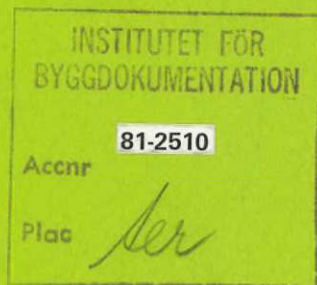


Att använda branddammar för värmelagring

Utredning för ett framtida
fjärrvärmesystem i Tidaholm

Ken Dahlstrand
Ingvar Edelborg



R146:1981

ATT ANVÄNDA BRANDDAMMAR FÖR VÄRMELAGRING
Utredning för ett framtida fjärrvärmesystem i Tidaholm

Ken Dahlstrand
Ingvar Edelborg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790890-2 från
Statens råd för byggnadsforskning till Tidaholms kommun.

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

R146:1981

ISBN 91-540-3630-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

	Sid.
1. SAMMANFATTNING AV RESULTAT	6
2. INLEDNING	9
3. FJÄRRVÄRMENÄT	10
3.1 Inventering av värmebehov	10
3.2 Värmebehovets tidsberoende	10
3.3 Distributionssystem	11
4. HETVATTENCENTRAL	13
4.1 Pannutrustning	13
4.2 Pannstorlekar	15
4.3 Begreppsförklaring - värmelagring	15
4.4 Värmelagring	17
5. BRÄNSLETILLGÅNGAR	19
5.1 Allmänt - Skogsavfall	19
5.2 Allmänt - Industriellt träavfall	20
5.3 Bränsleegenskaper och leveransfrågor	20
5.4 Energibehov	21
5.5 Bränsleleverantörer	22
6. BETONGACKUMULATORER	24
6.1 Förutsättningar	24
6.2 Betongvägg	24
6.3 Urlakning	24
6.4 Isolering	24
6.5 Värmspänningar i vägg	26
6.6 Kostnader	27
7. STALACKUMULATORER	28
7.1 Alternativ I - Trycklös stältank	28
7.1.1 Driftsdata	28
7.1.2 Botten, mantel, flytande tak, yttertak och utrustningsdetaljer	29
7.1.3 Korrosionstillägg	29
7.1.4 Gummiduk för tätning av flytande tak	29
7.1.5 Fundament	29
7.1.6 Isolering	30
7.1.7 Utmattning på grund av temperaturväxlingar i kärlet	31
7.1.8 Kostnads kalkyl	33
7.2 Alternativ II - Tryckkärl	34
7.2.1 Fundament	35
7.2.2 Kostnads kalkyl	35
8. SYSTEMLÖSNING	37
9. UTVÄRDERING	38
9.1 Ekonomi	38
9.1.1 Intäkter	39
9.1.2 Finansiering	39
9.2 Förvaltningsform	39
9.3 Personal	40
9.4 Miljö	40
9.4.1 Luftföroreningsinverkan på miljön	41
9.4.1.1 Koldioxid	41

	Sid.	
9.4.1.2	Koloxid	41
9.4.1.3	Kväveoxider	41
9.4.1.4	Svavel	42
9.4.1.5	Tungmetaller	42
9.4.1.6	Partiklar	43
9.4.2	Analys	44
9.4.2.1	Koldioxidmängd	45
9.4.2.2	CO- och kolväten	45
9.4.2.3	Kväveoxider	47
9.5	Försörjningstrygghet och oljeberoende	48
9.6	Flexibilitet	48
BILAGA 1	Tilltänkta abonnenters geografiska lägen med beräknade anslutningseffekter	49
BILAGA 2	Varaktighetsdiagram för värmeförbrukningen	50
BILAGA 3	Dygnsvariationer i fjärrvärmebelastningen	51
BILAGA 4	Kulvertsträckning för 120/70°C-systemet	52
BILAGA 5	Distributionskostnader - 120/70°C	53
BILAGA 6	Distributionskostnader - 120/70°C och 70/35°C	55
BILAGA 7	Varaktighetsdiagram för värmeförbrukningen	57
BILAGA 8	Varaktighetsdiagram för värmeförbrukningen	58
BILAGA 9	Varaktighetsdiagram för värmeförbrukningen	59
BILAGA 10	Nätlast - pannreglering under ett sommar-dygn	60
BILAGA 11	Nätlast - pannreglering under ett vinter-dygn	61
BILAGA 12	Temperaturvaraktighet	62
BILAGA 13	Årligt värmebehov	63
BILAGA 14	Förfrågningar till bränsleleverantörer	64
BILAGA 15	Avfallsbränsle från Vulcan och Marbodol	65
BILAGA 16	300 m ³ -behållare	66
BILAGA 17	600 m ³ -behållare	67
BILAGA 18	1000 m ³ -behållare	68
BILAGA 19	300 m ³ -betongackumulatör	69
BILAGA 20	600 m ³ -betongackumulatör	70
BILAGA 21	1000 m ³ -betongackumulatör	71
BILAGA 22	Värmeackumulatör - trycklös ståltank	72
BILAGA 23	Värmeackumulatör - trycklös ståltank, kostnadsdiagram	73
BILAGA 24	Värmeackumulatörer - slutet tryckkärl	74
BILAGA 25	Värmeackumulatör - tryckkärl kostnadsdiagram	75
BILAGA 26	Årlig elkraftförbrukning	76
BILAGA 27	Elkraftförbrukning sommartid	77
BILAGA 28	Elkraftförbrukning vintertid	78
BILAGA 29	Nätlast och icke utnyttjad effekt i eldistributionssystemet under sommartid	79
BILAGA 30	Nätlast och icke utnyttjad effekt i eldistributionssystemet (vintertid)	80
BILAGA 31	Tryckackumulatör 300/350 m ³	81
BILAGA 32	Trycklös stålackumulatör eller betongackumulatör	82
BILAGA 33	Silobyggnad 1000 m ³ av stålbalk och plank	83
BILAGA 34	De totala årskostnadernas variation med oljepriset	84

	Sid.
BILAGA 35 De totala årskostnadernas variation med vedbränslepriset	85
BILAGA 36 Intäkter från fjärrvärmesaxa	86
BILAGA 37 Föroreningar vid on/off drift	87
BILAGA 38 Specifika kostnader	88

1. SAMMANFATTNING

Den planerade begränsade fjärrvärmeverksamheten i Tidaholms tätort omfattar försörjning av industrier och kommunala byggnader, såväl befintliga som tillkommande och beräknas få en maximal storlek av 7,8 MW sett såsom anslutningsvärde. Det beräknade nattoenergibehovet blir 16100 MWh per år om samtliga objekt ansluts. Kostnaderna för distributionssystemet har kalkylerats till 1,9 Mkr. En produktionsanläggning med panneffekten 6,6 MW föreslås bli installerad. Även en reservutrustning ställs upp. Beroende på bränsletillgången på platsen och användbarheten av en värmeackumulator i systemet har fyra olika lösningar för produktionsanläggningen analyserats. Bland dessa finns även ett fall där elfektöverskottet nyttiggöres för värmeproduktion. De beräknade totalinvesteringsbehoven och de beräknade totala årskostnaderna framgår nedan. Räntor och avskrivningstider är valda enligt praxis i dagens läge.

Teknisk lösning	Total investering Mkr	Totala årskostnader Mkr
Nr 1 Fastbränsle med ackumulator 300 m ³ 4+4+2,6 MW	9,7	2,52
Nr 2 Tjockoljaeldning 3x3,3 MW	5,9	2,64
Nr 3 Elbaserad produktions- anläggning med ackumulator 350 m ³ 4+4+2,6 MW	6,4	4,10
Nr 4 Fastbränsle utan ackumulator men med två pannheter 2+2+2,6+2,6 MW	9,4	2,48

Akkumulatorn har härvid beräknats såsom en trycksatt behållare med investeringskostnaden 0,6 Mkr, vilket bidrager med en årskostnad av 75 kkr.

Värdet av en ackumulatorfunktion i krigsbranddammarna i systemet skulle således vara högst ca 75 kkr per år.

Placeringen av krigsbranddammarna i Tidaholm medger dock ej att dessa används i uppvärmningssyfte.

Vid beräkningen av driftskostnaden för elenergialternativet har använts medelenergi priset 20 öre/kWh. Insättes i stället gränskostnaden 15 öre/kWh, erhålles en årskostnad av 3,11 Mkr. Elkraftalternativet kan ej konkurrera med tjockoljaeldning men väl med eldning med dyrare olja. I dagens läge eldas huvudsakligen med den dyrare lättoljan hos de presumtiva konsumenterna. Rörande fastbränslesidan har räknats med bränslepriset 7 öre/kWh och med detta pris blir vedeldningen konkurrenskraftig med både tjockolja och elkraftalternativet.

Sambandet mellan årskostnaderna och bränslepriserna har åskådliggjorts på bilagorna 34 och 35.

Det förefaller således som om fastbränslealternativen ur ekonomisk synvinkel ligger bäst till.

Insättning av ackumulator i systemet har konstaterats vara betydelsefullt för anläggningens verkningsgrad och föroreningarna från anläggningen. Verkningsgraden bedömes i genomsnitt bli förbättrad med 3-5 % genom att ej intermitterent eldning tillämpas. Vidare kan ytterligare gasnedkylning införas om eldningen bedrivs under väl kontrollerade former och med snävt lastområde. Verkningsgradsförbättringen blir i så fall uppemot 7 %. Totalt sett skulle fastbränsleförbrukningen kunna reduceras med nära 10 %. Detta svarar mot ca 150 kkr per år i lägre bränslekostnader.

Utöver de rent penningmässiga fördelarna innebär ackumulatoralternativet även flera fördelar ur miljösynpunkt, såsom lägre CO_2/CO -mängd och kolvätemängd, vilka säkerligen är betydelsefulla vid ett politiskt ställningstagande.

Ur personalsynvinkel räknas att anläggningen i samtliga alternativ göres automatisk och endast behöver tillsyn dagtid. Vedeldningen blir mest personalkrävande.

Priserna för de studerade ackumulatorerna framgår av bilagorna 23, 25 samt kapitel 6.

Trycklösa behållare av stål eller betong är avsevärt billigare vid större volymer än en behållare för övertryck. Emellertid går det att ackumulera nästan tre gånger så mycket energi i en trycksatt ståltank, som i en betongcistern beroende på de konstruktiva begränsningarna hos betongackumulatoren. Lösningar på hållfasthets och korrosionsfrågorna vid betongcisternen har föreslagits. Sålunda bör isoleringen helst sättas invändigt skyddad av ett gummiskikt. Vidare minimeras luftkontakten genom att taket göres flytande och membrantätat. Den högsta driftstemperaturen som konstruktionen medger blir 75-80°C.

Samtliga lösningar för ackumulatorsystemet kan anses såsom slutna relativt atmosfären och skulle därför kunna anslutas direkt till värmesystemen utan mellanliggande värmeväxlare.

Trycksatta ackumulatorer är känd teknik, medan de trycklösa konstruktionerna ännu ej tillräckligt provats för det aktuella ändamålet och således tills vidare ej bör användas utan skyddande värmeväxlare mot distributionssystemet och pannkretsen.

Sålunda föreslås när det gäller trycklösa ackumulatorer att en prototypanläggning kommer till stånd. Därvid bör driftstemperaturerna vara lägre än de som är aktuella för Tidaholms del.

Produktionsanläggningen inom Tidaholms tätort (zon 1) bör utrustas med en 300-350 m³ stålackumulator av trycksatt utförande, emedan driftstemperaturen i värmenätet behöver vara större än 80°C under minst 2000 driftstimmar per år.

Förbrukarna inom tätorten utgörs huvudsakligen av äldre objekt, vilkas sekundärsystem är utförda för driftstemperaturerna 90/70 eller 80/60°C.

Emedan det inom tätorten förutsätts att några lågvärdiga spillvärmekällor ej kommer att utnyttjas i det aktuella sammanhanget, väljes konstruktionstemperaturerna 120-70°C för fram- resp returledningen.

2. INLEDNING

På uppdrag av Tidaholms Elverk utreds förutsättningarna för en begränsad fjärrvärmeanläggning omfattande centrumbebyggelsen i Tidaholms tätort (zon 1 i energiplanen för kommunen).

Konsumenterna utgörs av dels inventerade befintliga objekt och dels en ny vårdanläggning. För dessa har olika distributionssystem analyserats.

I utredningsdirektiven avses huvuddelen av energitillförseln utgöras av vedbränsle då det inom det aktuella området inte bedöms som rimligt att utnyttja spillvärme. Inom kommunen finns dock industriellt träavfall tillgängligt, vilket lämpar sig för bränsleändamål. Externa bränsleleverantörer har kontaktats.

För produktionsanläggningen studeras alternativa lösningar där speciell hänsyn har tagits till ett eventuellt användande av värmeackumulatorer.

Standardlösningar för krigsbranddammar utförda i betong undersökes och modifieras så att lagring av varmt vatten möjliggörs. (Redovisat i förstudie dat 1980-04-10).

Betong- och stålackumulatorer studeras vad avser optimala tekniska lösningar och ekonomi.

En systemlösning vad avser produktion, värmelagring, distribution och abonnenter framtages varvid investeringar, årskostnader, taxor, finansiering, förvaltningsform och värdet av införandet av en ackumulator analyseras.

Härefter utvärderas förslaget med avseende på ekonomi, personalbehov, miljö, oljeberoende och flexibilitet.

Kalkylerna baseras på prisnivå vid halvårsskiftet 1980.

3. FJÄRRVÄRMENÄT

3.1. Inventering av värmebehov

Uppgifter har inhämtats om oljeförbrukningen vid större panncentraler. För att fastställa de maximala värmebehoven har följande formel använts:

$$E = Q \times H \times n / T$$

där

E = Maximalt värmebehov i kW vid dimensionerande utetemperatur

Q = Årlig oljeförbrukning i m³

H = Oljans effektiva värmevärde

T = Utnyttjningstider för det maximala värmebehovet uppskattad till 2000 timmar (osammanlagrat)

n = Panncentralerna verkningsgrad uppskattad till 0.8

Ur bilaga 1 framgår abonnenternas geografiska placering samt beräknade anslutningseffekter och i bilaga 2 presenteras ett varaktighetsdiagram över värmeförbrukningen.

Härur framgår att den totalt anslutna effekten beräknas till 7.8 MW och det sammanlagrade effektbehovet till 6.6 MW. Det totala nettoenergiebehovet beräknas till ca 16100 MWh.

3.2. Värmebehovets tidsberoende

Eldningssäsongen i Tidaholm varar i 226 dagar och i bilaga 3 finns dygnsvariationer i fjärrvärmebelastningen.

Av det totala energibehovet för uppvärmning respektive tappvarmvatten uppskattas 10 % gå åt för uppvärmning av tappvarmvattnet. Normalt anges denna siffra till 20 % men på grund av att det finns så få bostäder i det aktuella området så används 10 %.

För täckning av kulvertförlusterna erfordras ca 50 kW.

Under sommarmånaderna erfordras energi huvudsakligen för uppvärmning av tappvarmvatten, varmhållning av kulvert samt för industriellt behov. Under sommarmånaderna uppgår energibehovet till ca 6 MWh/dygn varav behovet nattetid (18.00 - 06.00) uppgår till ca 0.7 MWh.

Med tilltänkta abonnenter uppgår energibehovet under januari till ca 80 MWh/dygn. Nattetid (18.00 - 06.00) uppgår energibehovet till ca 35 MWh. Under extremt kalla dagar med utnyttjande av all tillgänglig värmeeffekt, utom reserverna, blir energiförbrukningen ca 6.6 MWh/timme.

3.3. Distributionssystem

Bland de viktigaste faktorerna av betydelse för utbyggnaden av fjärrvärmeverksamheten kan nämnas bland annat belastningstätheten, befintliga större panncentralers lägen, topografi och speciella hinder för kulvertdragning.

Faktorer som påverkar valet av distributionsområde är till exempel placering av produktionsanläggning, ålder på befintliga panncentraler, eventuella spillvärmekällor samt energipris.

Disbstitutionsområdet omfattar dels befintlig bebyggelse i centrum och dels planerad vårdcentral med sjukhem. Tilltänkta abonnenter framgår av bilaga 1. Den totalt anslutna effekten uppgår till ca 7.8 MWh och den från produktionsanläggningen levererade energin till ca 16100 MWh.

Distributionssystemet dimensioneras med de konventionella temperaturerna 120°C och 70°C i fram- respektive returledningen. I bilaga 4 presenteras nätutläggningen och i bilaga 5 specificeras dimensioner, längder samt kostnader för kulvertar, undercentraler och serviser.

Distributionskostnaderna sammanfattas i tabellen på nästkommande sida.

För att eventuellt underlätta ett utnyttjande av värmeackumulatorer studeras ett distributionssystem där vårdcentralen och sjukhemmet ansluts till ett lågtempererat fjärrvärmesystem samtidigt som övriga abonnenter ansluts till ett konventionellt fjärrvärmesystem. Primärsidan dimensioneras för $70/35^{\circ}\text{C}$ och sekundärsidan för $50/30^{\circ}\text{C}$.

Dimensioner, längder samt kostnader för kulvertar, undercentraler och servisledningar framgår av bilaga 6. Distributionskostnaderna sammanfattas dessutom i nedanstående tabell.

	120/70°C-system		120/70°C och 70/35°C	
	Med idrotts- hall	Utan idrotts- hall	Med idrotts- hall	Utan idrotts- hall
Kulvertar	900	675	960	735
Underc.	1130	1060	1180	1110
Serviser	175	160	180	165
Totalt	2205	1895	2320	2010

Under utredningen används distributionssystemet som omfattar 120/70°C-system utan idrottshallen ansluten.

4. HETVATTENCENTRAL

4.1 Pannutrustning

Förbränningsutrustningar förekommer huvudsakligen såsom förugn med fast snedrost, förugn med undermatning, kylld snedrost och cyklonugn.

För uppgiften i pannhuset lämpar sig pannor som i framtiden kan ändras för drift med högre tryck och temperatur, 6-10 bar 160°C.

Eldrörspannor, tubpannor eller vattenrörpannor är lämpliga. Plåtpannor är i dag mindre rekommendabla med hänsyn till den höga skadefrekvensen vid oljeeldning. Plåtpannor innebär pannor av den typ som används allmänt i värmeledningssystem. Priset blir dock något högre med de inledningsvis omtalade panntyperna i jämförelse med plåtpannorna.

Pannorna för oljeeldning kan eldas med övertryck i eldstaden. Därigenom behövs ej någon avgasfläkt. Priset sjunker därmed.

Fastbränslepannan måste eldas med undertryck i eldstaden, då den ej kan göras gastät. Således kommer den att vara försedd med avgasfläkt. Varje panna utrustas med en ganska stor cirkulationspump, för att temperaturen skall bli jämn och hög i alla delar i pannan vid låglast, liksom höglast.

Returvattnets temperatur i fjärrvärmenätet kan bli så låg som 55-60°C, vilket betyder att till och med vattendaggpunkten underskrides på gassidan i pannorna.

Med andra ord skulle vatten, tjäror och syror kunna fällas ut på pannytorna. Den oljeeldade pannan är mest utsatt för sura svavelprodukter.

Arbetsområdet för vattentemperaturerna kan på vanligt sätt hållas vid 75-120°C så länge som inte fjärrvärmesystemet är fullt utbyggt. Panncirkulationspumparna ombesörjer således en återcirkulation av lämplig mängd framledningvatten. I ett senare läge skall pannorna kunna kompletteras för drift vid 135-160°C vattentemperatur, varvid man genom värmeväxlare skiljer pannorna från fjärrvärmenätet.

Anledningen härtill är att såväl distributionsnät, som produktionsanläggning därmed blir utförda för konstruktionstryckklassen 16 bar.

Under utbyggnaden räcker ofta 6-10 bar tryckfall för distributionen av energin och är ekonomiskt fördelaktigt.

Flera panntillverkare framställer knappast pannor över 10 bar. Vanligen väljs 6 bar. De förra kan således med fördel i ett senare läge separeras från huvudnätet och drivas såsom hetvattenpannor i stället för varmvattenpannor. Viss ökad besiktningsinsats fordras dock. Men i gengäld vinnns fördelar i hållbarhet och verkningsgrad under den slutliga användnings-etappen.

Vid fel i eldningsutrustningen skall pannornas värmeeffekt normalt kunna avblåsas såsom ånga genom säkerhetsventiler, vilka öppnar nära konstruktionstrycket. Vid fastbränslepannor kan det beroende på ugnskonstruktionen bli fråga om att extra vattenvolymer insättes så att ej kokning eller överhettning inträffar vid cirkulationsbortfall. Särskilt viktigt är detta i de fall när konstruktionstemperaturen väljs så låg som 120°C för pannutrustningen. Pannorna utrustas med skydd mot torrkokning vilket avbryter eldningen. En rad andra skyddsfunktioner kan även stoppa eldningen i pannorna.

De flesta utförande och säkerhetskraven är specificerade i normer.

Lastfördelningen mellan olika pannor kräver en viss automatik, liksom beredskapen hos reservpannorna.

Vattenflödet i fjärrvärmenätet skall således omfördelas med hänsyn till den effekt en panna kan avge eller avger momentant. En panna som står still skall generellt sett ej ha någon vattencirkulation, förrän vid start.

Driften blir lugnast om vattenflödet till konsumentensida hålls i cirkulation över en särskild shuntkrets. Därigenom ökar säkerheten mot övertemperaturstörningar, liksom att abonnenterna får tillräcklig vattencirkulation i alla lägen.

4.2 Pannstorlekar

Med hänsyn tagen till att värmeackumulering eventuellt kommer att införas i fjärrvärmesystemet studeras olika lösningar för produktionsanläggningen.

Ett alternativ innefattar 2 x 2,0 MW fastbränslepannor och 2 x 2,6 MW oljebaserade pannor. I bilaga 7 finns ett varaktighetsdiagram ur vilket pannornas beläggning framgår. Härvid kan ca 95 % av energibehovet tillgodoses med vedbränslen och resterande delen med oljebränslen.

Ett andra alternativ innefattar en 4,0 MW fastbränslepanna och en 2,6 MW och en 4,0 MW oljepanna. Ur bilaga 8 framgår pannornas beläggning. I detta alternativ kan ca 65 % av energibehovet tillgodoses med vedbränslen och resterande delen med oljebränslen.

