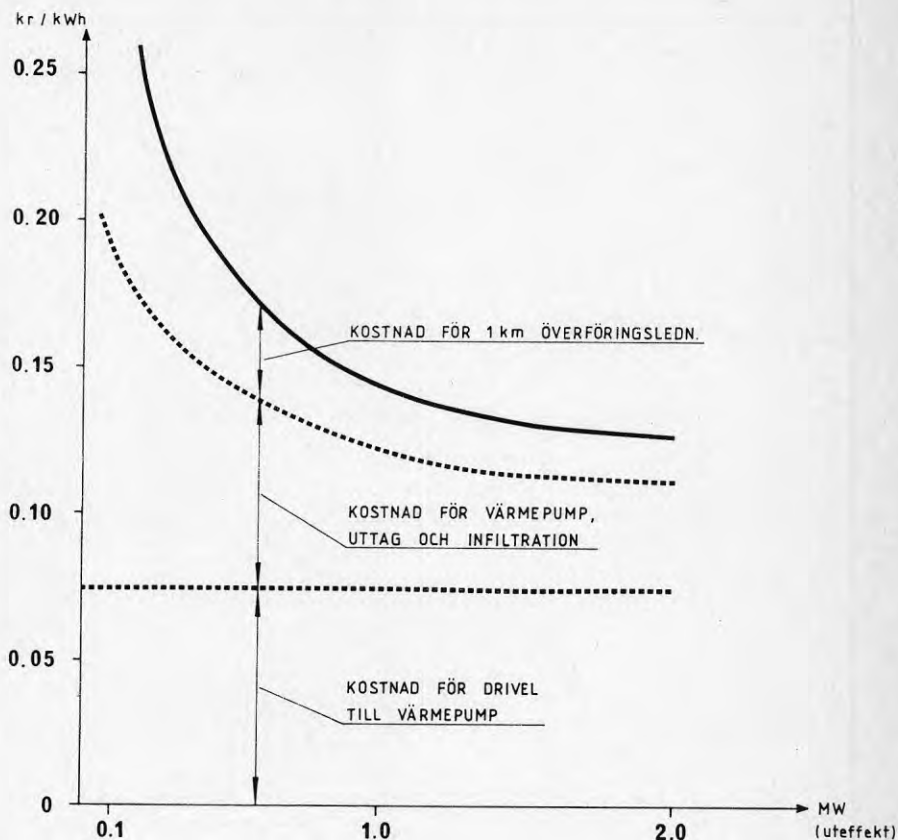


Fig 7.2 Grundvattenvärme.

Kostnad för värmeenergi, 70°C, levererad vid anslutningspunkt till distributionsnät. Räntefot 4 %.

Kostnadsbilden är likartad den som gäller för sjövärme. Anläggningarna för grundvattenvärme torde endast bli aktuella i storleksklasser upp till 1 MW. Som framgår av fig 7.2 inverkar då anläggningskostnaden kraftigt på energikostnaden. Acceptabla överföringsavstånd torde begränsas till högst 1 km vid en 1 MW-anläggning och endast ett par hundra meter vid 0,1 MW.

7.4 Avloppsvärme. Kostnadsuppskattning

Energikostnaden för avloppsvärme har antagits vara av samma storleksordning som för sjövärme. De för sjövärmens relativt kostsamma intagsledningarna ersätts vid avloppsvärme av motsvarande uttagsanordningar från icke renat avloppsvatten. Eftersom allt avloppsvatten från Sollentuna förs till Käppala-verket är endast värmeuttag före rening aktuell. En avloppsvärmeanläggning med värmepump får förutsättas kräva regelbunden tillsyn varför anläggningen av kostnadsskäl ej kan göras alltför liten. En minimistorlek torde vara 0,5 å 1 MW.

7.5 Tekniskt-ekonomiskt utnyttjningsbar energipotential

7.5.1 Sjövärme

Sjövärme utnyttjas med den kyleffekt (uttag från sjön) som medger varaktiga uttag från resp sjö. Se avsnitt 6.2.4 t o m 6.2.11. De olika "sjövärmecentralerna" redovisas översiktligt i tabell 7.3. Härvid har förutsatts en värmefaktor på 2.7 och en utnyttjandetid på 5000 tim/år. Värmefaktorn 2.7 innebär att värmepumpens värmeeffekt är 1.6 gånger större än effektuttaget från sjön.

Sjö	Värme effekt MW	Energi GWh	Avnämare	Avst t distr. nät km	Energi- kostnad kr/kWh
Norrviken	5.0	25	Norra eller centrala fjärrvärmenätet	2.0	0.17
Edsviken	4.6	23	Centrala fjärrvärmenätet	2.0	0.17
Edssjön	0.8	4	Norra fjärrvärmenätet	2.5	0.24
Ravälén	1.4	7	Vibybebyggelsen	1.0	0.23
Översjön	0.4	-	saknas	-	-
Rösjön	1.4	7	Sjöbergs centrum	1.5	0.24
Fjäturen	0.8	-	saknas	-	-
Väsjön	0.6	3	Gustavsberg	1.0	0.26
Snuggan	0.1	-	saknas	-	-
Totalt	15.1	69			

Tabell 7.3 Tekniskt-ekonomiskt utnyttjningsbar energipotential för Sollentunas sjöar. Potentialer och kostnader inkluderar drivel för värmepumparna. Räntefot 4 %. Energifkostnader inkluderar distributionskostnader för utnyttjade fjärrvärmenät.

Angivna data i såväl tabell 7.3 som tabell 7.4 förutsätter att den från resp värmepumpcentral utgående vattentemperaturen ca +70°C är tillräckligt hög för att matas in åtminstone på distributionsnätets returledning. Vid potentialbedömningen har således ingen hänsyn tagits till att framledningstemperaturen med nuvarande dimensioneringsregler alltid överstiger +70°C. Hänsyn har ej heller tagits till de ev restriktioner som följer av att Sollentunas centrala fjärrvärmenät är anslutet till kraftvärmeverket i Hässelby via Akalla - Hässelbynätet.

7.5.2 Grundvatten- och avloppsvärme

De i avsnitt 6.4 och 6.6 redovisade energipotentialerna antages utnyttjas enligt tabell 7.4.

Värmekälla	Värme- effekt MW	Energi GWh	Avnämare	Avst t distr. nät km	Energi- kostnad kr/kWh
<u>Grundvatten</u>					
Skansvägen	0.8	6	Centrala fjärr- värmenätet	0.6	0.19
Sollentunavallen	0.8	6	Sollentunavallen	0.1	0.20
Edsbergs park	0.8	6	Centrala fjärr- värmenätet	0.2	0.18
Norrvikens syd- spets	0.8	6	"-	0.1	0.18
Norrvikens villa- stad	0.8	6	Norrvikens PC	0.2	0.18
Rotsunda	2.4	19	Norra fjärrvärme- nätet	0.3	0.17
<u>Avloppsvärme</u>					
Edsbergs pump- station	6.4	52	Centrala fjärr- värmenätet	1.0	0.15
Järvatunneln	0.9	-	saknas	-	-
Totalt	13.7	101			

Tabell 7.4 Tekniskt-ekonomiskt utnyttjningsbar energipotential för grundvatten och avloppsvatten inom Sollentuna kommun. Potentialer och kostnader inkluderar drivel för värmepumparna. Räntefot 4 %. Energikostnader inkluderar distributionskostnader för utnyttjade fjärrvärmenät.

7.5.3 Ytjordvärme och bergvärme

Som framgår av avsnitt 6.3 kan den ur marktillgänglighetssynpunkt utnyttjningsbara energipotentialen för ytjordvärme uppskattas till 82 GWh/år. Härvid har endast de relativt lättutnyttjade lerområdena medräknats.

För fastigheter där markförhållandena ej medger anläggning av ytjordvärmesystem kan i stället i de flesta fall bergvärme utnyttjas med hjälp av energibrunnar.

Detta innebär att den totala tekniska potentialen för ytjordvärme och bergvärme är mycket stor. Större delen av samtliga småhus inom kommunen, ca 9000, torde från teknisk synpunkt kunna värmeförsörjas med ytjordvärme eller bergvärme. I dagsläget är ca 4000 av småhusen elvärmdda, 4000 oljevärmda och 1000 anslutna till fjärrvärme.

Vid en bedömning av den tekniskt-ekonomiskt utnyttjningsbara energipotentialen har antagits att ca 3000 småhus skulle kunna utnyttja ytjord- eller bergvärme. Härför ianspråktagas en energipotential motsvarande ca 36 GWh (vartill kommer drivel till värmepumpar på ca 24 GWh). Fördelningen ytjord/bergvärme har antagits vara 60/40.