Differensen mellan 1 x 4,0 MW och 2 x 2,0 MW fastbränslepanna vad avser fördelningen mellan vedbränsle och olja härrör från pannornas regleringsmöjligheter.

Som referensalternativ studeras en oljebaserad produktionsanläggning på 3 x 3,3 MW oljepannor, samt ett alternativ där produktionsanläggningen baseras på elkraft.

Produktionsalternativen har dimensionerats med full reservkapacitet vid bortfall av största produktionsenhet.

4.3 Begreppsförklaring - värmelagring

En värmeackumulator består av en bestämd mängd värmeupptagande medium. Oftast användes vatten, vilket förvaras i någon form av behållare ovan jord eller i marken. Behållaren kan vara trycksatt eller trycklös. En trycksatt behållare kan innehålla vatten med temperaturer väsentligt över 100°C, medan de s k trycklösa behållarna ofta arbetar i området 60-95°C.

Vatten har särskilt god värmekapacitet men även andra material såsom sten har ifråga om kapacitet per volymenhet nästan samma värden. Vatten kan emellertid lättast hanteras.

Korrosion är ett problem som berör både behållare av stål och betong. Korrosionen orsakas av luftens syre, kolsyra etc.

Vid uppvärmning resp avsvälning av större vattenmängder blir ej vattenmassans volymsändring försumbar. Därför måste särskilda expansions-system inrättas.

Vid lagring av varmvatten i isolerade behållare förlorar vattnet ej särskilt mycket temperatur under några dygns förvaring, men vid veckovis lagring försämras innehållets temperatur väsentligt.

Värmeackumulatorer kan utgöras av en enda behållare där varmt vatten automatiskt på grund av täthetsskillnader stannar i överdelen, skarpt avgränsat från kallare vatten i underdelen. När man behöver ta ut det varma vattnet för att täcka uppvärmningsbehoven, pumpas kallt vatten in i underdelen, vilket tränger ut det varma vattnet. Vid laddning av värmeackumulatören inpumpas varmvatten i toppen av behållaren. Då laddning och urladdning ej kan pågå samtidigt kan anordningarna för dessa uppgifter vara desamma i bägge fallen. Endast strömningsriktningarna alternerar.

Såsom alternativ till en enda ackumulatorcell kan arrangeras fackindela- de bassänger eller flera seriekopplade behållare.

Hela tiden eftersträvas att upprätthålla kvaliteten (temperaturen) hos den mängd hett vatten som en gång påfyllts i ackumulatorna.

Värmeledningsförmågan inuti en vattenmassa är drygt tio gånger större än för vanligt isolermaterial, varför skiktet mellan hett vatten i överdelen av behållaren och det kallare bottenvattnet, tämligen snabbt ombildas till ett skikt med glidande temperatur, vars tjocklek uppgår till 0,5 - 1,0 m inom något dygn. Därvid har också uppnåtts balans i värmeflödena i olika riktningar. Vid förnyad laddning av ackumulatören återställes det tämligen skarpa skiktet på nytt.

Kontaktytan mellan varmare och kallare vatten bör således vara liten om längre tids lagring åsyftas. Värmeackumulatorer som arbetar på det sätt, som ovan beskrivits, brukar kallas skiktackumulatorer.

Kapaciteten hos en ackumulator är helt beroende på dels den temperaturskillnad det är möjligt att utnyttja, dels den effektiva volymen.

Följande karakteristiska data har studerats för olika behållartyper.

	Tempskillnad	Eff. volym
Trycklös betongtank	20°C	75 %
Trycklös ståltank	35°C	90 %
Trycksatt ståltank	60°C	95 %

Kapaciteten kan även uttryckas så, att per 100 m³ volym kan för de olika fallen försörjas följande antal villor med 10 kW effekt om laddning sker under 30 % av tiden och urladdning under resten av tiden för ett visst dygn med betydande medelbelastning.

Trycklös betongtank	ca 15
Trycklös ståltank	ca 25
Trycksatt ståltank	ca 44

I samtliga fall räknas med att returvattentemperaturen till ackumulatortank ej kommer att understiga 60°C.

I synnerhet vid de trycklösa systemen där värmeväxling mellan ackumulatorkrets och pannor resp distributionssystemen anses nödvändig tills vidare, måste denna temperatur förutsättas.

Den totala värmeförlusten från ackumulatorbehållaren uppgår till storleksordningen 15-20 kW.

4.4 Värmelagring

Fördelarna med en värmeackumulator i ett uppvärmningssystem har länge varit kända och ackumulatörer insattes ganska ofta när fastbränslen eldades förr i tiden, bl a vid de avfallseldade pannorna. Skälen var dels att kunna förbränna avfall utan att vara beroende av värmelasten, dels att kunna leverera ut värmen utan att personal behövde medverka. På så sätt uppnåddes även ekonomiska fördelar genom att avfallsvärmet nyttiggjordes och personal endast arbetade dagtid.

Genom att införa en värmeackumulator i uppvärmningssystemet i kombination med 1 x 4,0 MW fastbränslepanna kan ca 98 % av energin tillgodoses med vedbränslen. Se bilaga 9. I bilagorna 10 och 11 presenteras nätlast, pannreglering och ackumulering för såväl sommar-som vinterdygn.

Ur bilaga 12 framgår temperaturvaraktigheterna i ett konventionellt fjärrvärmesystem. Som ett alternativ studeras att en elpanna insätts i produktionsanläggningen i kombination med en trycktanksackumulator. I bilaga 26 framgår den nuvarande årliga elkraftsförbrukningen och i bilagorna 27 och 28 den nuvarande utnyttjade elektriska effekten under såväl sommar- som vintertid. Den icke utnyttjade effekten under sommartid presenteras tillsammans med nätlasten för fjärrvärmenätet i bilaga 29. Härav framgår att det inte föreligger något ackumuleringsbehov utan elöverskottet kan direkt utnyttjas för att tillgodose värmebehovet. Den icke utnyttjade elektriska effekten under vintertid framgår tillsammans med nätlasten i bilaga 30. Härav utläses att ett ackumuleringsbehov på ca 22 MWh/dygn föreligger vilket kräver ca 350 m³ effektiv ackumulatorvolym vid $t = 60^{\circ}\text{C}$. Ackumulatoren kommer härvid att utnyttjas ca 5 månader och motsvarande energimängd uppgår till 22 veckor x 5 dygn x 22 MWh = 2400 MWh/år. Förslaget utvärderas ekonomiskt i avsnitt 9.1.

5. BRÄNSLETILLGÅNGAR

5.1 Allmänt - Skogsavfall

Utvecklingen inom skogsvård och skogsavverkning som under senare tid ökat en del, har i skogen lämnat kvar en del bränsle av typen flis och skogsavfall. Detta bränsle består av toppar, grenar, stubbar, klenare träd, röjnings-, gallrings- och slutavverkningsvirke. Det troliga är att viss del av stubbrotssystemen och flis- och skogsavfallsråvaran kommer att kunna utnyttjas av cellulosa- och spånskiveindustrierna.

För den mobila skogsflisningen används skivhugg- och trumhuggmaskiner eller speciella huggpaket. Maskinerna lämnar jämn småkornig flis av längden 8 - 35 mm. För transport i skogen används traktorer och bilar.

Flis- och skogsavfallsbränslet kan variera ganska mycket och vara heterogent, dvs olikartat. Dess fuktighet kan ligga mellan 40 och 60 %.

Bränslets kemiska analyser kan jämföras med ved och bark.

Flisens och skogsavfallens effektiva värmevärde med fukthalten $f = F$ %/100 torde vara:

Barrskogsflis/skogsavfall:	18,7 - 21,2 f MJ/kg
Björkskogsflis/skogsavfall:	22 - 24,5 f MJ/kg
Lövträdsflis/skogsavfall, exkl björk:	19 - 21,5 f MJ/kg

Densiteten kg/lm^3 vid $F = 0$ %

Barrskogsflis/skogsavfall:	140 kg/lm^3
Björkskogsflis/skogsavfall:	180 kg/lm^3
Lövträdsflis/skogsavfall, exkl björk:	160 kg/lm^3

Medelvärden för blandflis/blandskogsavfall:

Effektivt värmevärde	$W_{\text{eff}} = 20 - 23 \text{ f MJ/kg}$
Densiteten för torrsubstans	$P_0 = 160 \text{ kg/lm}^3$

Priset är beroende på råvarans ursprung och fukthalten men följer rätt väl skogsråvarornas prislägen.

5.2 Allmänt - Industriellt träavfall

Spån

Spån i form av sågspån och kutterspån produceras och erhålles som avfall vid sågverk, träindustrier och snickerifabriker. Spånet band- eller lufttransporteras till ett lager eller förråd och därifrån till fabriken förbränningsanläggning eller per bil till annan förbränningsanläggning.

Fukthalten kan vara ganska hög för sågspånet, kanske upp till eller något mer än 60 % och för kutterspånet betydligt lägre 15 - 30 %.

Spånbränslets kemiska analyser kan jämföras med ved och bark.

Spånets effektiva värmevärde med fukthalten $f = F\%/100$ torde vara:

Sågspån:	20 - 22 f MJ/kg
Kutterspån:	20 - 22 f MJ/kg

Densiteten för torrsubstans P_o :

Sågspån:	130 kg/lm ³
Kutterspån:	85 kg/lm ³

Denna avfallstyp är lämplig för inblandning i vedbränslet. Priset kan dock vara relativt högt eftersom avfallet är en gäd råvara för annan produktion.

5.3 Bränsleegenskaper och leveransfrågor

Betydelsefulla egenskaper för vedbränslet är följande:

- Fukthalten bör hållas vid 35 - 40 %. Effekten vintertid reduceras ofta med kanske hälften genom att bränslet temporärt har hög fukthalt 50 - 60 %. Över 65 % blir effekten nära 0. Barrvedsbränsle är oftast fuktigare än lövvedsbränsle. Björk, bok etc är bäst. Flisen blir torr om den tillverkas av lagrat virke, vilket torkat under sommaren. Principen om först in först ut bör även gälla vid fuktigt bränsle.

- Fastmassavikten hos flisen ökar om storleken är varierande för bitarna. Hos flis sorterad till lika bitar, blir således fastmassan lägst. Normalt fastmassamått är 37 - 40 %.
- Flisen brukar innehålla en del stenmaterial och längre träbitar, varför sällning kan fordras om inte leveranskontrollen är tillräcklig.
- Flisleveransen kan regleras ekonomiskt genom att vedbränslet väges och fukthalten mätes.
Prisregleringen för flisen har vanligen bestämts till 50 % av oljeprisökningen. Samtidigt har även en koppling gjorts till björkmassavedens pris, så att detta inte underskridits. Det kan vara befogat att införa ett tak för prisutvecklingen i det senare fallet.
- Med biomassa eller torv skulle prisutvecklingen ej behöva vara kopplad till annan prisreglering än arbetskostnadsindex och levnads-kostnadsindex. Självkostnadsreglering vore sålunda att föredra.
- Flispriset skall vara så mycket lägre än oljans pris att merinvesteringen för vedeldningsanläggningen ryms i årskostnaderna tämligen snabbt eller efter senast en 3 - 5 år, vilket betyder att alltför små anläggningar och anläggningar med dålig utnyttjningstid kommer att sällas bort.
- Fuktig flis av framförallt lövved möglar efter kort tid vid olämpligt hög temperatur. Därför bör lagring av dylik flis insträmmas till under 1 vecka.

5.4 Energibehov

I kapitel 3 analyseras energibehovets variation dels under året och dels under ett dygn. Härav framgår att det totala nettoenergiebehovet beräknas till 16100 MWh. I bilaga 13 presenteras ett diagram där nettoenergiebehovet avses som funktion av tiden. Härav framgår att nettoenergiebehovet under sommarmånaderna beräknas till drygt 300 MWh/månad och maximalt 2500 MWh/månad under vintern.

5.5 Bränsleleverantörer

En inledande telefonkontakt med syfte att undersöka möjligheter och intresse av att leverera bränsle till "projekt fliseldning" har tagits med följande tänkbara bränsleleverantörer:

- Kafslås egendom, Tidaholm
- Vänerskog AB, Tidaholm
- LRF, Tidaholm
- SÄBI, Jönköping
- Marbodal AB, Tidaholm
- Södra Skogsenergi AB, Ronneby
- Vulcans Tändsticksfabrik, Tidaholm.

Härefter ställdes en förfrågan till Vänerskog, SÄBI, Södra Skogsenergi, Marbodal och Vulcan med frågor enligt bilaga 14.

Marbodal AB:

Överskottstillgångarna uppgår till 335 ton/månad under maj-september. Avfallet består huvudsakligen av spill, spånskivor och fiberskivor, och har en fukthalt på ca 10%. Nettoenergimängden uppgår till ca 4.8 GWh/år. I bilaga 15 är avfallsenergin inlagd i ett årsenergiagram.

Södra Skogsenergi AB:

Tidaholm ligger utanför Södra Skogsenergis geografiska leveransområde.

SÄBI:

Säbi har en stor omfattning på sina vedbränsleleveranser och bygger för närvarande en flisstation i Skövde-Falköpingsdistriktet. Företaget bedömer det som både möjligt och intressant att i framtiden eventuellt få leverera bränsle till "projekt fliseldning". Företagets kapacitet medger att hela vedbränslebehovet kan tillgodoses.

Vänerskog AB:

Har ej svarat på förfrågan.

Vulcan AB:

Avfallmängden uppgår till ca 2,5 ton/dygn under ca 220 dygn/år och består av trä och papper med en fukthalt på 6%. Nettoenergimängden uppgår till ca 2,0 GWh/år. I bilaga 15 är avfallsenergin inlagd i ett årsenergiagram.

I bilaga 15 har Vulcans avfall inlagts som baslast. Ur diagramet framgår att under de tider då Marbodals träavfall är tillgängligt är värmebehovet som lägst. Av Marbodals avfallstillgångar på 4,8 GWh/år går ca 35% att eldas direkt. Under maj-juni uppgår de outnyttjade delen av Marbodals avfall till ca 1,5 GWh. Av denna mängd kan 0,3 GWh lagras och täcka behovet under julimånad. Om bränslelagrets volym väljs till 1000 m³ kan ca 60% av Marbodals avfallstillgångar tillgodogöras varvid lagring sker under maj-juni och augusti samt uttag ur lagret under juli och oktober. För att tillgängligt träavfall helt skall kunna nyttiggöras krävs en lagervolym av ca 2400 m³ om avfallet flisas före lagringen.

Bränslet från Vulcans Tändsticksfabrik är mycket torrt och ganska brandfarligt vid hantering, varför det bör separathanteras via en stålsilo med kanske 50 m³ volym. Denna silo och transportanordning förses med särskilt brandskydd. Bränslet doseras till huvudbränsleflödet vid driftperioder med hög belastning. Sommartid eldast nära nog enbart denna sorts avfallsbränsle. Bränslet från Marbodals Industrier är ävenledes mycket torrt, men till skillnad från tändsticksavfallet består det som nämnts av större bitar. Dessa måste rivas till mindre stycken för att kunna matas automatiskt till en fastbränslepanna. Rivningen behöver dock ej utföras med en snabbgående hugg, utan bör med fördel kunna ske med en långsamgående rivare. Därefter lagras bränslet i samma silo, som eventuellt inköpt flis.

Arbetet med söderdelningen går snabbt (20-40 m³/s per timme) varför arbete endast behöver insättas dagtid. Fastbränslepannan fordrar som mest endast ca 5 m³s bränsle per timme. Bränslet har i detta fall skrymdensiteten ca 300 kg/m³ mot endast ca 50 kg/m³ för tändstickfabrikens avfall.

Den mängd överskottsbränsle, som ej förbrukas av Marbodal i dagens läge avyttras till en anläggning i Tibro för brikettframställning.

6. BETONGACKUMULATORER

6.1 Förutsättning

Tre olika stora behållare, 300, 600 och 1000 m³, har studerats. Förutsättningen har varit att ca en fjärdedel av vattenvolymen skall vara belägen under mark. För att få minsta kostnad har schaktmassorna balanserats, så att ett tillräckligt frostfritt djup även erhållits. Överskottsmassor har lagts upp i en släntgördel runt behållaren.

6.2 Betongvägg

Den cylindriska väggen har beräknats för rådande vattentryck. Till detta kommer inverkan av vattnets temperatur. Därvid har studerats dels den skiktvisa olika temperaturen i höjdded, dels det fall att skiktningen inte fungerar, utan vattentemperaturen ökar nedåt botten också. Det första fallet ger stora extraspanningar i en zon kring skiktgränssarna, som i första hand kräver tillskottsarmering inom dessa zoner. Det andra fallet ger tillskottsspänningar i väggens nedersta del och i bottenplattan.

6.3 Urlakning

Betong som byggnadsmaterial har den svagheten att den i kontakt med vatten blir utsatt för en urlakning av cementets mera lösliga beståndsdelar, varvid kalk, kalium m m utfälles. Det resulterar i att det bildas avsättningar i rör och ventiler och inte minst på värmeväxlarytor. Härigenom blir värmeutbytet kraftigt nedsatt, vilket praktiskt förorsakat problem. Behållarens väggar och botten bör därför beklädes med en vattentät duk av butylgummi. Sådant förfarande har använts på andra anläggningar med hittillsvarande gott resultat.

6.4 Isolering

Väggen ovan mark isoleras med mineralull, som vindskyddas och slutligen täcks med profilerad och lackerad plåt. Vattentytan täckes med en plåtponton, som isoleras med förslagsvis polyuretan eller annan cellplast. Mellan pontontaket och väggens krön tätas med butylduk. I pontonen anordnas ventil med vattenlås, varigenom ett slutet vattensystem erhål-

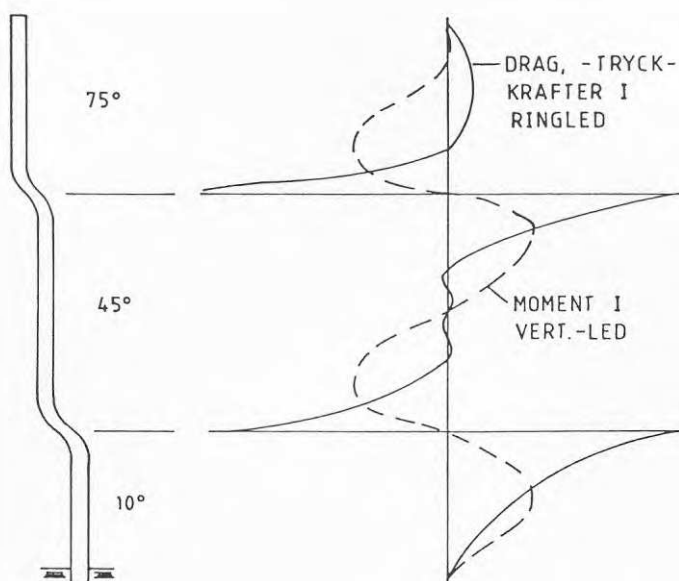
les. Skulle vattenytan sjunka mer än tillåtet hänger pontonen sig på väggfasta konsoler.

En annorlunda isolering av väggen skulle kunna vara att den placeras på insidan. Förslagsvis torde lämpligt sammansatt polyuretan eller annan cellplast kunna användas med butylduken som tätskikt även här. Fördelen skulle vara att man skulle kunna ha den rena betongväggen mot det fria och slippa plåtbeklädnaden. Dessutom skulle betongväggen inte utsättas för så starka temperaturspänningar som med utvändig isolering. Ur kostnadssynpunkt torde de båda sätten vara i stort sett likvärdiga.

Som allmänt väderskydd placeras överst ett plåt- eller papptäckt trätak, vilande på väggrönet och fäst vid detta. Det utföres som en med mobilkran avlyftbar hatt för att medge inspektion och revision av i första hand det flytande taket.

6.5 Värmspänningar i vägg

Vid utvändig isolering blir värmspänningarna i väggen mera accentuerade än då isoleringen finns på insidan. En teoretisk studie med skarpa skiktgränser ger vid handen att temperaturgränsen måste utbildas till en övergångszon för att få en utjämning av de starka ringdragkrafterna. Väggens deformation kan överdrivet åskådliggöras som visas.



Den teoretiska kraftfiguren visar spetsigt angräpande ringkrafter. Genom en övergångszon på minst 1 m med rätlinjigt varierande temperatur fås en mjuk övergång och måttliga krafter.

6.6 Kostnader

Kostnaderna har i första hand framräknats för att få en bild av variationen mellan olika behållarstorlekar. De absoluta värdena skall därför bedömas med försiktighet.

Lokala förhållanden spelar därvid en avgörande roll, likaså konkurrens-situationen vid ifrågavarande tidpunkt. Kostnadsberäkningarna framgår av bilaga 16, 17 och 18.

Behållare	<u>300</u>	<u>600</u>	<u>1000</u> m ³
Kostnad kkr	267	412	574
Arm.-tillskott	21	35	56
Oförutsett <u>42</u>	<u>73</u>	<u>90</u>	
	330	520	720 kkr
Kr/m ³	1100	867	720

7. STÅLACKUMULATORER

7.1 Alternativ I - Trycklös ståltank

Dessa kärl utföres som en stående cylinder utan inre övertryck, se bilaga 22. Kärln konstrueras enligt gällande normer för cisterner -Cisternnormer I - 1968.

Minsta godstjocklek i manteln är 6 mm.

Kärln har ett invändigt flytande tak som skall arbeta när vattnet expanderar. Flytande tak i cisterner används bl a inom den petrokemiska industrin och är där avsett att bl a förhindra avdunstning. I detta fallet är taket avsett att förhindra att vattnet kommer i beröring med luften och att bevara värmen i vätskan.

Taket är tätat mot atmosfären med en kontinuerlig gummiduk som är infäst i mantelns överdel och i det flytande taket. Taket är också försett med en tvångsavluftning så att vakuum ej uppstår vid en hastig tömning av kärlet.