Värmekälla	Energi GWh	Avnämare	Energikostnad kr/kWh
Ytjord	36	Småhus etc	0,25-0,40
Berg	24	-"-	0,25-0,40
Totalt	60		

Tabell 7.5 Tekniskt-ekonomiskt utnyttjningsbar energipotential för ytjord- och bergvärme inom Sollentuna kommun. Potentialer och kostnader inkluderar drivel till värmepumpar. Räntefot 4 %.

I tabell 7.5 angivna kostnader inkluderar ej kostnader för resp fastighets radiatorsystem eller motsvarande. Kostnaderna är således jämförbara med de som i avsnitt 7.5.1 och 7.5.2 angivits för sjövärme, grundvatten- och avloppsvärme.

I tabellen angivna kostnader har baserats på normala avskrivningstider och servicekostnader och en realränta på 4 %. Speciellt för de småskaliga ytjord- och bergvärmesystemen, som ev direkt finansieras av resp fastighetsägare, kan andra beräkningsmetoder bli tillämpliga. Ett allmänt införande av de relativt sett kapitalintensiva ytjord- och bergvärmesystemen förutsätter utnyttjande av ekonomiska styrmedel, t ex förmånliga finansieringsvillkor.

8. VÄRMELAGRING

8.1 Allmänt

Den utnyttjningsbara energipotentialen kan för några av naturvärme-källorna avsevärt förbättras genom säsongslagring av värme.

Säsongslagring kräver stora lagervolymer för att värmeförlusterna i förhållande till den inlagrade värmen skall kunna hållas på en acceptabel nivå. Lagret bör dessutom ha en sådan form att avkylningsytorna är små i förhållande till den inneslutna volymen. Härav följer att ytjordvärme- och bergvärmesystem (enstaka borrhål) ej är lämpliga för säsongslagring. Dessa systems prestanda kan likväl förbättras genom aktiv laddning sommartid. Det är emellertid då i första hand fråga om att efter en uttagssäsong påskynda eller försäkra sig om den nedkylda markens återställning till normal omgivningstemperatur. En ytterligare temperaturhöjning är vid dessa system i det närmaste verkningslös på grund av stora värmeförluster till omgivningen.

I samband med utnyttjande av grundvattenvärme eller avloppsvattenvärme kan säsongslagring principiellt vara tillämplig i de fall utvinningsystemen har så stor installerad effekt att den ej helt kan utnyttjas sommartid.

8.2 Lagring av sjövärme

Som framgår av t ex fig 6.3 och 6.4 innehåller sjöarna sommartid mycket stora energimängder. På grund av den naturliga avkylningen, starkt påskyndad av vattenomblandningen på hösten, är dock sjöns energiinnehåll under vintern litet. Ca 90 % av det maximala värmeinnehållet under sommaren har förlorats. Sjön i sig själv är således ett dåligt säsongslager.

Vattentemperaturen i sjöarna är under vintermånaderna låg, ofta endast 1 å 3°C. Ett energiuttag vintertid innebär att värmepumpen måste arbeta med lägre ingångstemperatur och små temperatursänkningar. Samtidigt är den totalt tillgängliga energimängden endast en bråkdel av den som finns tillgänglig sommartid. I vissa fall kan det av ekologiska skäl t o m vara olämpligt att vintertid över huvud taget göra energiuttag från sjöar. En lagring från sommar till vinter av sjöns värmeinnehåll skulle därför erbjuda stora fördelar.

Sjövärmes kan lagras genom att i stor skala infiltrera sommarvarmt sjövattnet i de naturliga grundvattenmagasinen. Effekt- och energiuttaget från dessa kan då ökas genom en något högre vintertemperatur än de annars skulle haft.

Sjövärme kan storskaligt lagras även i bergrum, borrhålsmagasin eller djupjordlager i lera. Bergrum och borrhålsmagasin i berg har relativt höga anläggningskostnader. En hög lagringskapacitet per volymenhet är därför nödvändig. Detta kan uppnås genom att laddningstemperaturen med hjälp av värmepump höjs väsentligt över

den normala sjövattemperaturen. Lagret kan härigenom utnyttjas inom ett temperaturintervall från t ex $+10^{\circ}\text{C}$ till $+70^{\circ}\text{C}$. Vid urladdning vintertid kan samma värmepump användas för ev erforderlig ytterligare temperaturhöjning för inmatning på distributionsnätet.

(AIB utreder för närvarande på uppdrag av BFR tekniska och ekonomiska förutsättningar för säsongslagring av värme utvunnen genom värmepumpning på sommarvarmt sjövatten. Rapport beräknas föreligga våren 1982.)

Genom säsongslagring i kombination med värmepumpning kan sjöarnas värmepotential kraftigt förbättras, ibland mångdubblas. Den tillkommande lagerkostnaden dvs kostnad utöver den i avsnitt 7.2 angivna kostnaden för sjövärme har t ex för ett borrhålsmagasin uppskattats till 5 ä 10 öre/kWh.

LITTERATUR

- (1) Sollentuna Värmeplan. Förhandskopia
1979 Bergman & Co (Beco)
- (2) Värme i jord, berg och vatten
Utvinning och lagring. BFR T1 1981
- (3) Borrhålslager i berg för säsongslagring av värme
Sören Andersson m fl, BFR R66:1981
- (4) Beskrivning av geologiska och hydrologiska förhållanden
inom Sollentuna kommun, AIB 026455, 1974-10-16
- (5) Dynamic Studies in Lake Velen. International Hydrological
Decade Sweden, Report 31, 1973 Edsviken
- (6) Vattenomsättning och språngskiktströrelser i Edsviken,
Reinius E, Hydén H, 1973
Bulletin nr 85 Hydrauliska lab. KTH och Väg- och Vatten-
byggaren 5, 1973
- (7) PM ang restaureringsåtgärder i Edsviken 1972-1979,
VBB 1979-11-30, Edsvikens sanering 12873-008
- (8) Spillvärme från jästfabrik för bostadsuppvärmning.
Förstudie. Rune Hardell, Ulf Liljequist, BFR R132:1980
- (9) Utvinning av värme ur bergborrade brunnar. Förstudie.
Sören Andersson m fl, BFR R142:1980

Inventering för bedömning av yttjordvärmepotentialTabell 1. Områden med uppgift om jordart och vattenkvot

Område	Borrhål	Djup	Jordart	Vattenkvot	Provtagn. datum
1	A	0,1-0,5	Ngt moig torrskorpelera	17	1970 10
		0,5-1,0	Torrskorpelera	33	
		1,0-2,0	Torrskorpelera	39	
	B	0,0-0,5	Moig torrskorpelera	21	22/16
		0,5-1,0	Finmoig torrskorpelera/finmo	22/16	
		1,0-1,3	Moig lera	24	
	C	0,0-0,4	Mullhaltig mo	12	43/31
		0,4-1,0	Ngt moig torrskorpelera	43/31	
		1,0-2,0	Moig lera	35/20	
2	A	0,4-1,4	Ngt moig torrskorpelera	27	1973 06
3	A	0,0-1,0	Moig torrskorpelera	21	1973 06
		1,0-2,0	Moig lera och lerig mo	27/16	
	B	0,1-1,5	Moig torrskorpelera	22	
4	A	1,0	Varvig torrskorpelera	27	1972 10
5	A	0,3-0,7	Något finmoig torrskorpelera	28	1974 10
		0,7-1,6	Något finmoig torrskorpelera	24	
	B	0,0-0,5	Finmoig torrskorpelera	19	
		0,6-1,6	Något finmoig torrskorpelera	23	
6	A	0,0-0,5	Finmo, torrskorpelerklumpar	15	1975 12
		0,5-1,3	Finmoig torrskorpelera	20	
	B	1,0-1,5	Något moig torrskorpelera	27	
7	A	0,0-0,5	Finmo, torrskorpelerklumpar		1975 12
		0,5-1,3	Finmoig torrskorpelera		
8	A	0,0-0,6	Något moig torrskorpelera	28	1975 12
		0,6-1,0	Moig lera	25	
		1,0-1,9	Moig lera	27	
9	A	0,2-1,2	Torrskorpelera	31	1975 02
10	A	0,0-0,5	Grusig moig torrskorpelera	27	1975 10
		0,5-1,5	Moig torrskorpelera	50	
11	A	0,5-1,0	Moig torrskorpelera	24	1975 10
		1,0-1,5	Moig torrskorpelera	22	