Det mest ekonomiska utförandet av en stående cistern är att försöka efterlikna klotets form varvid man kommer fram till att diametern bör vara lika med höjden. Detta gäller dock endast för cisterner utan invändigt flytande tak. Då det flytande taken måste dimensioneras så att det kan upptaga sin egen vikt (plåt + isolering) när cisternen är tom kommer vikten att öka ju större diameter man väljer.

Vid utförda viktsberäkningar inom volymerna 150 till 1 000 m³ finner man att den bästa ekonomin erhålles då förhållandet 1:1,5 väljes mellan diameter och höjd. Höjden på cylindern skall alltså vara 1,5 ggr diametern.

7.1.1 Driftsdata

Innehåll.....Alkaliskt, syrefritt vatten
 Driftstemperatur.....95°C max
 Driftstryck.....Statiskt
 Densitet.....1 000 kg/m³

PH-värde.....9

7.1.2 Botten, mantel, flytande tak, yttertak och utrustningsdetaljer

Lämpligt material för tillverkning är stålplåt, kvalitet SIS-141312.

Yttertaket dimensioneras så att det kan upptaga snölast samt personlast vid nedstigningslucka i taket.

Yttertaket, takräcke och lejdare ytbehandlas och målas.

Ovanstående tak kan även utföras i annat material om så önskas, t ex trä, aluminium m m.

7.1.3 Korrosionstillägg

Då viss korrosion sker, främst på manteln, önskas kanske att mantelns tjocklek ökas med någon milimeter. Det finns ej medtaget något korrosionstillägg i den utförda dimensionerings- kostnads kalkylen. Kostnader för extra korrosionstillägg är cirka 100 kr per mm och m².

7.1.4 Gummiduk - för tätning av flytande taken

Tätningssduk är vald enligt rekommendation från Trelleborg AB, Airpac super, väderbeständig gummiduk med god slitstyrka. Kloroprenmaterial 768, svart, hårdhet 50^{±5} IRH (60^{±3} Shore) densitet 1,31 Mg/m³.

Ett syntetiskt material av kloroprengummi med god väderbeständighet. Det har god slitstyrka och relativt god oljebeständighet. Beständigt mot icke oxiderande syror. Vald tjocklek är 3 mm.

7.1.5 Fundament

Helgjuten betongplatta, utförd enligt Tryckkärlskommissionens skrift "Anvisningar för cisternfundament 1972". Fundamentets översida belägges med ett lager av asfalt varpå skivor av foam-glas placeras som ett isolerande skikt. Foam-glasets tjocklek är 150 mm. Värmeledning vid +20°C är cirka 0,041 kcal/m.h.°C. Materialet är även typpodkänt som isoleringsmaterial av Statens Planverk.

Foamglas slutna cellstruktur är ogenomtränglig. Vatten kan således inte tränga in i materialet, ens vid svårare förhållanden. Härigenom erhåller man ett konstant isoleringsvärde år efter år.

Materialet är diffusionstätt, god tryckhållfasthet, formstabil, obrännbart, rötsäkert.

Genom sin förmåga att tåla höga laster förekommer foamglas som isolering av parkeringsdäck, bottenisolering av tankar etc.

7.1.6 Isolering

Med allt högre energipriser är det viktigt att kärnen isoleras optimalt och stora kostnadsbesparingar kan göras med hjälp av rätt vald isolering.

Med begreppet ekonomisk isolertjocklek menas den tjocklek som erhålles då summan av kapitalkostnad och energiförlustkostnad är som lägst.

För att finna denna tjocklek fordras kännedom om anläggningens driftsförutsättningar. Man behöver veta värmemediets temperatur, omgivande luftens temperatur, drifttid, isolervara, amorteringstid, räntesats, medelenergipris under anläggningens livstid.

Efter utförd utredning har man kommit fram till att 200 mm:s tjock isolering för manteln är gynnsamt för dessa kärl. Vid tjocklekar över 200 mm ändras dessutom oftast konstruktionen för ytbeklädnaden till exempelvis spaljékonstruktioner.

Värmeförlusterna vid en plan isolerad yta har undersökts vid olika temperaturer. Studerar man denna uppställning av uppmätta värde, finner man vid yttemperatur 0°C och innertemperatur 150°C att utplaningen av värdena startar vid cirka 200 mm:s tjocklek på isoleringen. Vi rekommenderar alltså 200 mm:s isolering.

All isolering beklädes med beklädnadsplåt. Mantlar beklädes med korrugerad aluminium eller stålplåt medan sfäriska delar beklädes med slät aluminium eller stålplåt.

Det invändiga flytande taket isoleras med 100 mm:s uretancellplast som kan sprutas på plats eller anbringas i skivor.

Uretancellplast - bonocell - är ett isolerande konstruktionsmaterial som tillverkas av Bofors Plast.

Bonocell är ett styvt material med låg vikt.

Överytan på cellplasten målas med Weathercoating 1959 med en tjocklek av 0,6 mm.

Garantitid för behandlingen ovan är fem (5) år från tillverkaren.

Ytan blir gångbar.

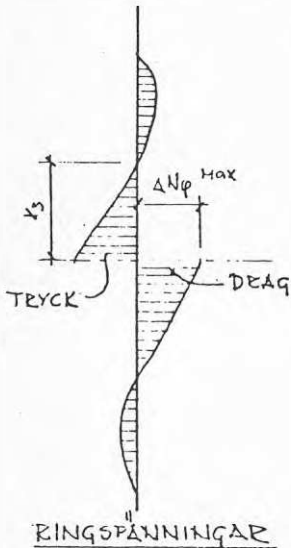
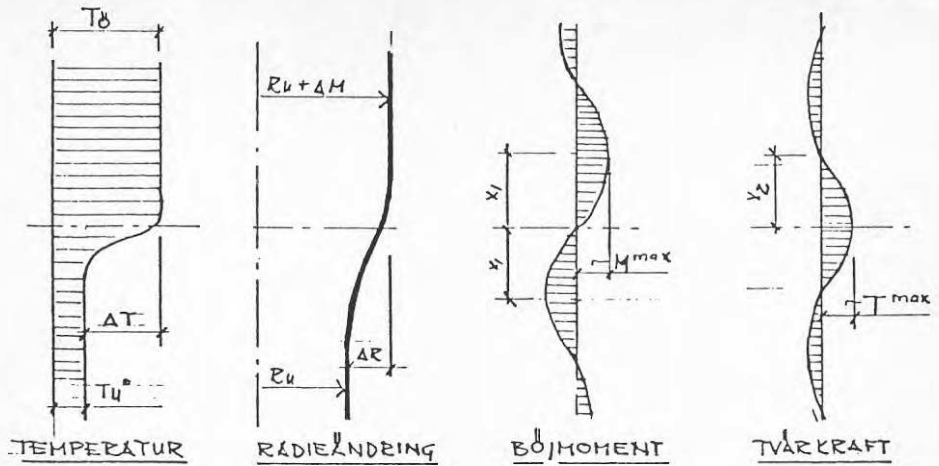
7.1.7 Utmattning på grund av temperaturväxlingar i kärlet

Vid laddning av ackumulatören inpumpas vatten genom difusorerna som finns en vid botten och en vid toppen.

En markerad skiktning av varmt och kallt vatten uppstår. Vid uttag av varmt vatten flyttar sig gränsen mellan varmt och kallt vatten. Antalet sådana lägesändringar är ej försumbara ur utmattningsynpunkt. Vid gränsskiktet sker en radieändring på grund av materialets förlängning vid de olika temperaturerna. Denna skillnad i radier måste överbyggas eftersom kärlets övre och undre delar hänger samman. När kärlet står med samma läge för övergångsskiktet tillräckligt lång tid kommer en värmetransport och utjämning att ske inom vätskan och främst i kärlväggen. Denna värmetransport och utjämning gör att kärlets kontinuitet kan bibehållas utan att några högre spänningar uppstår.

Vid snabba nivåändringar hos kärlets innehåll, d v s nivåändringar hos skiktgränsen, hinner temperaturen i manteln ej att utjämnas.

Detta ger upphov till såväl ringspänningar som vertikala böjspänningar.



Tillgänglig pumpkapacitet begränsar den snabbhet med vilken skiktgränsen kan flytta sig.

Sedan skiktgränsen stabiliserats vid en viss nivå sjunker spänningarna.

Om tömning eller påfyllning sker långsamt kan väsentligt högre temperaturdifferenser tillåtas. Dock bör varje driftsfall undersökas särskilt.

Utmattnig i manteln är alltså beroende av följande:

1. Temperaturdifferenser mellan laddningsvattnet och kärlets vatten.
2. Antal cykler.
3. Den hastighet med vilken kärlet tömnes (skiktgränsen flyttar sig).

Akkumulatorerna laddas 2 gånger per dygn.

Laddningstiden är cirka 7 timmar.

Då detta är en förhållandevis lång tid kan man säga att laddningen ej ger kärlen större belastning ur utmattningssynpunkt.

Urladdningen är alltså den osäkra faktor som kan ge upphov till utmattningar i manteln. Genom att välja lämplig pumpcapacitet och tillse att övergångsskiktet blir så långt som möjligt kan sådana spänningar undvikas. Varje driftsfall bör prövas.

7.1.8 Kostnadskalkyl

I kalkylerna för prefab och montage av kärlen har hänsyn tagits till följande kostnader:

Prefab (tillverkning av mantel, botten, tak, flyt-tak, utrustning på verkstad, inkl materialkostnad).....	2,56 kr/kg
Räcke på tak, målade.....	375 kr/lm
Lejdare, målade.....	500 kr/lm
Plattformer, målade.....	2200 kr/m ²
Målning av yttertak.....	75 kr/m ²
Elektroder, gas, slipskivor.....	150 kr/ton
Ställningskostnad.....	200 kr/ton
Krankostnad.....	300 kr/ton
Fraktkostnader.....	275 kr/ton
Röntgenkostnad.....	600 kr/ton

Montagekostnad, värde enligt kurva $y = 0,505 \cdot x + 495$ där x är kärlets volym och y erforderliga montagetimmar.

Varje montagetimme kostar 170 kr/tim

Alltså montagekostnad = $y \cdot 170$ kr

Gummiduk för täckning av det flytande taket:

Trelleborg Airpac Super, artikelnummer 39222 eller liknande. Cirkapris: 200 kr/m².

Angivna priser är genomsnittspriser från olika tillverkare.

Fundament:

Priset intaget från större byggnadsfirma.

Kurvan $Y = 1027,8 - 55,55 \cdot X$ där X är diameter ger $y =$ kostnad färdigt fundament per m^2 .

Foamglas:

tjocklek 150 mm

pris 115 kr/ m^2

montagekostnad

85 kr/ m^2

Isolervara:

200 mm:s Gullfiber 30,24

alt Rockwool 1329

Beklädnad:

TRP 20 aluminiumplåt 0,7 mm

och slät " 0,7 mm.

Priserna varierar enligt kurva $y = 203 - 0,0433 X$ där X är volymen och y anger pris per m^2 .

Uretanplast:

Sprutad på plats, 100 mm tjocklek samt målning enligt

tidigare beskrivning

200 kr/ m^2

Se vidare bilaga 23 för totalkostnad respektive kostnad för ståltank, isolering och fundament.

7.2 Alternativ II - Tryckkärl

Utföres med sfäriska gavlar, cylindrisk mantel och placerad på sex (6) st ben. Se bilaga 24.

Kärlden dimensioneras enligt anvisningar i Tryckkärlsnormerna. Minsta godstjocklek i mantel och gavlar är satt till 7 mm.

Stativnormerna gäller för utförandet av benkonstruktioner.

Förhållandet 1,5 : 1 mellan cylinderns höjd och diameter ger bästa ekonomiska utförandet.

Kärnen arbetar med ett övertryck på 8 bar i toppen och är säkrade för vakuum till 80 %.

Mantel och gavlar utföres i materialkvalité SIS-142106, som är ett höghållfasthetsstål (tryckkärilstål).

Övriga ingående detaljer utföres i kvalitet SIS 141312.

Vid dimensionering av mantlarna har utgått från att invändiga förstyrningsringar kan användas. Man bör dock särskilt beakta detta ur utmattningssynpunkt, då dessa ringar hindrar manteln att utvidga sig vid värmskiktningar i vattnet, som uppstår vid i- och urladdningar. Se även kommentar angående utmattning.

Tryckkärnen förses med enligt normer föreskriven utrustning, säkerhetsventiler, vakuumventiler och dylikt.

Korrosionstillägg är ej medtaget i kostnadskalkylen. Tillkommande kostnad per mm och m^2 är cirka 95 kr.

Kärnen isoleras på manteln och gavlarna med 200 mm:s mineralull i lag om 100 mm och med förskjutna skarvar. Isoleringen beklädes med på manteln korrugerad aluminiumplåt eller stålplåt och på sfäriska delar slät plåt.

7.2.1 Fundament

Kärnen placeras på sex (6) st plintar som är förbundna under mark med en helgjuten armerad betongplatta. Benen hålles på plats med grundbultar.

Benkonstruktion, grundbultar och fundament är så dimensionerade att de kan upptaga moment av vindlast samt tryck- och dragkrafter vid olika belastningstillfälle.

7.2.2 Kostnadskalkyl

I kalkylerna för prefab och montage av kärnen har hänsyn tagit till följande kostnader:

Prefab (tillverkning av mantel, benkonstruktion, utrustnings- detaljer	2:56 kr/kg
Sfäriska delar	11 kr/kg
Lejdare, målad	500 kr/lm
Plattform, målad	2200 kr/m ²
Elektroder, gas, slipskivor	150 kr/ton
Ställningskostnad	200 kr/ton
Krankkostnad	300 kr/ton
Fraktkostnad	275 kr/ton
Röntgenkostnad (samtliga korspunkter, dock minst 10 %)	600 kr/ton
Montagekostnad, värde enligt kurva $y = 2,295 \cdot X + 35$ där X är volymen och y ger erforderligt antal montagetimmar.	

Varje montagetimme kostar 170 kr.

Total montagekostnad = $y \cdot 170$ kr.

Fundament:

Markarbete, formning, betong, armering, plintar.

Kostnad för färdigt fundament erhålles ur kurvan

$y = 103,11 \cdot X + 29463$ där X är volymen.

Isolervara:

200 mm:s Gullfiber	3024
alt Rockwool	1329

Beklädnad:

TRP 20 aluminiumplåt 0,7 mm

och slät " 0,7 mm.

Priserna varierar enligt kurva $y = 246 - 0,01 \cdot X$

där X är volymen och anger pris per m².

I bilaga 25 redovisas i kostnadsdiagram kostnaderna för tryckkärl.

8. SYSTEMLÖSNING

Distributionsnätet utföres för den maximala temperaturen av 120°C och trycket 16 bar. Returtemperaturen förutsättes bli 50-70°C.

Produktionsanläggningen utföres för lägst 8 bar, 180°C, varigenom den blir anslutningsbar till ett större fjärrvärmesystem i framtiden genom att värmeväxlare instättes i pannkretsarna. Pannorna förses med egna cirkulationspumpar och distributionsnätet med shuntsystem och två varvtalsstyrda pumpenheter. Ackumulatorerna inkopplas enligt något av schemorna, bilaga 31 och förses med egen pump. Om ackumulatorn utföres såsom krigsbranddamm skall den alltid innehålla minst 25-30 % kallvatten, 10-15°C, i bottenpartiet för att tillgodose det omedelbara behovet vid brand. Samtidigt inblandas en delström varmare vatten så att resultatet blir av lämplig kvalitet för brandsläckning, ca 55°C. Det kallare vattnet hålles i den oisolerade underdelen av branddammen. Betongcisternen fordrar något mer omfattande spridaranordningar än stålcisternerna i bottenpartiet. Det kan övervägas att även använda vanligt stål i ledningarna vid de trycklösa tankarna, emedan dessa avskiljts från atmosfären.

På vedugnssidan borde med hänsyn till den periodvis växlande bränslekvaliteten räknas med en förugn av typ kyld snedrost.

Utrustning för luftförvärmning anskaffas, då våt flis kan komma ifråga periodvis.

Torrt och våtare bränsle doseras och blandas i pannaggregatets inmatningssteg.

Stoftrenare insättes av sådant slag att de utgående stofthalterna begränsas till förslagsvis 300 mg/Nm³, vilket för närvarande är ett användbart riktvärde.

9. UTVÄRDERING

I detta avsnitt görs en utvärdering med avseende på ekonomi, personal, miljö, flexibilitet, försörjningstrygghet och oljeberoende.

9.1 Ekonomi (kk)

Specifika investeringskostnader, bränslepriser, avskrivningstider och räntesatser framgår av bilaga 38. Årlig nyttig energimängd uppgår till 16,1 GWh/år

Verkningsgrad: fast bränsle = 0,75, olja 0,80

	1		2		3		4	
	4,0 MW fastbr.		3x3,3 MW olja		4,0 MW elpanna		2x2,0 MW fastbr.	
	2,6 MW olja				2,6 MW olja		2x2,6 MW olja	
	4,0 MW olja		16,1 GWh olja		4,0 MW olja			
	300 m ² tryckt.				350 m ² tryckt.		15,3 GWh FB	
	15,8 GWh fastbr				16,1 GWh elkr.		0,8 GWh olja	
	0,3 GWh olja							
	Invest	Arskost	Invest	Arskost	Invest	Arskost	Invest	Arskost
<u>PRODUKTIONSALNÄGGNING</u>								
Fastbränslepannor (5% - 20 år)	3200	256	-	-	-	-	4000	320
Oljepannor (5% - 20 år)	2640	211	3960	317	2640	211	2080	166
Akkumulatör (5% - 10 år)	440	57	-	-	475	62	-	-
Bränslelager (5%-20 år)	1400	112	-	-	-	-	1400	112
Kringutrustning- akkumulatör (5% - 10 år)	125	16	-	-	150	20	-	-
Elpannor (5% - 5 år)	-	-	-	-	600	138	-	-
Elkraftstillförsel (5% - 5 år)	-	-	-	-	600	138	-	-
Totalt	7805	652	3960	317	4465	569	7480	598
<u>DISTRIBUTIONSSYSTEM</u>								
Kulverter (5% - 30 år)	675	44	675	44	675	44	675	44
Undercentraler (5% - 15 år)	1060	102	1060	102	1060	102	1060	102
Serviser (5% - 30 år)	160	10	160	10	160	10	160	10
Totalt	1895	156	1895	156	1895	156	1895	156
<u>BRÄNSLE</u>								
Fastbränsle (7 öre/kWh)	-	1475	-	-	-	-	-	1428
Olja (10 öre/kWh)	-	38	-	2013	-	-	-	100
El (20 öre/kWh)	-	-	-	-	-	3220	-	-
Totalt	-	1513	-	2013	-	3220	-	1528
<u>SKÖTSELKOSTNAD</u>								
	-	200	-	150	-	150	-	200
<u>TOTALT</u>								
Investeringar	9700	-	5855	-	6360	-	9375	-
Arskostnader	-	2521	-	2636	-	4095	-	2482
Öre/KWh nyttig energi	-	15,7	-	16,4	-	25,4	-	15,4

I bilaga 34 görs en känslighetsanalys där de fyra förslagens totala årskostnader avsatts som funktion av oljepriset. Härvid framgår att alternativet med elpanna inte kan konkurrera med oljealternativet förrän oljepriset överstiger 17,5 öre/kWh. Om däremot elpriset ändras till 15 öre/kWh så framgår att elpannealternativet kan konkurrera med eldningsolja 1, dock ej med de tyngre eldningsoljorna 4 och 5. Om dagens energiförsörjning, vilken till huvuddelen utgörs av Eo1 används som referens kan elalternativet konkurrera vid elpriset 16,7 öre/kWh.

I bilaga 35 varierar vedbränslepriset och härav framgår att med ett vedbränslepris under 8 öre/kWh är dessa båda alternativ ekonomiskt fördelaktigare än oljealternativet. Om elpriset sätts till 15 öre/kWh kan vedbränslealternativet konkurrera upp till vedbränslepriset 10 öre/kWh.

9.1.1 Intäkter

Värmetaxan enligt Svenska Värmeverksföreningens riktpislista framgår av bilaga 36. Denna taxa baseras på olja som bränsle. Taxan består av en fast och en rörlig del varvid den fasta delen avses täcka katpitalkostnad, underhåll samt personal-och administrationskostnader. Den rörliga delen avser täcka bränslekostnaden inklusive hantering. Taxan är konstruerad så att abonnenterna inte skall få högre kostnader vid anslutning till fjärrvärme än vid individuell uppvärmning.

9.1.2 Finansiering

Vid anslutning till fjärrvärme uttas normalt en anslutningsavgift och dess storlek bestäms av kommunen och står i direkt samband med leveransgränsen och med de taxor som tillämpas. Anslutningsavgiften kan i vissa fall betraktas som ett finansieringsbidragslån. För att finansiera de höga investeringskostnaderna kan dessutom långfristiga lån erhållas från Kommunkredit AB och Kommunlåneinstitutet AB. Vidare kan medel uttagas ur kommunens ordinarie ekonomiska planering och på den öppna låne marknaden.

9.2 Förvaltningsform

I Energiplan för Tidaholms kommun påtalas den lokala energiförsörjningens beröring med övrig samhällsplanering såsom exempelvis bostadsbyggande. Vid en utbyggd fjärrvärmeverksamhet är det vanligaste förhål-

landet att det kommunala elverket tar på sig ansvaret för värmeförsörjningen. Här finns redan en organisation för energiförsörjning och debitering, som kan vidareutvecklas, till en början genom anställande av en värmeverksingenjör och maskinist. Förutom kommunens elverk kan exempelvis aktiebolag eller en ekonomisk förening komma i fråga som förvaltningsorgan.

9.3 Personal

Det föreligger ej några hinder för att värmecentralen drivs obemannad under större delen av tiden. Tryckkärlskommisionens varmvattennormer I och II medger drift utan ständig tillsyn, om vissa villkor uppfylls ifråga om kontrollutrustningen och pannornas egenskaper när det gäller att behärska vattencirkulationsstopp utan att de torrkokar. Det är dock nödvändigt att hålla dagpersonal för skötsel av system och rengöring. För den fliseldande hetvattencentralen beräknas tre personer sysselsättas och för motsvarande oljebaserade anläggning åtgår två personer. Genom införande av ackumulatortank kan ingen personalbesparning påräknas.