Område	Borrhål	Djup	Jordart	Vatten kvot	Provtagn datum
12	A	0,1-0,5 0,5-1,2	Siltig torrskorpelera Torrskorpelera	25 35	1976 10
	B	0,0-0,5 0,5-1,0 1,0-2,2	Torrskorpelera, sand o grus- inslag Siltig sand Något siltig lera	34 20 45	
13	A	0,0-0,3	Siltig torrskorpelera	32	1977 03
		0,3-0,9	Något siltig torrskorpelera	32	
		0,9-3,5	Siltig sand	10	
14	A	0,0-1,0	Siltig torrskorpelera	25	1977 04
		1,0-2,5	Siltig sand, lerinslag	20	
15	A	0,2-1,0	Siltig finsandig torrskorpe- lera	18	1977 07
		1,0-1,8	(Torrskorpe-)lera, siltinslag	34	
	B	0,15-0,7 0,7-1,2 1,2-1,6	Siltig torrskorpelera Siltig torrskorpelera (Torrskorpe-)lera, siltinslag	24 26 38	
16	A	0,0-0,2	Torrskorpelera	31	1977 08
		0,2-1,7			
		0,1-0,3 0,3-0,7 0,7-1,2	Siltig lera Siltig torrskorpelera Siltig torrskorpelera	25 26 31	
17	A	0,0-0,3	Siltig (torrskorpe-)lera	34	1977 12
		0,3-1,0	Sandig siltig torrskorpelera	34	
		1,0-2,0	Siltig torrskorpelera	31	
18	A	0,3-1,0	Något finsandig siltig lera	38	1977 12
		1,0-2,0	Något finsandig siltig lera	37	
18	A	0,0-0,1	Grusig sand	8	1977 12
		0,1-0,7	Något siltig grusig sand	7	
19	B	0,1-0,4	Något siltig grusig sand	10	1978 04
		0,4-0,7	Grusig sand	7	
19	A	0,5-1,1	Något siltig torrskorpelera	29	1978 04
20	A	0,5-0,9	Sandig torrskorpelera	22	1978 04
		0,9-1,1	Sandig torrskorpelera	32	

Område	Borrhål	Djup	Jordart	Vatten kvot	Provtagn datum	
21	A	0,0-0,3	Gyttjig lera	55	1978 05	
		0,3-0,6	Torrskorpelera	41		
	B	0,0-0,4	Torrskorpelera	25		
		0,4-1,1	Torrskorpelera, siltinslag	26		
		1,1-1,6	Torrskorpelera, silt o sandinslag	23		
	C	0,0-0,2	Sandig siltig lera	20		
		0,2-1,3	Siltig torrskorpelera	20		
		1,3-1,5	Grusig sandig torrskorpelera	14		
	D	0,1-0,6	Något finsandig torrskorpelera	22		1978 12
		0,6-1,1	Något finsandig torrskorpelera	21		
1,1-1,5		Finsand och lera	24			
22	A	0,1-0,7	Sandig lera, gruskorn	27	1978 05	
		0,7-1,2	Något siltig sand, gruskorn	18		
	B	0,1-1,1	Sand	17		
		1,1-1,9	Något grusig sand	16		
23	A	0,3-1,4	Siltig sandig (torrskorpe)lera	26	1978 05	
	B	0,0-0,3	Sandig siltig lera	27		
		0,3-0,9	Sandig siltig (torrskorpe)lera	19		
		0,9-1,2	Sandig siltig lera	32		
		1,2-1,4	Sandig siltig lera	25		
24	A	0,1-0,4	Något siltig (torrskorpe)lera	26	1979 02	
		0,4-1,2	Siltig torrskorpelera	22		
	B	0,1-0,7	Sandig lera	24		
		0,7-1,6	Något siltig torrskorpelera	29		
	C	0,3-1,0	Siltig torrskorpelera	32		
		1,0-1,6	Torrskorpelera	52		
25	A	0,2-0,8	Sandig torrskorpelera	25	1980 02	
		0,8-1,2	Något sandig (torrskorpe)lera	37		
		1,2-1,7	(Torrskorpe)lera	40		
26	A	0,2-0,9	Sandig torrskorpelera	28		
		0,9-2,2	Skiktad sand och lera	20		
27	A	0,1-0,4	Torrskorpelera	30	1980 12	
		0,4-1,2	Siltig lera	36		
	B	0,1-1,6	Torrskorpelera	38		

Tabell 2. Detaljstuderade kvarter

Kvarter: Gillbergavägen - Ytterbyvägen - Vasavägen -
Fabriksvägen

Typ av
bebyggelse: Äldre villaområde, delvis förtätat

Total areal:	kvartersmark	17 900 m ²	
	byggnader	1 800 m ²	15 hus
	körytor	1 200 m ²	
	trädgård	14 900 m ²	
Närliggande parkmark		900 m ²	

Gillbo skolan

Total areal:	tomtmark	10 098 m ²
Uppvärmningsyta		2 838
Areal	byggnader	2 300 m ²
Areal	tomt inkl bollplan och gymn	17 500 m ²
Areal	bollplan	3 000 m ²
Areal	gräsytor	2 400 m
	berg	800 m ²
	asfaltytor etc	9 000 m ²

Kv Slänten

2 vånings radhus

Total areal:	kvartersmark	8 300 m ²
areal:	byggnader	3 000 m ²
areal:	köryta	500 m ²
areal:	gräsytor	1 400 m ²
areal:	trädgård parkeringsyta	3 400 m ²
Närliggande parkmark		-

Kv Slagan

2 vån radhus samt 1 villa

Total areal:	kvartersmark	17 800 m ²
	byggnader	4 400 m ²
	körytor	1 100 m ²
	grönytor	1 800 m ²
	"trädgård" parkering	9 500 m ²
	villatomt	1 000 m ²
Närliggande björkskog		2 000 m ²
Närliggande lekplats		1 700 m ²

Oxelvägen - Astervägen - Alvägen - Vallmovägen

Äldre villaområde 10 st

Total areal:	kvartersmark	13 200 m ²
	byggnader	1 100 m ²
	körytor	600 m ²
	trädgård	11 500 m ²
Närliggande parkmark etc		3 300 m ²

Häggviksskolan

Total areal	tomtmark	38 068 m ²
Uppvärmningsyta		15 230 m ²
Areal	byggnads	6 800 m ²
	asfaltytor	14 500 m ²
	grus och gräsytor	16 700 m ²

Översiktlig beräkning av tillgängliga arealer för ytjordvärme
inom Sollentuna kommun

Utgångsdata (1990)

Totalt exploaterad areal, brutto	21 milj m ²
Antal lägenheter	22 000 st
24,5 mil gata och vägar 10 m medelbredd	2,5 milj m ²

Vid avräkning av mark som användes för gator och vägar (2,5 milj m²)
och är bebyggd (22 000 x 75 = 1,6 milj m²) återstår 16,9 milj m².

En bedömning av tillgänglig areal med ledning av ovanstående och
besiktningen av yt-kvarteren ger följande:

Nivå 1	Inga betydande förändringar i markanvändningen 20 % av exploaterad bruttoareal ger	4,2 milj m ²
Nivå 2	Befintliga fruktträd, planteringar m m offras 30 % av brutto ger	6,3 milj m ²
Till ovanstående arealer tillkommer ytor inom randområden till bebyggelsen 30 000 x 100 m =		3 milj m ²

Jordartsfördelningen inom Sollentunas bebyggda delar 1990 har
beräknats enligt nedanstående:

	milj m ²	%
Morän och berg	8,9	40
Sand och grus	2,1	10
Lera	<u>10,0</u>	<u>50</u>
Totalt	21,0	100

Inom randområdena har en viss utsortering av områden med olämplig
topografi utförts, varför jordartsfördelningen är något annorlunda.
Lerområden 65 %, morän och berg 35 % och sand och grus saknas.
Detta ger följande:

Lerområden	1,95 = 2 milj m ²
Morän och berg	1,05 = 1 milj m ²

Detta ger följande fördelning:

Nivå 1

	Bebyggt område	Randområden	Totalt
Lerområden	2,1 milj m ²	2 milj m ²	4,1 milj m ²
Sand och grus	0,4 milj m ²	-	0,4 milj m ²
Morän och berg	1,7 milj m ²	1 milj m ²	2,7 milj m ²

Nivå_2

	Bebyggt område	Randområden	Totalt
Lerområden	3,2 milj m ²	2 milj m ²	5,2 milj m ²
Sand och grus	0,6 milj m ²	-	0,6 milj m ²
Morän och berg	2,5 milj m ²	1 milj m ²	3,5 milj m ²

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
800262-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till Allmänna Ingenjörbyrå AB, Stockholm.**

R95: 1983

ISBN 91-540-3975-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700795

**Abonnementsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 30 kr exkl moms