9.4 Miljö

Vid energiomvandling sker miljöpåverkan på många sätt. Förutom luftutsläpp sker påverkan i form av buller, avfall, förändring av landskapsbild m m. Även vid lagring och distribution av energi sker miljöpåverkan.

I luftvårdssammanhang förekommer begreppen immissioner samt emissioner. Med emissioner menas de utsläpp som erhålles vid förbränningen. Riktlinjer för gränsvärden finns för stoftemission, bilavgaser och svavelhalt i olja. Med immissioner menas koncentrationer av en förorening i människans omgivning. Riktvärden för luftkvalitet omfattar svaveldioxid och sot. Riktvärden för kväveoxider är under utarbetande.

De för kommunens värmeförsörjning aktuella uppvärmningsalternativen kan indelas i centraliserade och individuella uppvärmningssystem. Gemensamt för de kollektiva uppvärmningsformerna, fjärr- och elvärme, är att energiomvandlingen sker i större anläggningar med högre verkningsgrad och med förhållandevis stora, geografiskt koncentrerade emissioner (utsläpp). Rök-gaser från förbränning av fossila bränslen kan då lättare renas och utsläpp ske på högre höjd.

Individuella uppvärmningsanläggningar i exempelvis småhusområden medför många små och geografiskt spridda utsläpp.

Bakgrundsmaterialet är hämtat ur dels "Miljöeffekter och risker vid utnyttjande av energi, rapport från Expertgruppen för säkerhet och miljö - Energikommissionen" samt dels ur "Miljö- och hälsoeffekter av tekniska energisystem i normal drift, DFE-rapport nr 7". För ved och torv är emissionerna starkt beroende av anläggningens storlek och typ.

9.4.1 Luftföroreningsinverkan på miljön

9.4.1.1 Koldioxid:

Koldioxid utgör det största utsläppet av ett enskilt ämne från våra energisystem. Av den årliga produktionen av koldioxid strömmar hälften ut i atmosfären medan den andra hälften absorberas av oceanerna samt växtvärlden. Det svenska årliga bidraget uppskattas till ca 90 miljoner ton.

Luftens koldioxidhalt är i dag drygt 0,03 % och har ökat sedan mitten av förra århundradet med ca 10 %. Ändrade koldioxidhalter i luften kan påverka, i första hand det globala klimatet och är svåra att bedöma, då många andra faktorer såsom atmosfärens partikelkoncentration, molnbildning, ozonhalt m m spelar in.

9.4.1.2 Koloxid:

Koloxid bildas genom ofullständig förbränning, främst på grund av för liten syretillgång under förbränning. Koloxid är direkt hälsovådligt om den inandas i alltför stora koncentrationer, då den förhindrar syreupptagningen i blodet.

Koloxidemission från förbränningsanläggningar av fossila bränslen är liten jämfört med emissionen från drivmedelsförbränning.

9.4.1.3 Kväveoxider:

Vid förbränning av fossila bränslen bildas kväveoxider (NO_x), dels genom en reaktion mellan luftens kväve och syre och dels genom att i bränslet bundet kväve oxideras. Bildningen av kväveoxider gynnas av bl a hög eldstadstemperatur och kort uppehållstid i eldstaden. Emissionen av kväveoxider ökar ofta med en anläggningens storlek.

Kväveoxider deltar förutom i den fotokemiska smogprocessen även som en komponent i försurningen av våra vattendrag. Kväveoxider anses dessutom ha en negativ effekt på vegetationen.

9.4.1.4 Svavel:

Svavlet är för närvarande den allvarligaste miljöföroreningen. Den drabbar såväl vattendrag, jordar, växter och människors hälsa samt byggnadsverk och andra konstruktioner.

Det årliga utsläppet av svaveldioxid i Sverige var 1975 ca 700000 ton, varav ca 500000 ton kan hänföras från oljeeldning.

Vid förbränning av främst fossila, svavelhaltiga bränslen (olja och kol) följer stora mängder svavel med avgaserna ut i atmosfären, huvudsakligen som svaveldioxid (SO_2). Svaveldioxiden är en gas, som kan sprida sig långa vägar. Den oxideras relativt snabbt till svaveltrioxid (SO_3), som löser sig i atmosfärens vattenpartiklar till aerosoler av svavelsyra (H_2SO_4) och sulfat. Dessa tvättas så småningom ur atmosfären genom nederbörd (våtdeposition) och utfall (torrdeposition). Om svavelsyran ej neutraliseras av andra beståndsdelar i luften, t ex basiska askpartiklar, blir nederbörden sur, vilket är huvudproblemet med svavelföroreningarna.

Direkta skador på barrträdens (fleråriga) barr har observerats. Svaveldioxiden tas upp av barrrens klyvöppningar, som är avsedda för upptagning av koldioxid från luften.

Den kraftigaste reaktionen på det ökade svavelsyranedfallet har kommit från insjöar och vattendrag. I 1000-tals sjöar och vattendrag i de södra delarna av Skandinavien, där svavelnedfallet är störst och där jorden har låg buffringskapacitet, har pH-värdet sjunkit under årens lopp (en ackumulerad effekt), så att fiskfaunan decimerats och i vissa fall helt försvunnit.

9.4.1.5 Tungmetaller:

Tungmetaller sprids med avgaserna från förbränningsanläggningar och bilar. De reagerar med övriga luftföroreningar i atmosfären, faller ned på mark och vegetation, transporteras i olika näringskedjor och hamnar genom andning och födointag i människor där de kan förorsaka skador. Förutom hälsoeffekterna, som är de dominerande i samband med tungmetaller, misstänks de fungera som katalysatorer vid de fotokemiska processer som äger rum i atmosfären (t ex oxidation av SO_2 till SPO_3), och som tillväxthämmande för växtligheten.

Många tungmetaller, som järn, koppar, mangan, zink, kobolt, molybden, selen, tenn, krom, vanadin och nickel är livsnödvändiga för människan och förekommer normalt i vår föda. Överskott utsöndras normalt i urin och exkrementer. I alltför stora doser och i olämpliga föroreningar kan även dessa metaller bli skadliga och direkt giftiga för den mänskliga organismen. Hur giftiga olika tungmetaller och metallsalter är och vilka doser som den mänskliga organismen kan tolerera är ej väl känt annat än i undantagsfall.

Tungmetallhalterna i olika kolsorter varierar inom vida gränser. Halterna tungmetaller är i allmänhet större i kol än i olja. Det är därför angeläget att rena rökgaserna från stoft så långt det går.

Oljan innehåller i regel mycket mer vanadin än kol - oljesot används ofta som råvara för vanadinframställning. Däremot innehåller kolen mer kvicksilver än oljan. Kviksilvret är flyktigt och följer med rökgaserna varför de är svåra att eliminera.

Genom de olika tungmetallernas varierande egenskaper är det således inte enbart den totala halten i utsläppen som är avgörande utan även typen.

9.4.1.6 Partiklar:

Luftburna partiklar eller aerosoler, som de även kallas, betecknar en mängd olika partiklar, från flygaska, damm och dimma till rök och sot.

Dessa partiklars fysiska och biologiska effekter beror starkt av partikelstorleken. De stora partiklarna reducerar främst sikten (luftens genomskinlighet) och den solstrålning som når jorden. De smutsar ner och bär även med sig syradroppar, vilka bl a förorsakar korrosion och utlakning, när de faller ner på byggnader, föremål, växter och mark.

Partiklar påverkar även nederbörden genom att verka som kondensationskärnor med ökning av nederbörden som följd.

Partiklarna har även stora hälsoeffekter. Tillsammans med svaveldioxiden verkar de synnergetiskt främst på andningsorganen.

Partikelförorening av luften innebär främst lokala hälso- och nersmutsningsproblem, som till allra största delen kan undvikas genom effektivare förbränning och avgasrening.

Pannor eldade med fasta bränslen skall utrustas med gasrening, som med dagens krav ger ett utsläpp av $300-350 \text{ mg/m}^3$ stoft. Det nyssnämnda kravet kan genom god dimensionering och eldning väl uppfyllas.

Bäst av de undersökta konstruktionerna har i nämnda hänseende varit snedrostkonstruktionerna. Denna typ av ugn är dock ofta relativt dyr och utföres inte gärna för storlekar under 4-5 MW.

Inom det område 100-50-35 % där ugnar och pannor kan arbeta kontinuerligt (modulerande) bibehålles verkningsgraden tämligen konstant. Olika kvalitetsnivåer finns, vilket betyder att verkningsgraderna kan variera mellan 85 och 75 % om hänsyn även tagits till bränslefukthalterna i uppgifterna.

Under 50-35 % belastning inrättas pannorna för till-från-drift, vilket leder till att förlustvärdena ökar avsevärt, beroende på dålig förbränning under stilleståndsperioderna varigenom även verkningsgraden försämras. I bilaga 37 visas en typisk stilleståndscykel för en från/till-eldad panna.

Verkningsgrader av 65 % och lägre har uppmätts vid dylika driftssätt

9.4.2.1 Koldioxidmängd

Mängden av bränsle som förbrukas i anläggningen och därmed koldioxidalstringen kan reduceras genom att verkningsgraden förbättras. Verkningsgraden kan i sin tur bäst påverkas genom att avgaserna kyles så långt detta är praktiskt möjligt utan olägenheter, dvs till ca 95-110°C när enbart vedbränsle eldas. På detta sätt kan en gastemperatursänkning på ca 100°C ofta åstadkommas, vilket ger bortåt 7 % verkningsgradsförbättring. CO och kolvätehalten kan reduceras till åtminstone hälften, om pannans belastning enbart hålles inom det kontinuerliga reglerområdet.

9.4.2.2 CO- och kolväten

Mängden av dessa beståndsdelar påverkas av hur väl förbränningen äger rum. I princip gör en utbredd förbränningsyta det svårt för luften att komma i kontakt med alla delar av gasströmmen. Således medför en nedreglerad eldning på ett rossystem risker för stråkbildningar av obrända gaser. I synnerhet blir detta problem betydande om man emellanåt söker stoppa eldningen helt och mängden bränsle i eldstaden är stor. Det är sålunda mycket viktigt att eldningsintensiteten hålles tämligen konstant för att gasthastigheterna skall kunna upprätthållas vid de bästa värdena. Tillsatsluft, som eventuellt bör värmas vid användning

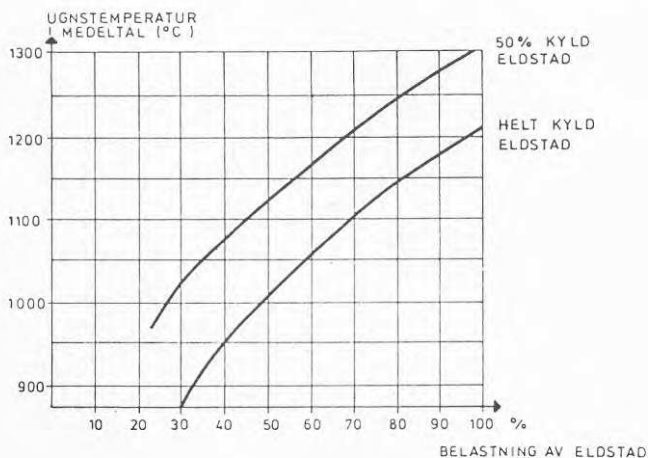
av bränsle med hög fukthalt, måste även tillföras i sådan mängd att kastvidder och hastigheter behålles.

Förbränningstemperaturen bör med avseende på förbränningen av kolväten hållas högre än 900°C och helst bör slutförbränningen göras vid temperaturer av $1100 - 1200^{\circ}\text{C}$. Detta fordrar emellertid att gasnedkylningen ej påbörjas innan gaserna slutbränt. Ugnssystemets och pannans konstruktion spelar således stor roll. Med en och samma ugnskonstruktion kan som regel ej eldas bränslen med någon större variation i fukthalten. Undantag är dock den vattenkylda snedrosten, där fukthalten spelar minst roll konstruktivt. Vanligtvis utföres ugnskonstruktionerna på följande sätt vid variation i bränslefukthalten.

<u>Fukthalt hos bränsle</u>	<u>Ugnssystem</u>
vikts-%	
0-30	helt kyld ugn
30-50	skyddskyld ugn
50-70	okyld ugn

Anledningen till att bränslen med olika kvalitet ej kan eldas är att antändningstemperaturen för restgaser och koks ej kan uppnås i en starkt kyld eldstad och med vått bränsle. Torrt bränsle måste eldas i en väl kyld eldstad så att ej konstruktionerna skadas av extrema övertemperaturer. Om det på bränslesidan finns tillgångar av både mycket torra bränslen $f = 10\%$ och våta bränslen $f = 50\%$, kan det uppstå svårigheter. Antingen måste två skilda pannor sättas upp eller blir det nödvändigt att homogenisera bränslet till en jämn kvalitet.

Förbränningstemperaturen påverkas således av bränslets värmevärde, eldningsintensiteten i förbränningsrummet, förbränningsluftens temperatur samt utav kylningen i väggkonstruktionen.



Diagrammet på föregående sida är ett exempel på vilka relationer som kan finnas mellan olika parametrar för en fastbränsleugn. Det står klart att lämpliga slutförbränningstemperaturer erhålles när en given ugnskonstruktion får arbeta i området 50 - 100 %. Detta förhållande styrkes också av att flertalet ugnar får svårigheter med förbränningen vid lägre belastningar. Förbränningsugnarnas geometriska dimensioner får ej heller göras för små i synnerhet om de är kyllda i väsentlig utsträckning eller arbetar med bränsle med hög fukthalt (60-65 %). Likaledes spelar förbränningsgasernas uppehållstid och turbulens i ugnsdelen stor roll.

Mot bakgrunden av dessa omständigheter bör ugnssystemen knappast göras mindre än för 4-5 MW och lastregleras i området 50 - 100 %, för att bästa miljömässiga resultat skall uppnås.

Vid särskilt torra bränslen kan kanske dimensionerna sänkas något.

Liknande konstateranden har gjorts när det gäller ugnar för kommunalt avfall.

Insättning av en ackumulator i systemet betyder att lastläget alltid kan hållas tillräckligt högt för att bästa förbränning med varierande bränsle-kvaliteter skall kunna åstadkommas.

Vid störning i eller revision av ackumuleringsystemet eldas olja.

Temperaturen i ugnskonstruktionen bör inte tillåtas variera alltför ofta men en gång per dygn under sommardriften bör vara acceptabelt i synnerhet om mängden murmassor är liten.

Detta talar till snedrostugnarnas fördel. Rostsystemet i dessa ugnar är även vattenkyllt så att torrare bränslen kan eldas utan skadeverkningar.

Start sker med oljeeldning.

9.4.2.3 Kväveoxider

Halten av kväveoxider brukar uppgå till 300 - 400 ppm i förbränningsgaserna vid vedeldning och avfallseldning. Med högra förbränningstemperatur finns risk för en viss ökning av halten kväveoxider. Emellertid är

kväveoxiderna mera renodlade kemiska föreningar än exempelvis kolväteföreningarna. De senare uppgår till hundratals olika slag i förbränningsgaserna vid otillfredsställande förbränning och är svårbemästrade sedan de en gång bildats.

Kväveoxiderna, vilka utgör grunden för salpetersyra borde på tämligen enkelt sätt kunna reduceras genom ammoniak tillsats i förbränningsgaserna.

Samma metod har av och till använts för att reducera SO_2 - SO_3 -halten i förbränningsgaserna från oljeeldning. Det har då varit fråga om industriella pannor och processer där olägenheter med korrosion eller sura nedfall förekommit.

9.5 Försörjningstrygghet och oljeberoende

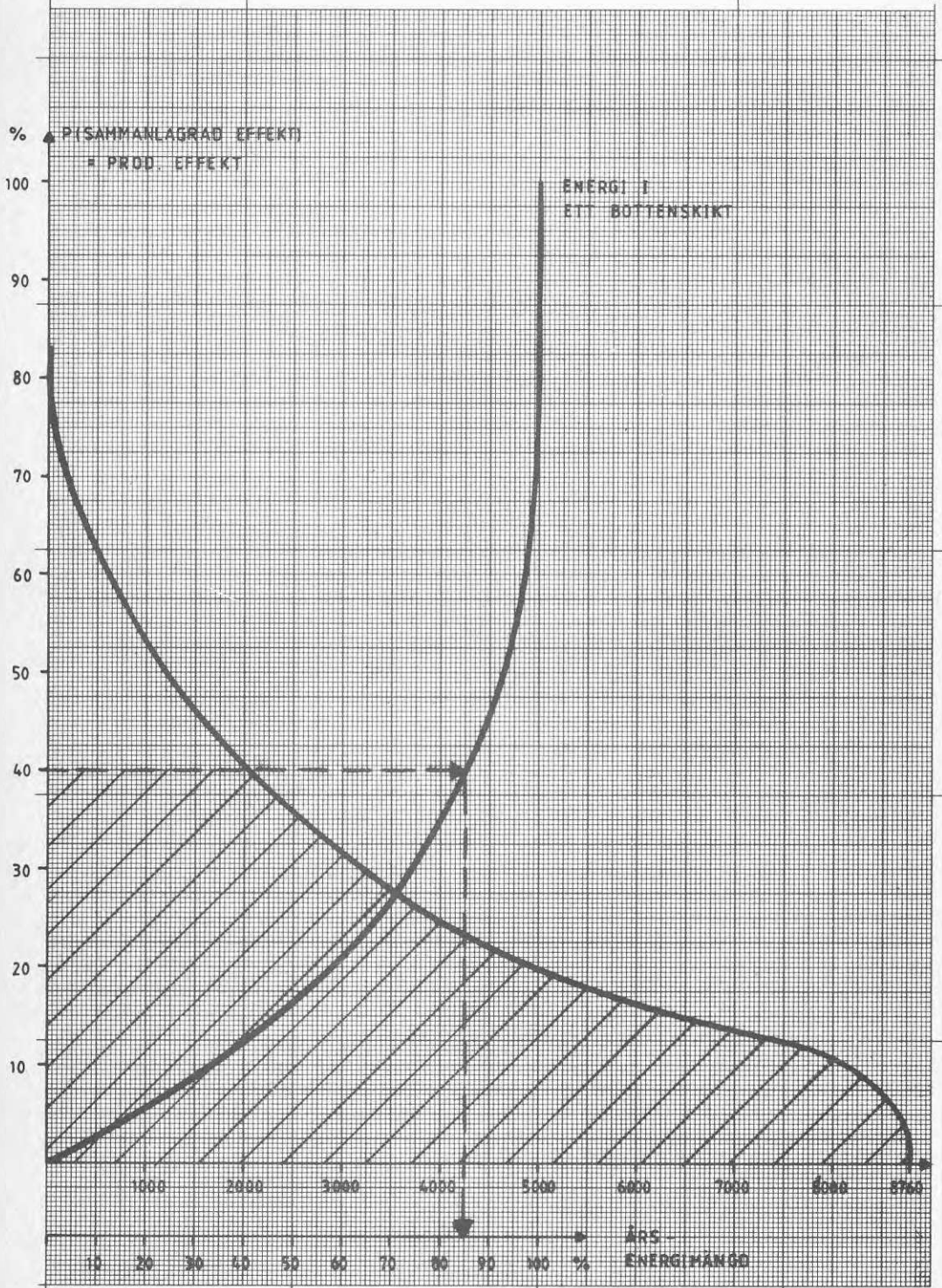
Denna faktor avser graden av oljeberoende. I en energibalans för Tidaholms kommun (1976) anges oljetillförseln till 287 GWh/år vilket motsvarar 76% av bruttoenergibehovet. Vid ett genomförande av "projekt fliseldning" sänks andelen till ca 70%.

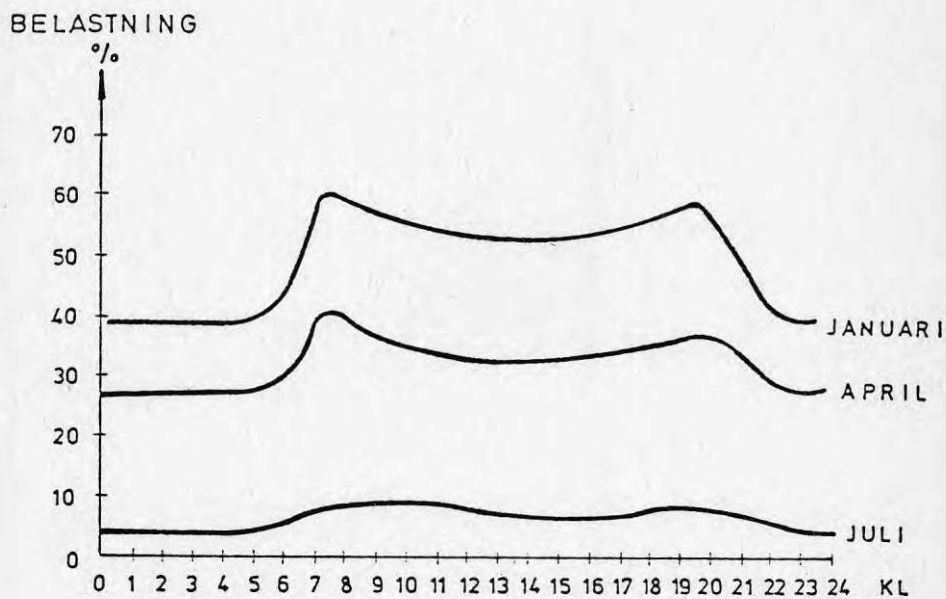
9.6 Flexibilitet

Med flexibilitet i energiförsörjningen avses graden av anpassbarhet för utnyttning av alternativa energikällor.

Ur produktionssynpunkt bedöms god flexibilitet föreligga om energiförsörjningen baseras på el eller fjärrvärme. För dessa båda system gäller att flera olika alternativ för tillförsel av energi till systemet kan bli aktuella.

Flexibiliteten anges som den andel (%) av det totala nettoenergibehovet som enligt ovanstående definition har god flexibilitet ur produktionssynpunkt. Härvid relateras till energibalans för Tidaholms kommun (1976). Om "projekt fliseldning" genomförs ökar flexibiliteten från 31 till 38%.



DYGNSVARIATIONER I FJÄRRVÄRMEBELASTNING

DISTRIBUTIONSKOSTNADER - 120/70⁰CKulvertkostnader med idrottshallen ansluten

<u>DIM (DN)</u>	<u>LÄNGD (m)</u>	<u>A-PRIS (kr)</u>	<u>TOTALKOSTNAD</u> <u>(kr)</u>
DN125	225	1150	259
DN100	425	800	340
DN80	300	700	210
DN50	<u>150</u>	600	<u>90</u>
TOTALT	1100	-	900

Kulvertkostnader utan idrottshallen ansluten

<u>DIM (DN)</u>	<u>LÄNGD (m)</u>	<u>A-PRIS (kr)</u>	<u>TOTALKOSTND</u> <u>(kr)</u>
DN125	50	1150	58
DN100	490	800	392
DN80	115	700	81
DN65	60	650	39
DN50	<u>175</u>	600	<u>105</u>
TOTALT	890	-	675

Undercentraler (kr)

Brandstation	85
Vulkan	110
Bibliotek	75
Idrottshall	70
Stadshus	90
Nämndhus	60
Posthus	75
Arenco	350
Vårdcentral	110
Sjukhem	<u>105</u>
TOTALT	1130 kkr

Areco har delat upp sina 1.0 MW på fem pannor och kostnaderna för fem undercentraler på vardera 0,2 MW, dvs totalt 350 kkr har använts. Vid en mera ingående studie är det troligt att kostnaderna kommer att minska om ett s k sekundärsystem väljs.

Servisledningar

Serviskostnaderna beräknas till 175 och 160 kkr med respektive utan idrottshallen ansluten.

DISTRIBUTIONSKOSTNADER - 120/70°C OCH 70/35°CKulvertkostnader med idrottshallen ansluten

<u>DIM (DN)</u>	<u>LÄNGD (m)</u>	<u>A-PRIS (kr)</u>	<u>TOTALKOSTNAD</u> <u>(kr)</u>
DN 125	50	1150	58
DN100	880	800	704
DN80	150	700	105
DN50	<u>150</u>	600	<u>90</u>
TOTALT	1230	-	960

Kulvertkostnader utan idrottshallen ansluten

<u>DIM (DN)</u>	<u>LÄNGD (m)</u>	<u>A-PRIS (kr)</u>	<u>TOTALKOSTNAD</u> <u>(kr)</u>
DN125	50	1150	58
DN100	565	800	452
DN80	115	700	80
DN65	60	650	39
DN50	<u>175</u>	600	<u>105</u>
TOTALT	965	-	735

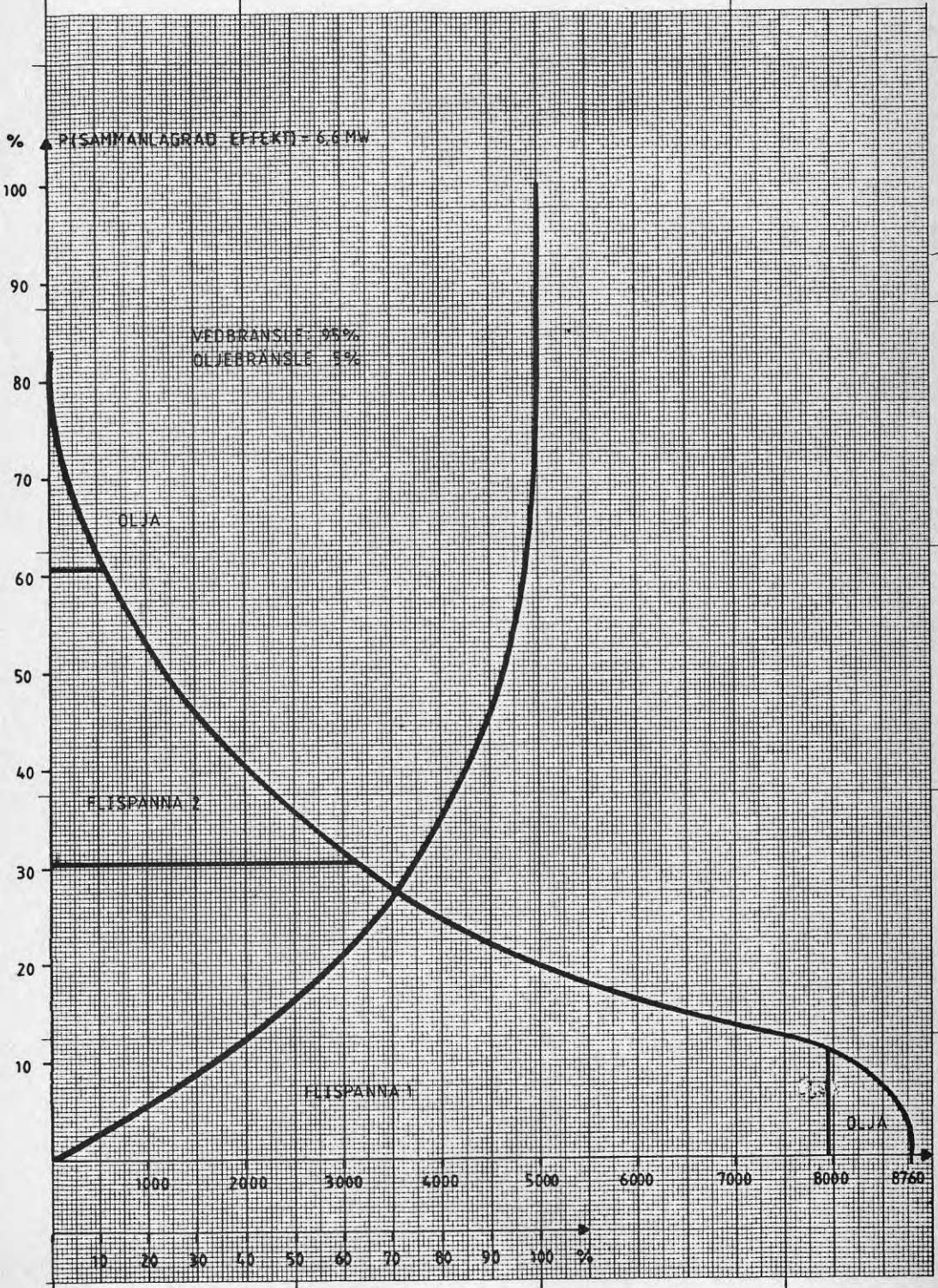
Undercentraler (kr)

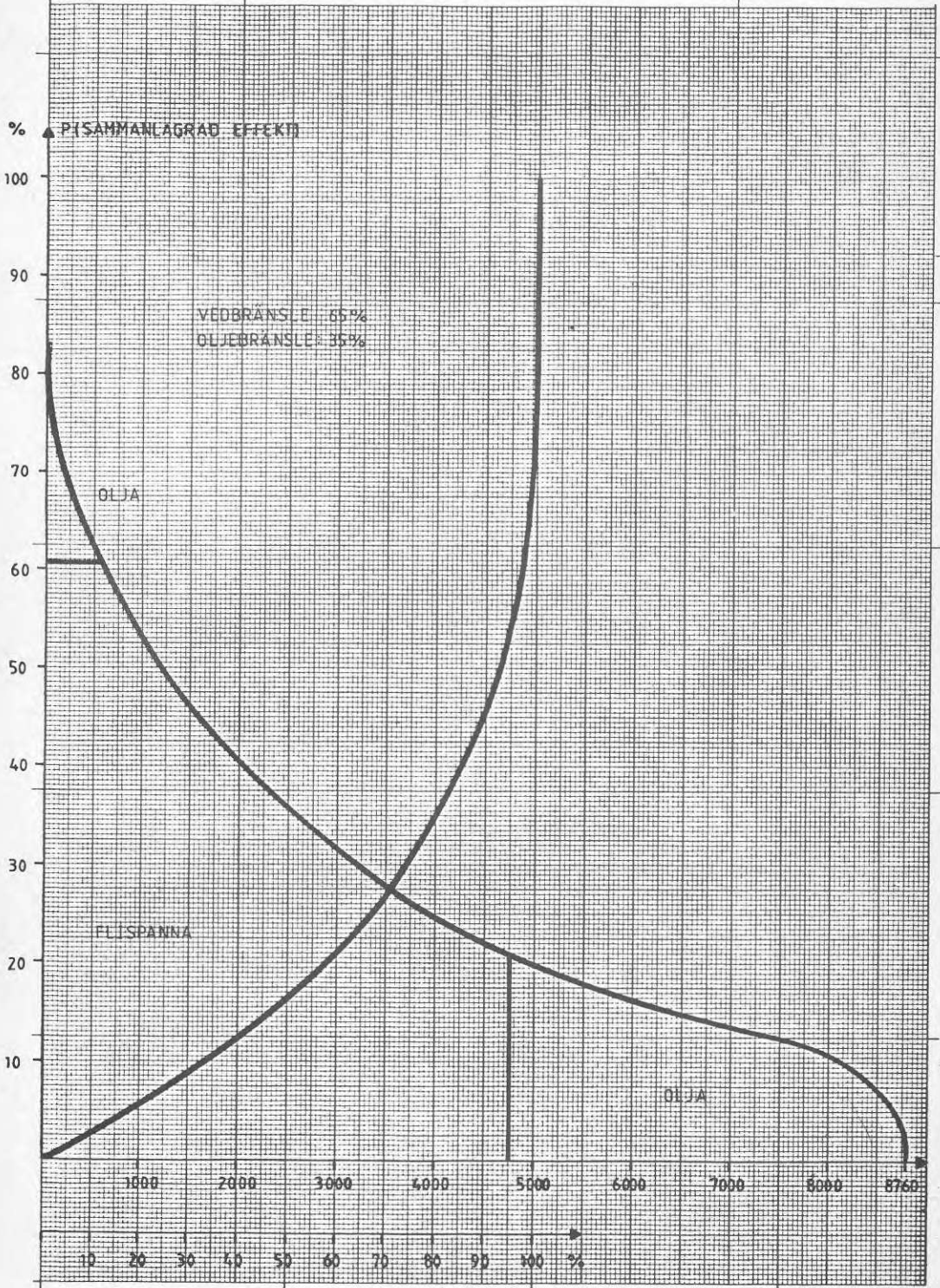
Brandstation	85
Vulkan	110
Bibliotek	75
Idrottshall	70
Stadshus	90
Nämndhus	60
Posthus	75
Arengo	350
Vårdcentral	135
Sjukhem	<u>130</u>
TOTALT	1180 kkr

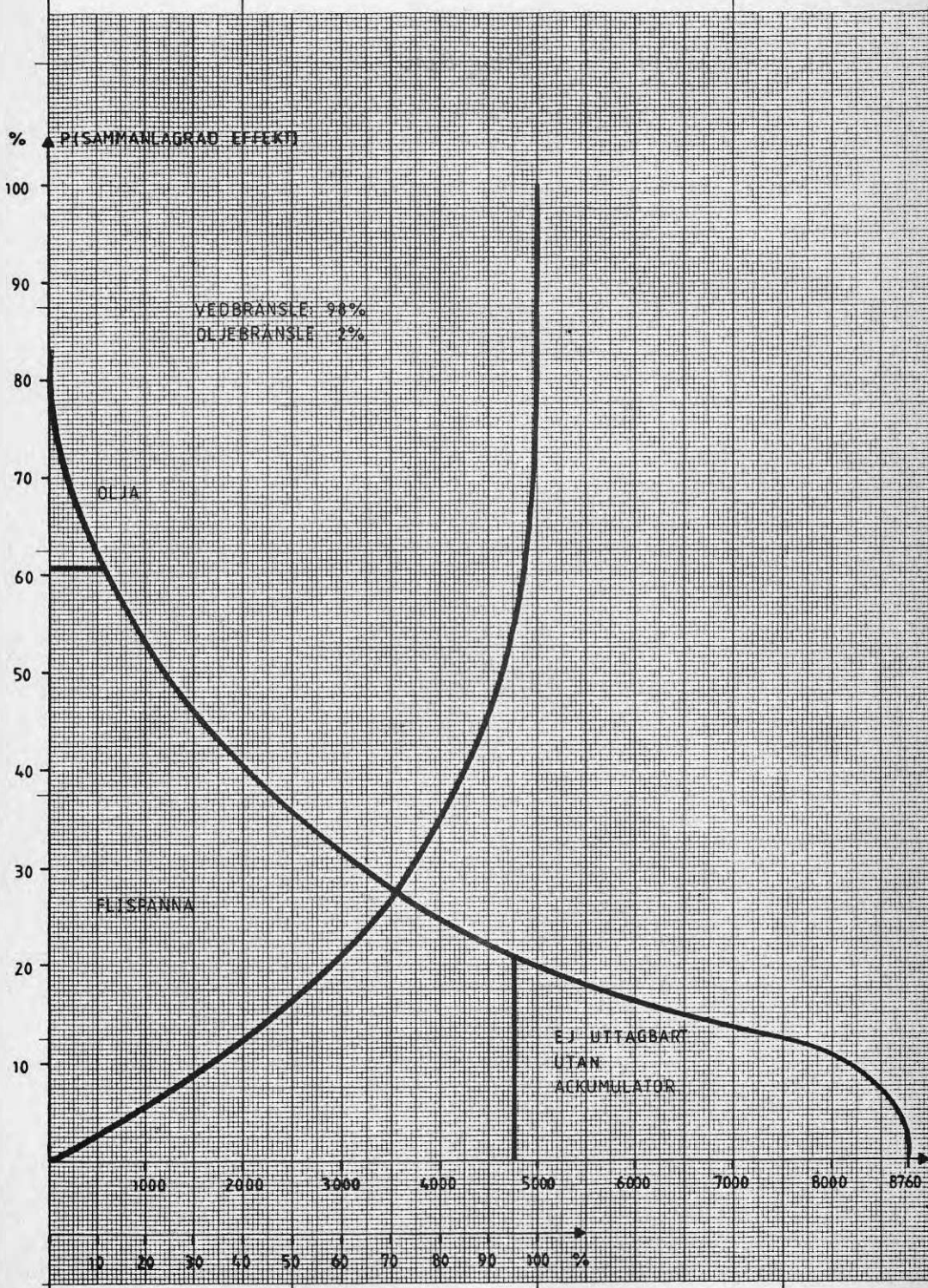
Arenco har delat upp sina 1.0 MW på fem pannor och kostnaderna för fem undercentraler på vardera 0.2 MW, dvs totalt 350 kkr, har använts. Vid en mera ingående studie är det troligt att kostnaderna kommer att minska om ett sekundärssystem väljs.

Servisledningar

Serviskostnaderna beräknas till 180 och 165 kkr med respektive utan idrottshallen ansluten.

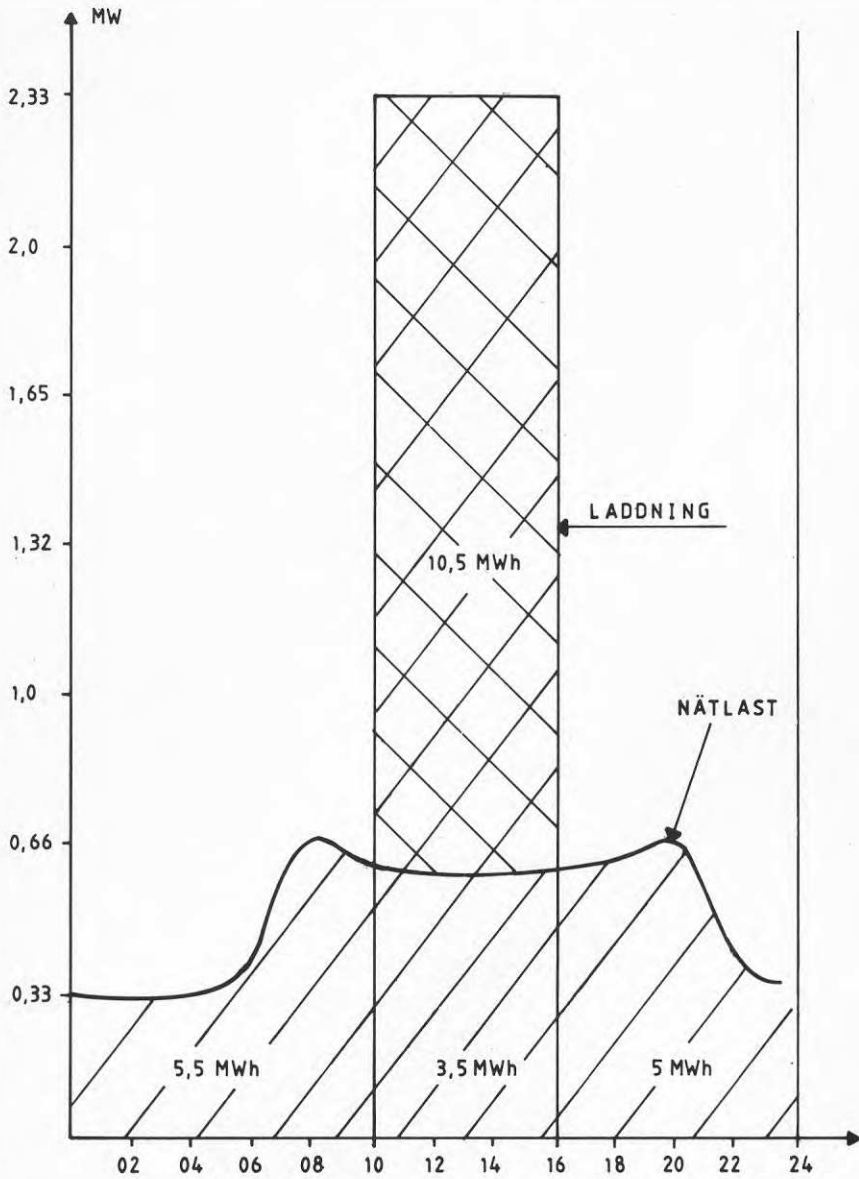


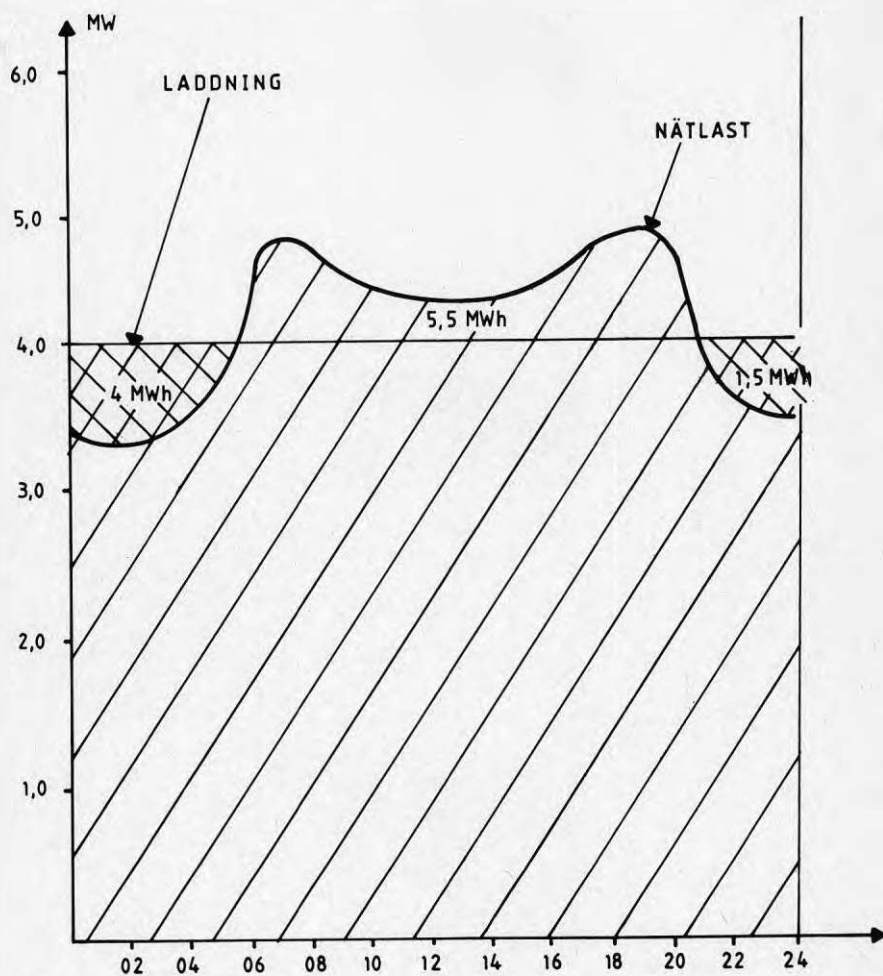




NÄTLAST-PANNREGLERING UNDER ETT SOMMAR-DYGN ($\Delta T = 30^\circ\text{C}$)

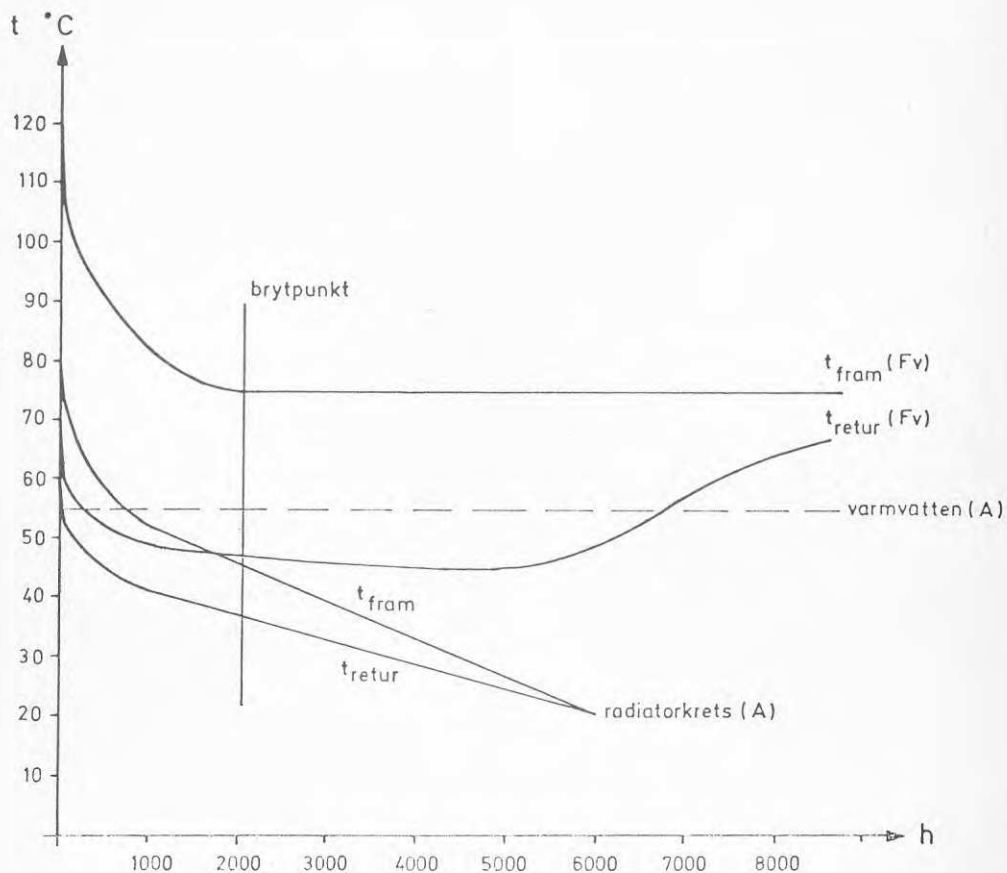
10,5 MWh KRÄVER 300 M^3 EFFEKTIV ACKUMULATORVOLYM

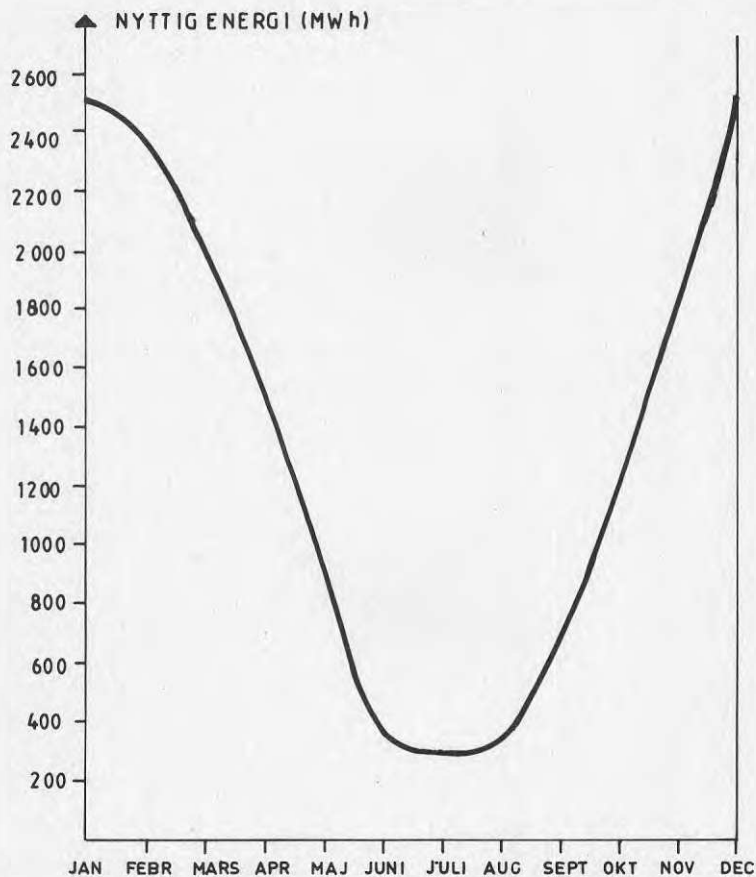


NÄTLAST-PANNREGLERING UNDER ETT VINTERDYGN $\Delta T = 30^{\circ}\text{C} \Rightarrow 150 \text{ M}^3$ EFFEKTIV ACKUMULATORVOLYM $\Delta T = 40^{\circ}\text{C} \Rightarrow 120 \text{ M}^3$ EFFEKTIV ACKUMULATORVOLYM

TEMPERATURVARAKTIGHET

Fjärrvärme (Fv) kulvertar dimensionerade $120^{\circ}/70^{\circ}$
Abbonent (A), radiatorer dimensionerade $80^{\circ}/60^{\circ}$



ÅRLIGT VÄRMEBEHOV

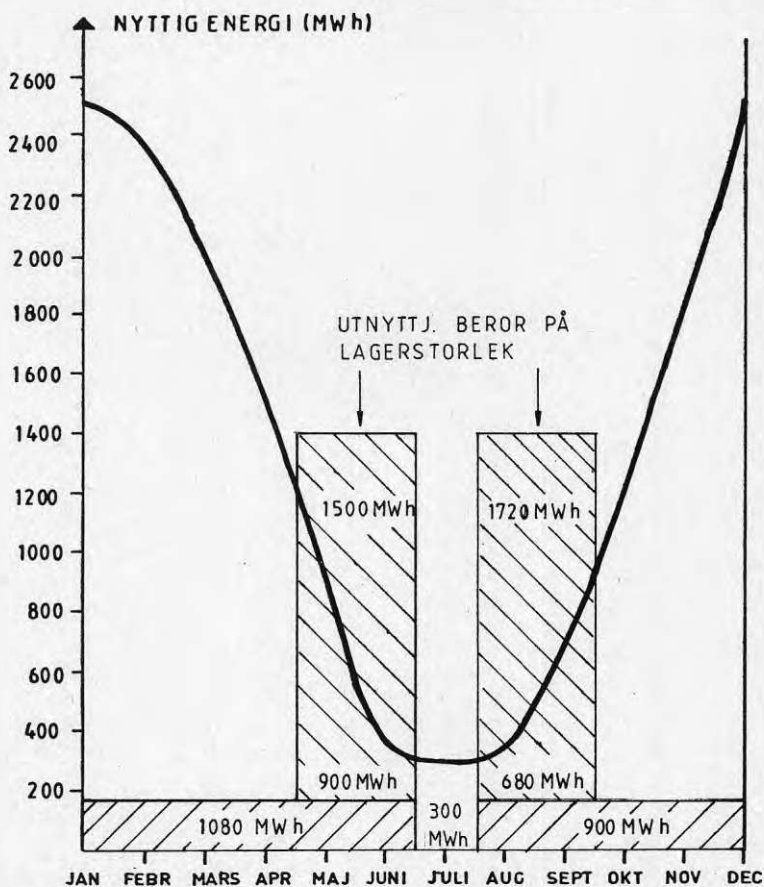
TOTALT NYTTIGGJORD ENERGI: 16100 MWh

FÖRFRÅGNINGAR TILL BRÄNSLELEVERANTÖRER

Vi är intresserade av följande uppgifter:

- Er nuvarande omfattning av vedbränsleleveranser vad avser mängder, vedslag, kvaliteter, värmeinhåll, priser och prisregleringsmetoder.
- Vilket intresse och vilka möjligheter Ni har att i framtiden eventuellt leverera vedbränsle i den omfattning som redovisas i bilagan.
- Hur stor del uppskattar Ni Era leveransmöjligheter till om Ni direkt bedömer det som orimligt att leverera hela mängden?
- Tid mellan avtal och leveransstart?
- Hur anser Ni att mottagningsutrustningen bör vara beskaffad?

AVFALLSBRÄNSLE FRÅN VULCAN OCH MARBODAL



TOTALT NYTTIGGJORD ENERGI: 16100 MWh

300 M³-BEHÅLLARE

Röjning	80 m ²	à	10:-	800:-
Schakt	150 m ³	"	14:-	2 100:-
Återfyllning	180 m ³	"	20:-	3 600:-
Grusavj.	10 m ³	"	90:-	900:-
Betong, botten	25 m ³	"	400:-	10 000:-
Arm., botten	1500 kg	"	6:50	9 750:-
Form, botten	15 m ²	"	140:-	2 100:-
Förtagn.	25 m	"	50:-	1 250:-
Glättning	50 m ²	"	34:-	1 700:-
Vattenstopp	25 m	"	100:-	2 500:-
Betong, vägg	55 m ³	"	420:-	23 100:-
Form, vägg	420 m ²	"	150:-	63 000:-
Arm., vägg	4000 kg	"	7:-	28 000:-
Ytbehandling, duk	230 m ²	"	150:-	34 500:-
Bult för regler och isolering, rostfri	300 st	"	25:-	7 500:-
Reglar, vent, 45x95 tryckimpr.	280 m	"	25:-	7 000:-
Mellanlägg 70	300 st	"	10:-	3 000:-
Isol. 70 + 100	180 m ²	"	35:-	6 300:-
Plst 40x5, horis	170 m	"	20:-	3 400:-
Vindpapp	200 m ²	"	10:-	2 000:-
Plåtbekl. TRP 20 AL	200 m ²	"	90:-	18 000:-
Kolvponton pl2	1 st			15 000:-
Gummiduksbälg	10 m ²	"	150:-	1 500:-
Krönbalk 120x120x11	500 kg	"	10:-	5 000:-
Tak, trä	45 m ²			<u>15 000:-</u>
				267 000:-

600 M³-BEHÅLLARE

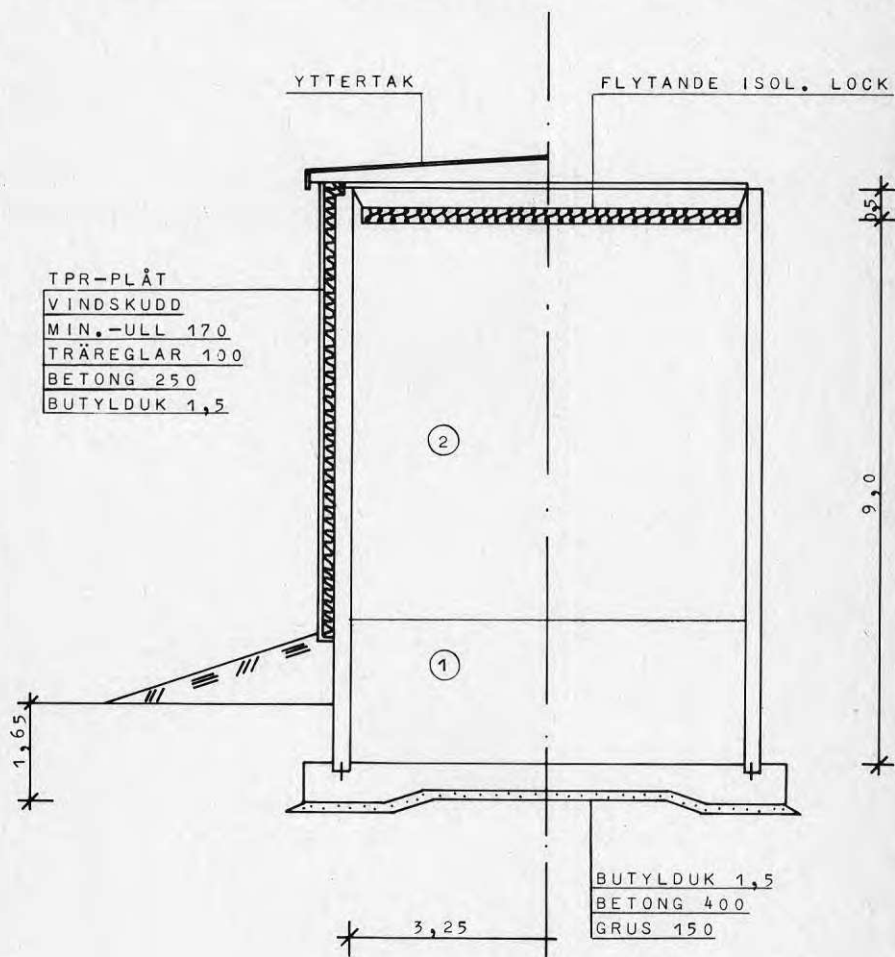
Röjning	120 m ²	à	10:-	1 200:-
Schakt	200 m ³	"	14:-	2 800:-
Återfylln.	240 m ³	"	20:-	4 800:-
Grusavj.	15 m ³	"	90:-	1 350:-
Betong, botten	40 m ³	"	400:-	16 000:-
Arm., botten	3100 kg	"	6:50	20 100:-
Form, botten	20 m ³	"	140:-	2 800:-
Förtagn.	28 m	"	50:-	1 400:-
Glättning	65 m ²	"	34:-	2 200:-
Vattenstopp	28 m	"	100:-	2 800:-
Betong, vägg	90 m ³	"	420:-	38 000:-
Form, vägg	600 m ²	"	150:-	90 000:-
Arm., vägg	7500 kg	"	7:-	52 500:-
Ytbehandling	350 m ²	"	150:-	52 500:-
Bultar för reglar	500 st	"	25:-	12 500:-
Reglar	510 m	"	25:-	12 800:-
Mellanlägg	500 st	"	10:-	5 000:-
Isolering	255 m ²	"	35:-	9 000:-
Plst 40x5	250 m	"	20:-	5 000:-
Vindpapp	260 m ²	"	10:-	2 600:-
Plåtbekl.	260 m ²	"	90:-	23 400:-
Kolvponton	1 st			20 000:-
Gummiduksbälg	15 m ²	"	150:-	2 250:-
Krönbalk	650 kg	"	10:-	6 500:-
Tak	80 m ²			<u>24 000:-</u>
				411 500:-

1000 M³-BEHÅLLARE

Röjning	170 m ²	à 10:-	1 700:-
Schakt	280 m ³	" 14:-	3 900:-
Aterfyllning	340 m ³	" 20:-	6 800:-
Grusavj.	20 m ³	" 90:-	1 800:-
Betong, botten	70 m ³	" 400:-	28 000:-
Arm.	4500 kg	" 6:50	29 000:-
Form	30 m ²	" 140:-	4 200:-
Förtagn.	36 m	" 50:-	1 800:-
Glättning	100 m ²	" 34:-	3 400:-
Vattenstopp	36 m	" 100:-	3 600:-
Betong, vägg	140 m ³	" 425:-	59 500:-
Form, vägg	780 m ²	" 150:-	117 000:-
Arm., vägg	10400 kg	" 7:-	73 000:-
Ytbeh.	480 m ²	" 150:-	72 000:-
Bult för reglar	680 st	" 25:-	17 000:-
Reglar	680 m	" 25:-	17 000:-
Mellanlägg	680 st	" 10:-	6 800:-
Isolering	310 m ²	" 35:-	10 900:-
Plst 40x5	300 m	" 20:-	6 000:-
Vindpapp	330 m ²	" 10:-	3 300:-
Plåtbekl.	330 m ²	" 90:-	29 700:-
Kolvponton	1 st		25 000:-
Gummiduksbälg	18 m ³	" 150:-	2 700:-
Krönbalk	800 kg	" 10:-	8 000:-
Tak	120 m ²		<u>42 000:-</u>
			574 100:-

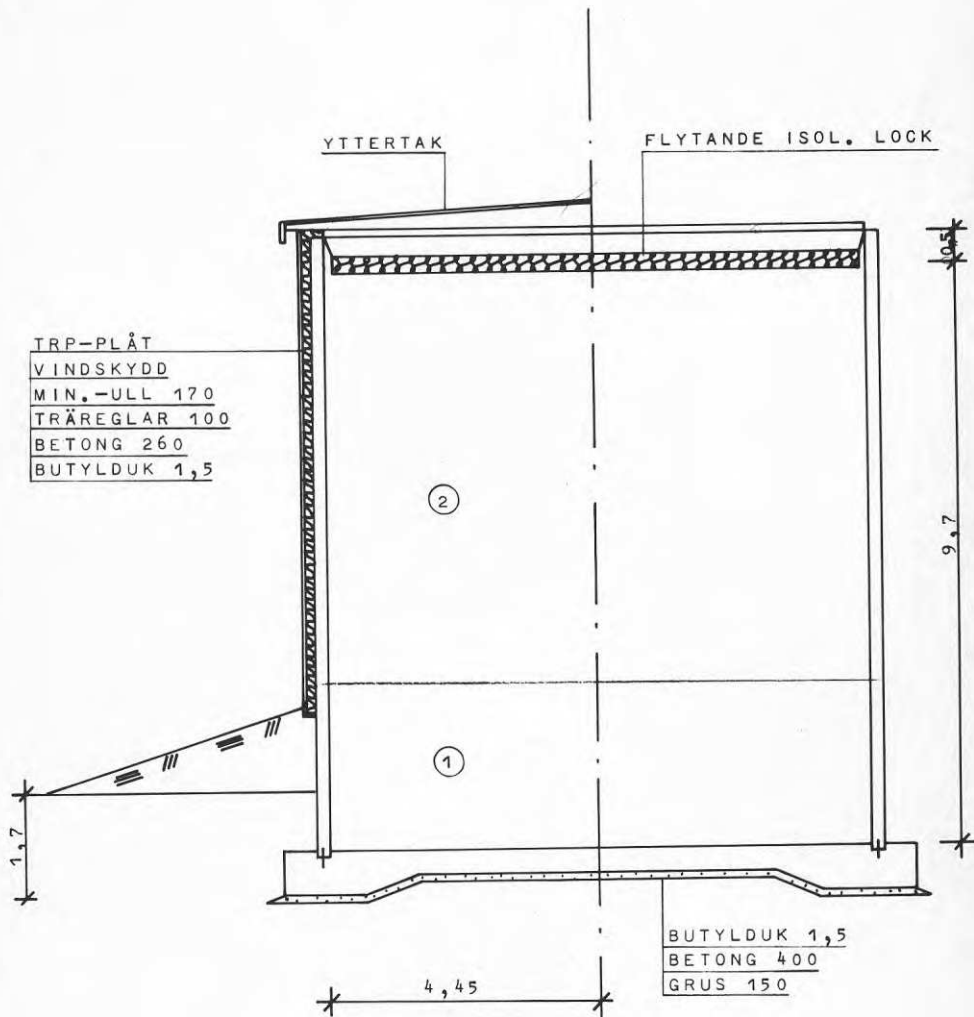
300 M³ BETONGACKUMULATOR

BILAGA 19



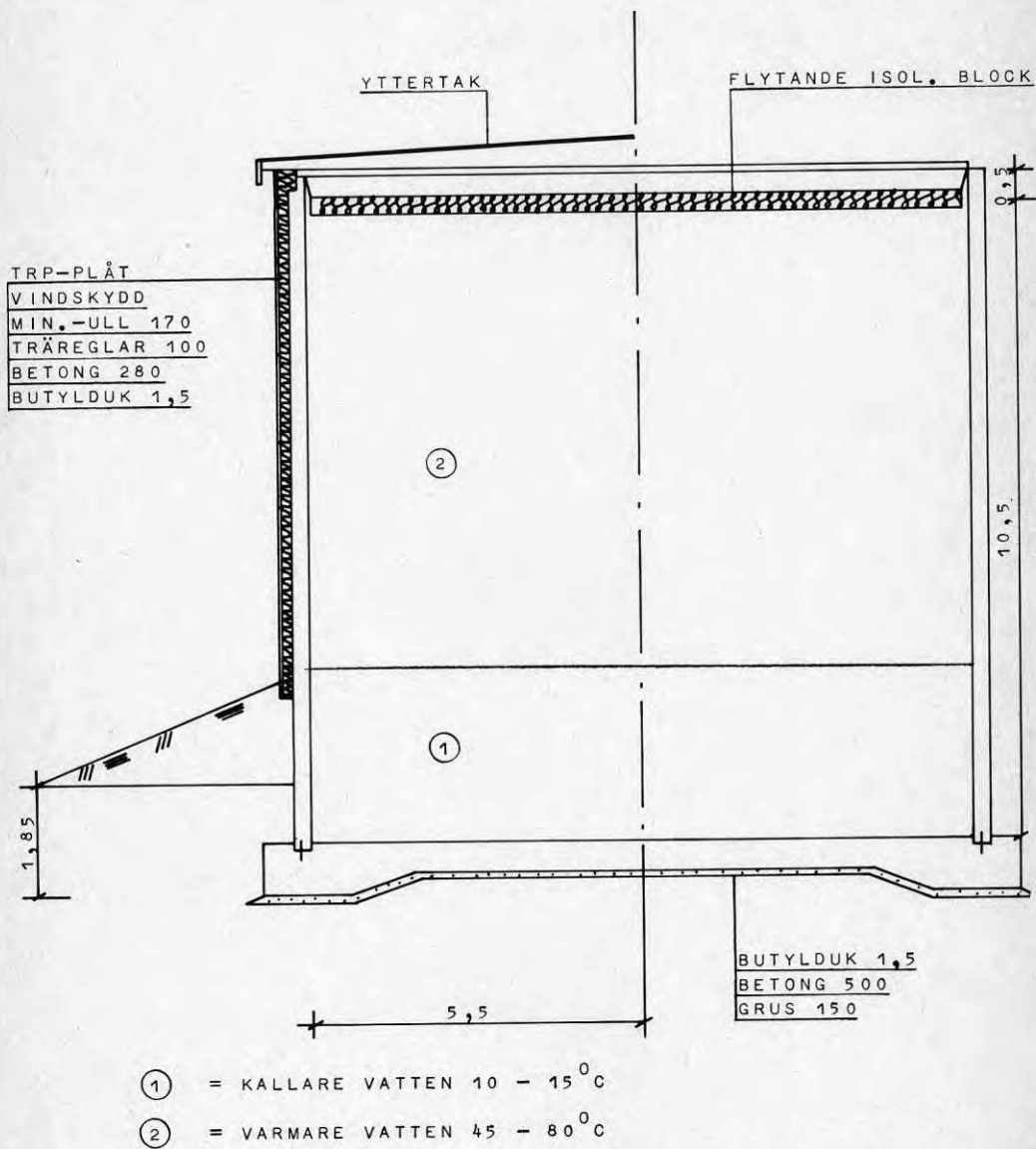
① = KALLARE VATTEN 10 - 15⁰C

② = VARMARE VATTEN 45 - 80⁰C

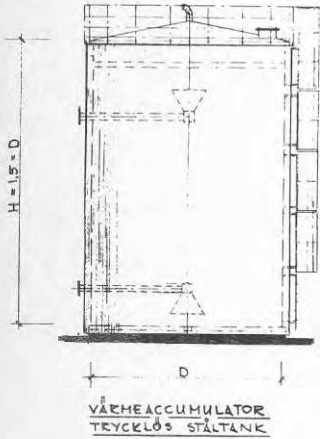
600 M³ BETONGACKUMULATOR

① = KALLARE VATTEN 10 - 15 °C

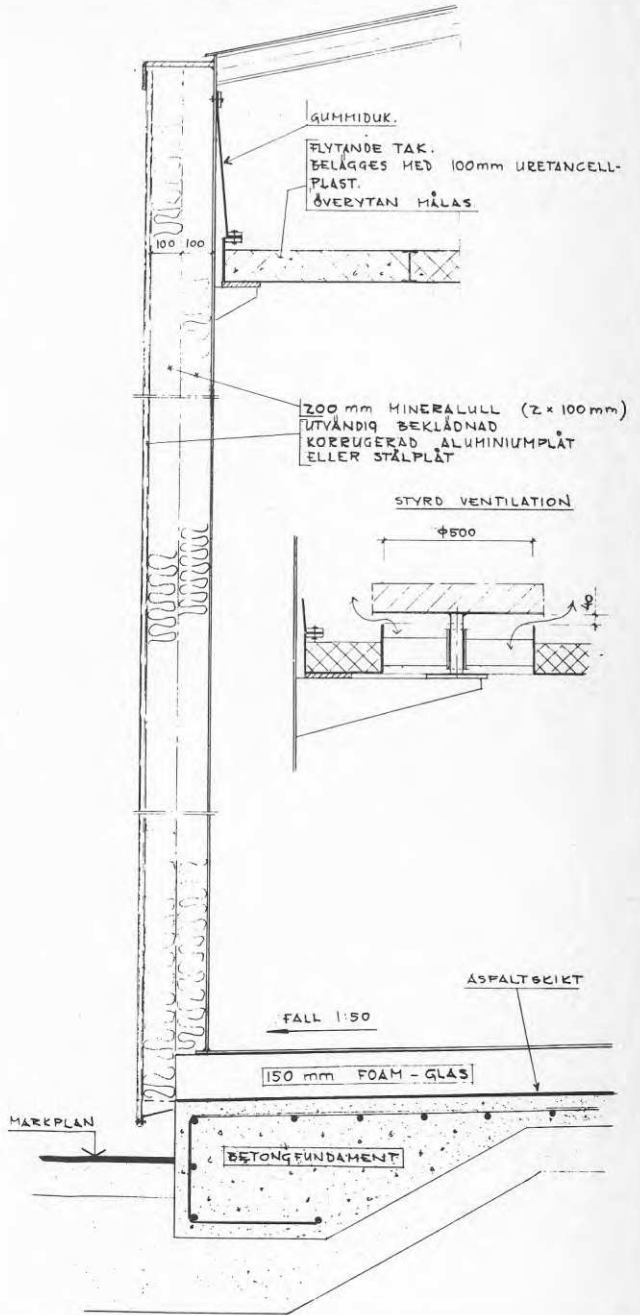
② = VARMARE VATTEN 45 - 80 °C

1000 M³ BETONGACKUMULATOR

SNITT GENOM MÅNTEL, ISOLERING, FUNDAMENT
 SKALA 1:10

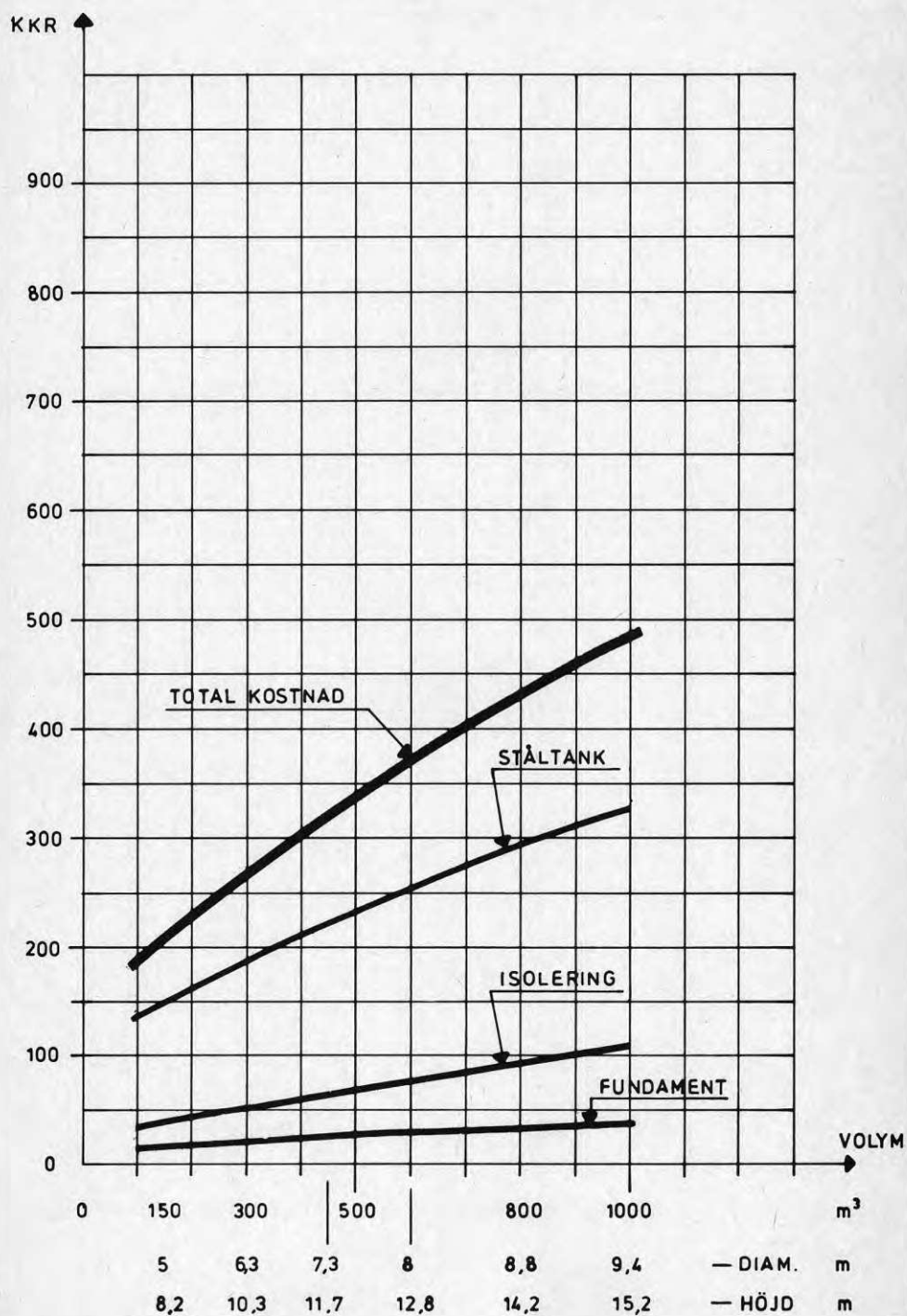


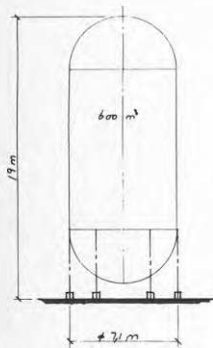
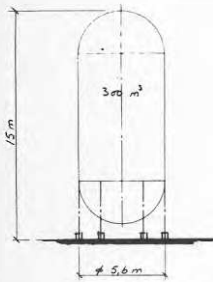
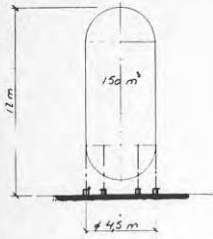
DATA.
 INNEHÅLLALKALISKT SYREFRITT VATTEN
 DRIFTTEMPERATUR95°C (MAX)
 ARBETSTRYCKSTATISKT
 DENSITET1000 kg/m³
 pH-VÄRDE9



— VÄRMEACCUMULATORER —
 TRYCKLÖS STÅLTÄNK

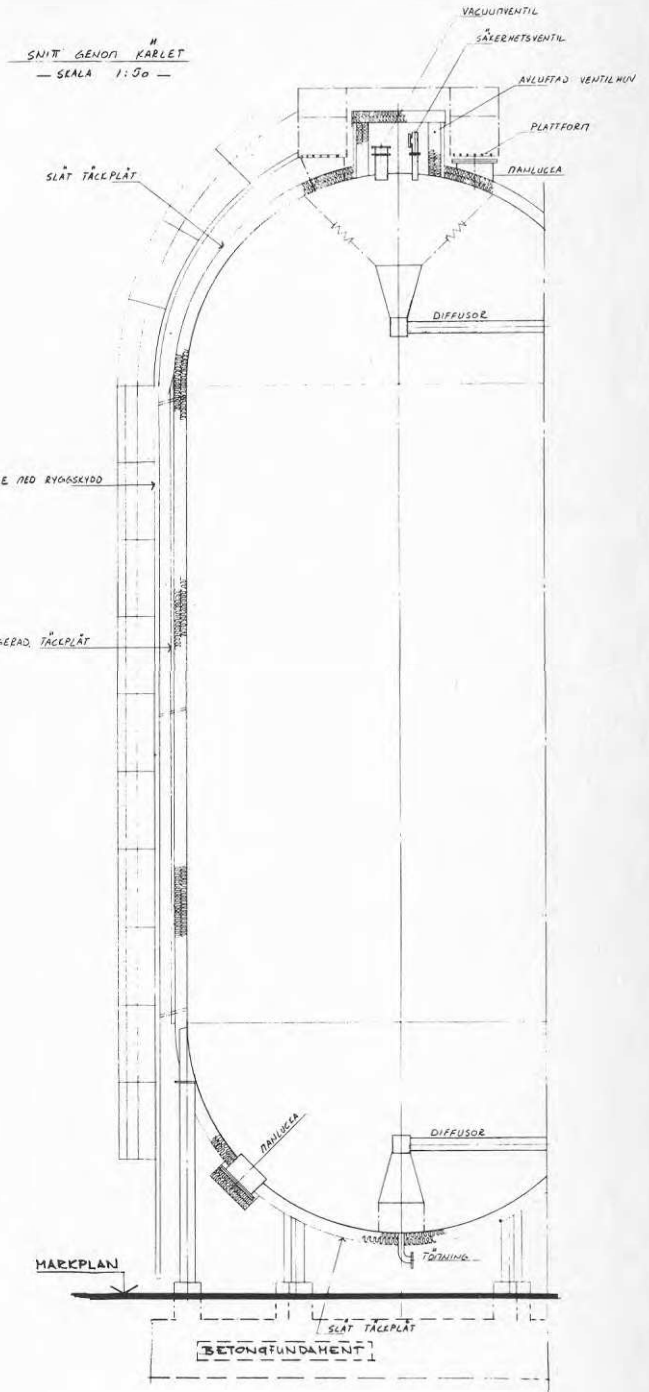
VÄRMEACCUMULATORER
TRYCKLÖS STÅLTANK
KOSTNADSDIAGRAM





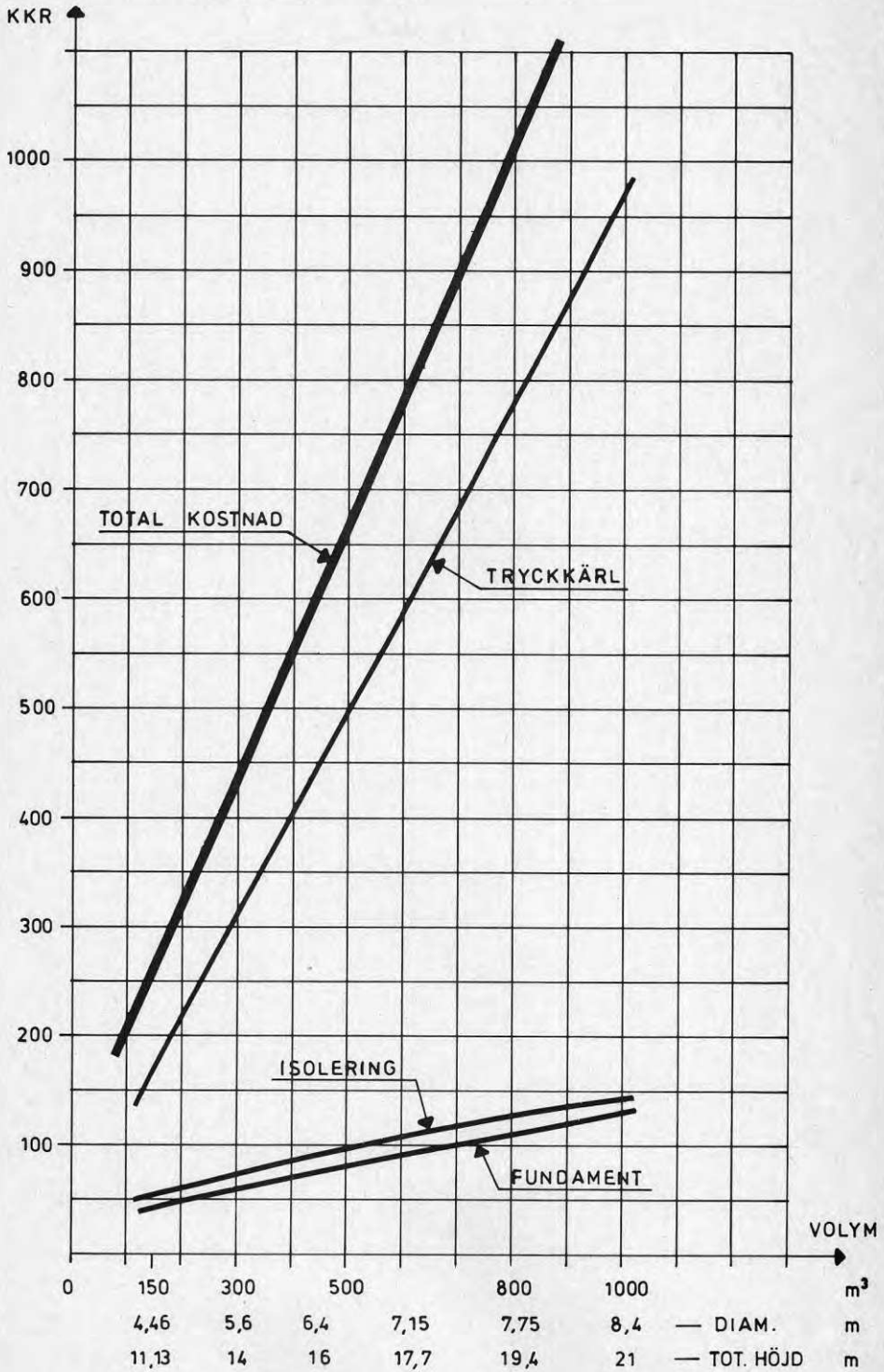
DATA

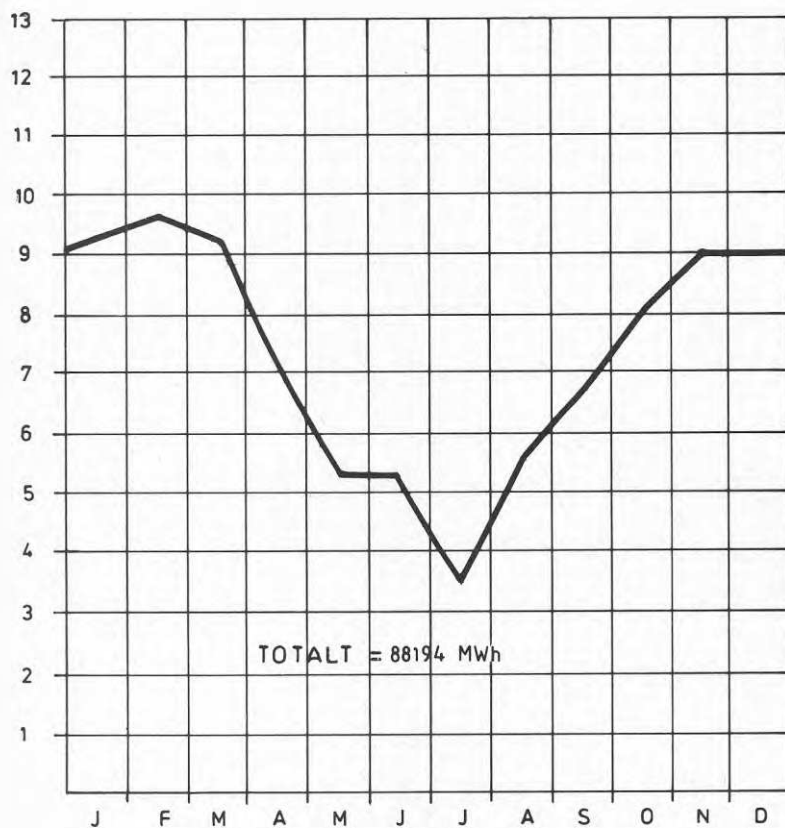
INNEHÅLL	ALKALISKT SYREFRITT VATTEN
DRIFTEMPERATUR	MAX 120 °C
ARBETSTRYCK	8 bar I TOPPEN
VARUITSÄKERHET	80 %
DENSITET	1000 kg/m³
pH-VÄRDE	9
ISOLERING	2x100 mm MINERALULL



— VÄRME ACCUMULATORER —
SLUTETS TRYCKKÄRL

VÄRMEACCUMULATORER
TRYCKKÄRL
KOSTNADSDIAGRAM



ÅRLIG ELKRAFTFÖRBRUKNINGMWh
 $\times 10^3$ 

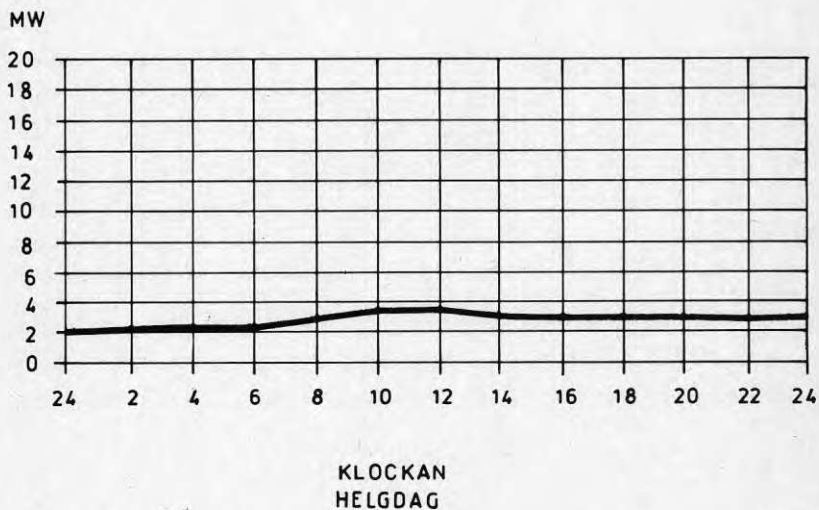
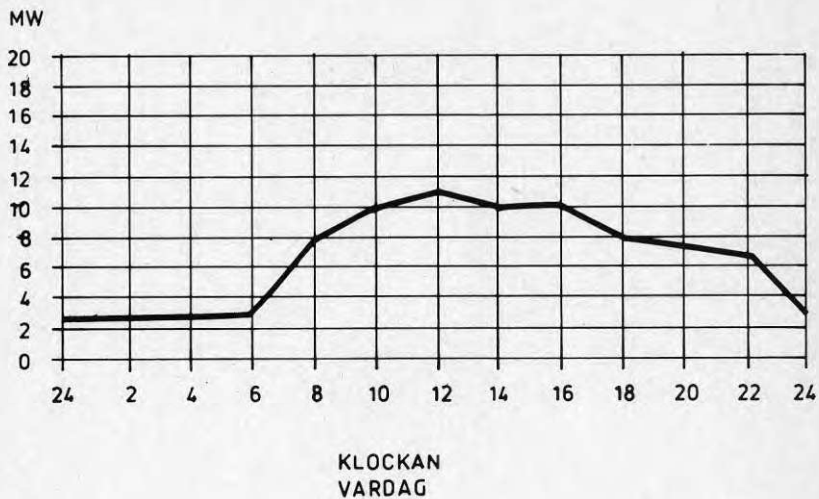
1980

(79)

ELKRAFTFÖRBRUKNING SOMMARTID

BILAGA 27

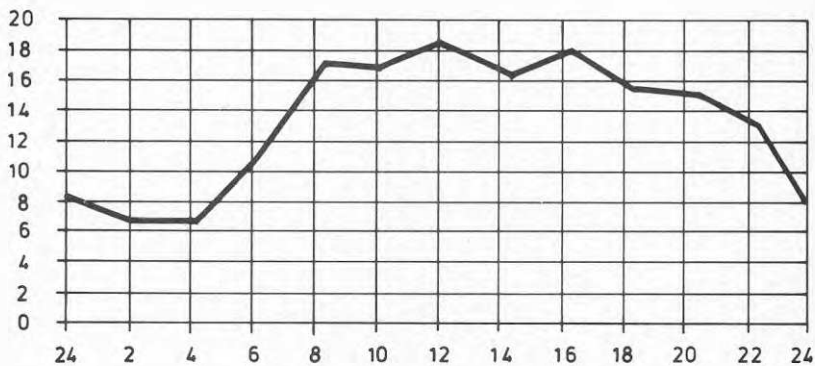
HÖGSTA EFFEKT CA 22 MW (ABON.)



ELKRAFTFÖRBRUKNING VINTERTID

HÖGSTA EFFEKT CA 22 MW (1h)

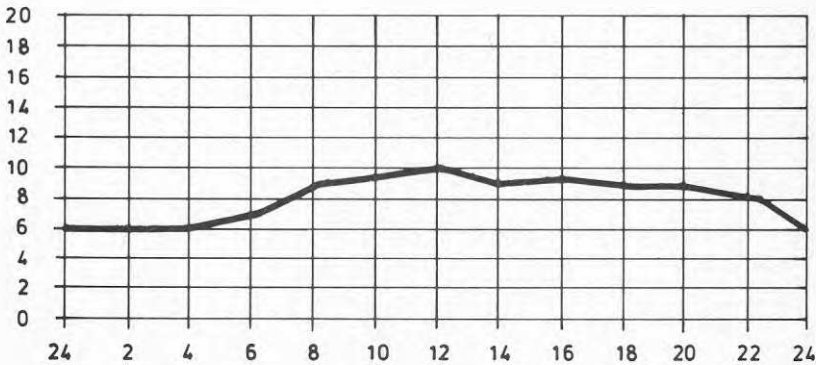
MW



KLOCKAN

VARDAG

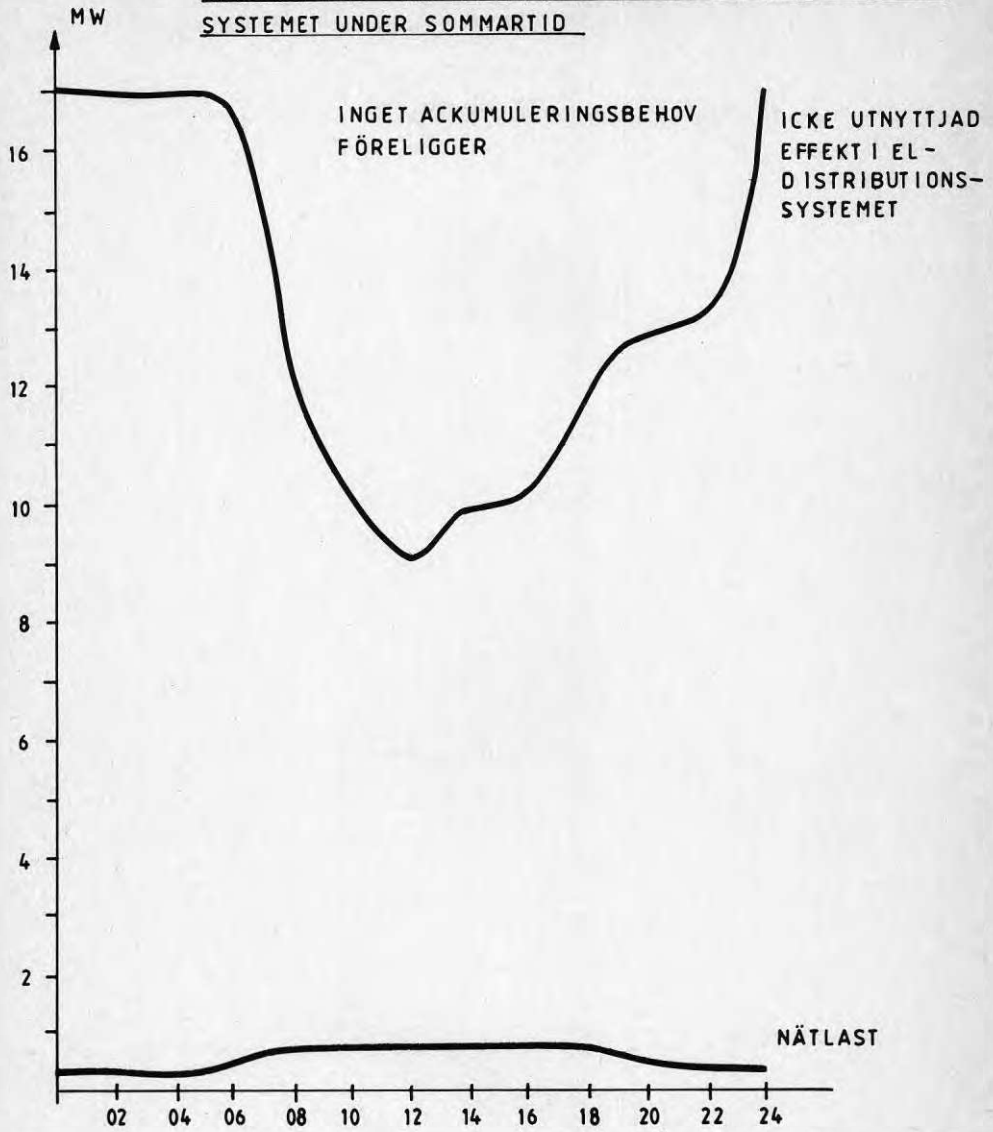
MW



KLOCKAN

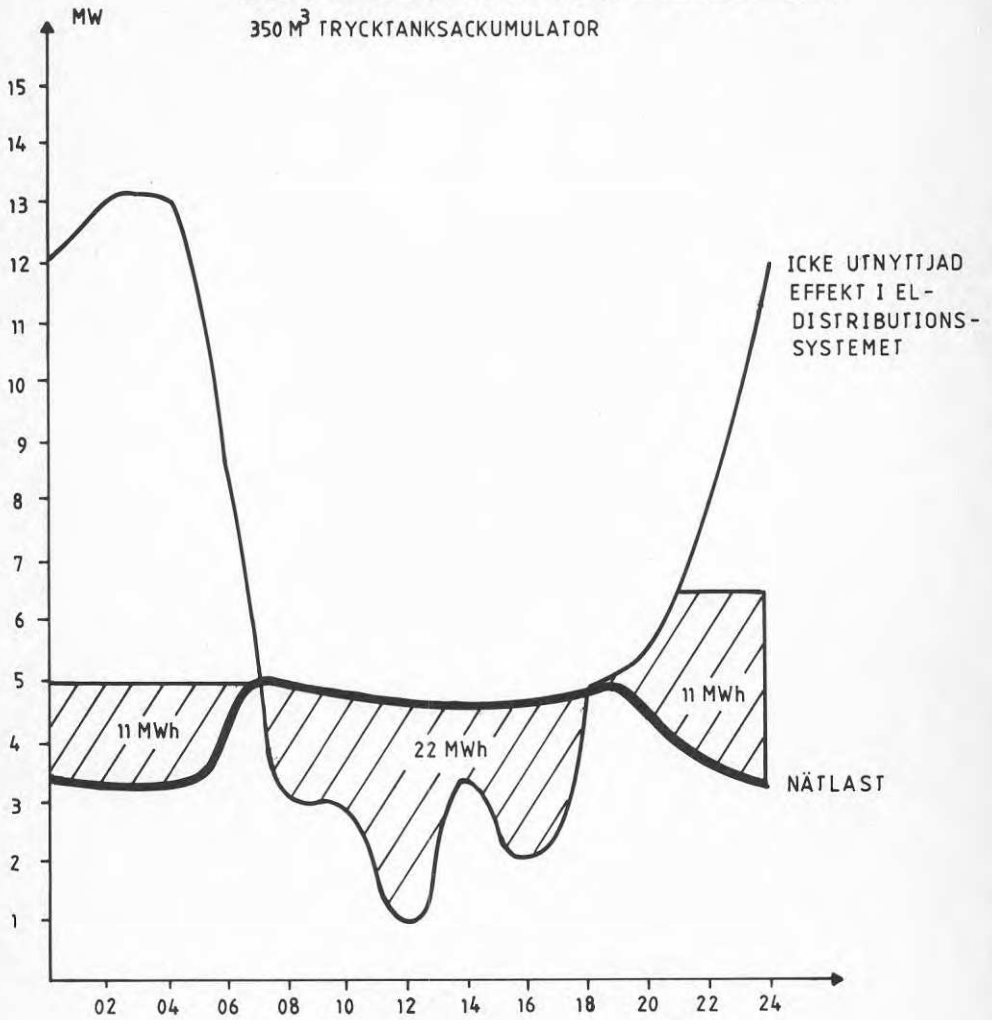
HELGDAG

NÄTLAST OCH ICKE UTNYTTJAD EFFEKT I EL-DISTRIBUTIONS-
SYSTEMET UNDER SOMMARTID

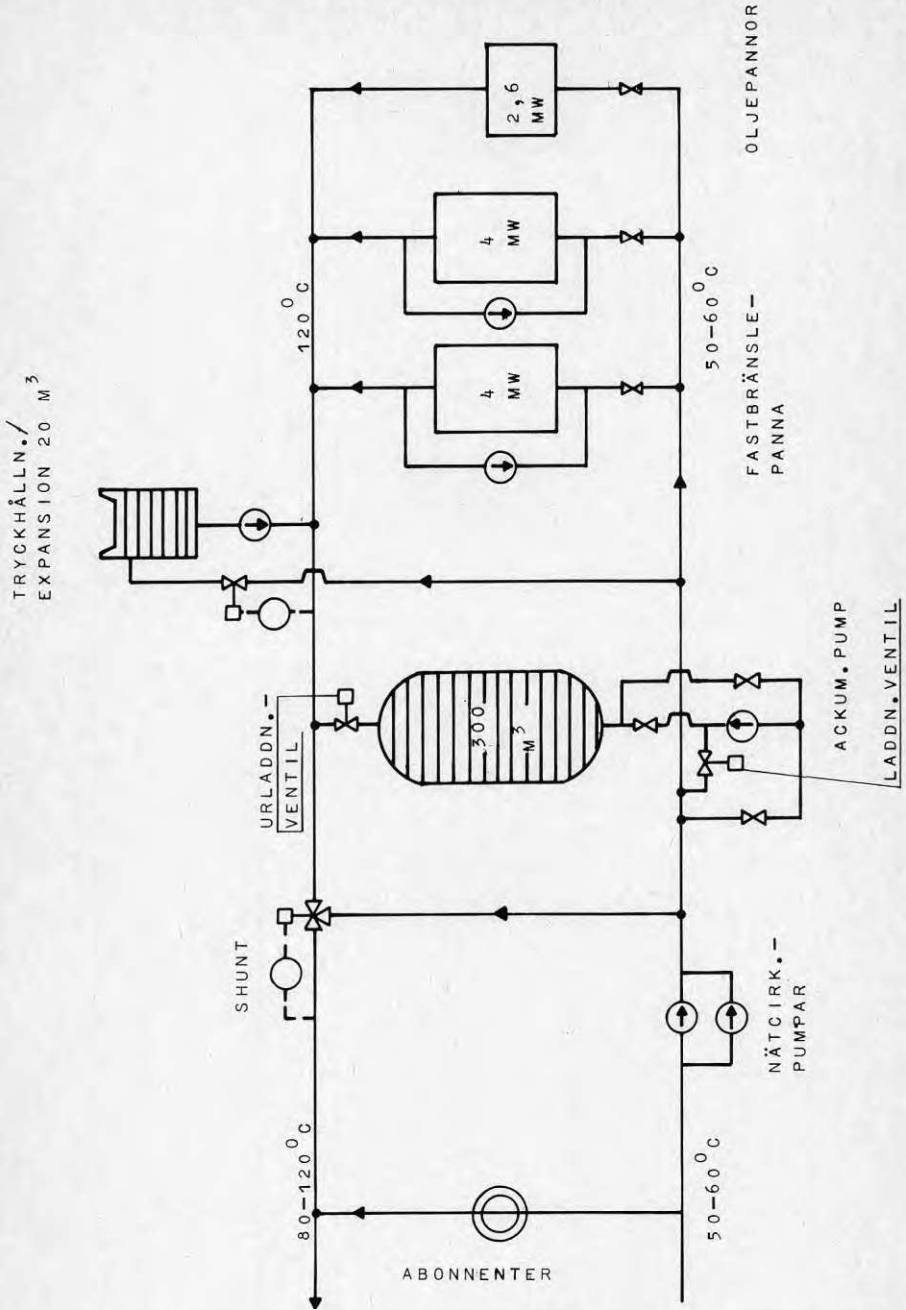


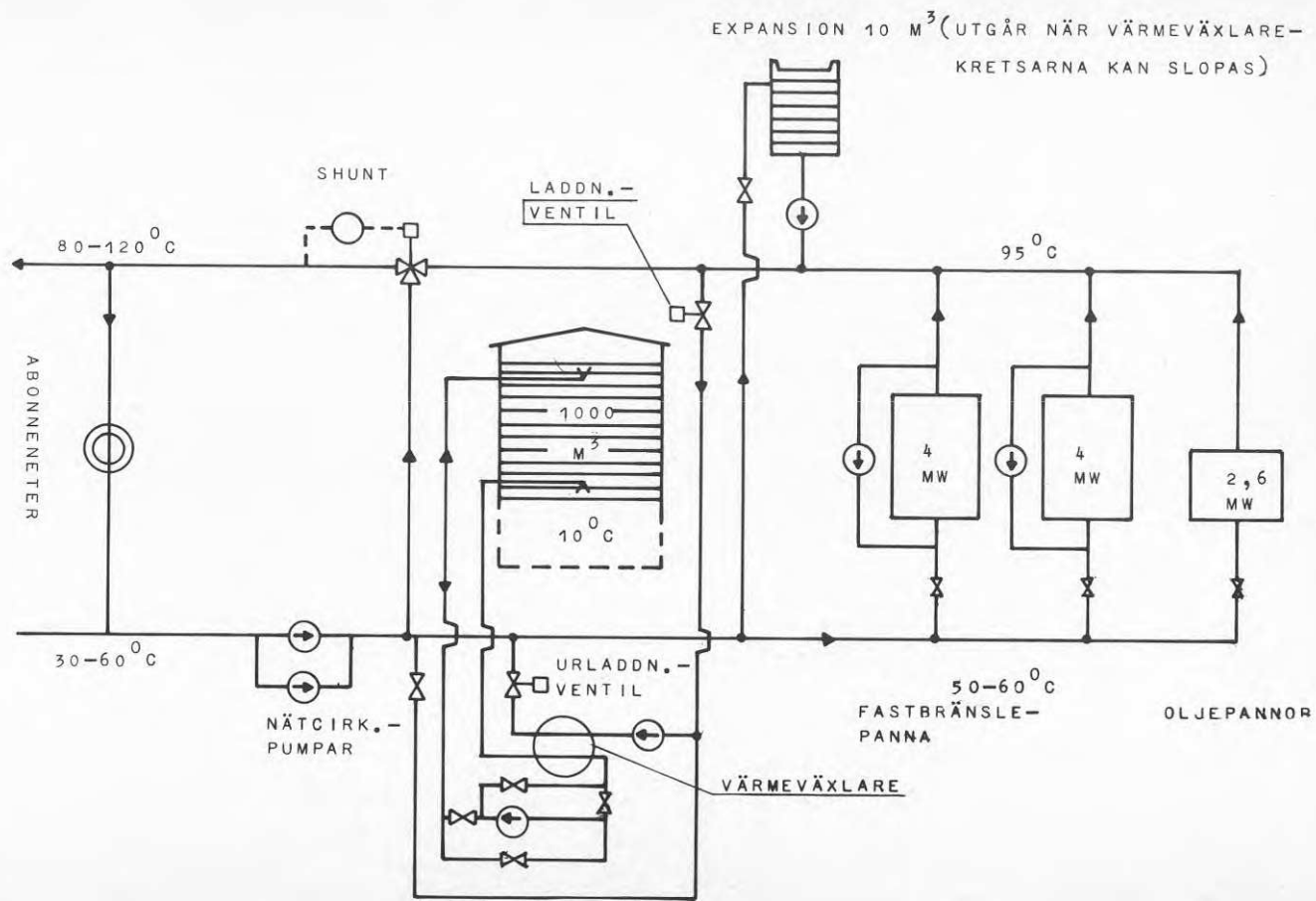
NÄTLAST OCH ICKE UTNYTTJAD EFFEKT I EL-DISTRIBUTIONSSYSTEMET (VINTERTID)

350 M³ TRYCKTANKSACKUMULATOR



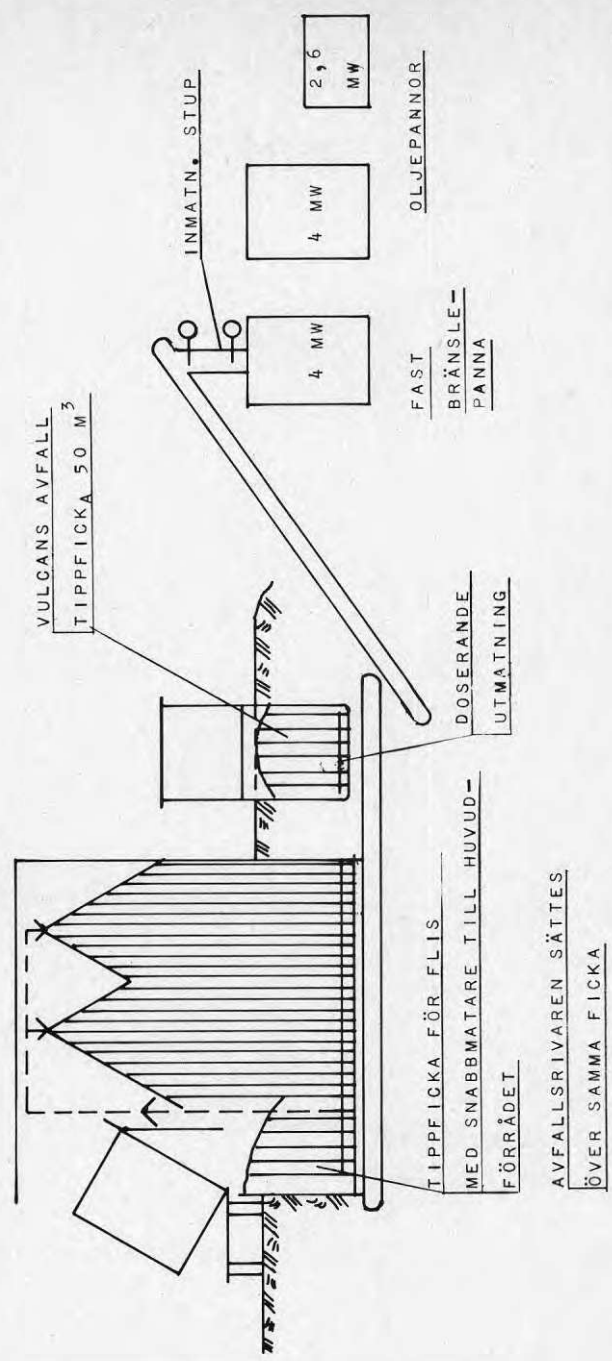
TRYCKACKUMULATOR 300/350 M³





TRYGGLÖS STÅLACKKUMULATOR
ELLER BETONGACKKUMULATOR

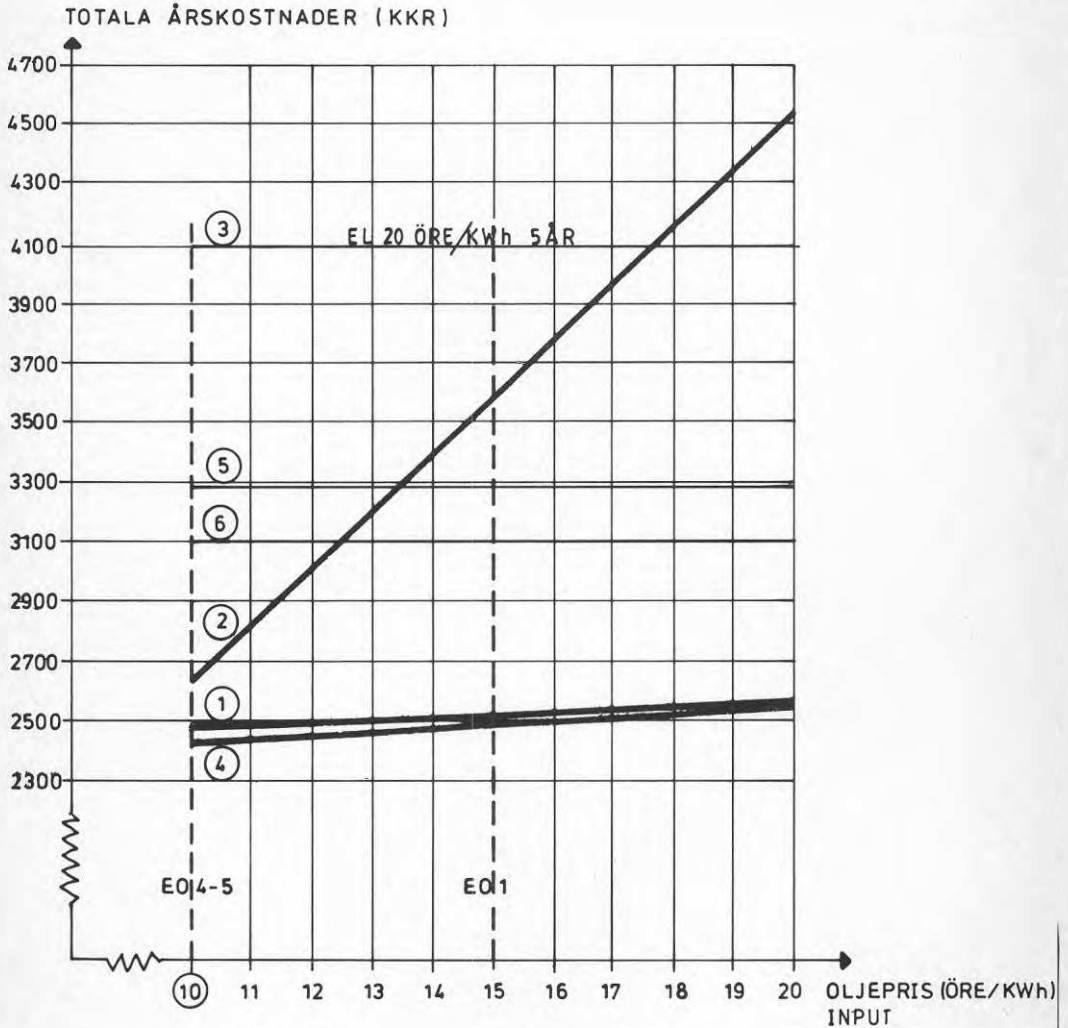
SILobyGGNAD 1000 M³
AV STÅLBALK OCH PLANK



AVFALLSRIVAREN SÄTTES
ÖVER SAMMA FICKA

DE TOTALA ÅRSKOSTNADERNAS VARIATION MED OLJEPRISET

BILAGA 34



① 4,0 MW FASTBRÄNSLE
2,6 MW OLJA
4,0 MW OLJA
300 M³ TRYCKTANK

③ 4,0 MW ELPANNA
2,6 MW OLJA
4,0 MW OLJA
350 M³ TRYCKTANK

⑤ ELPRISET: 15 ÖRE/KWh
5 ÅR

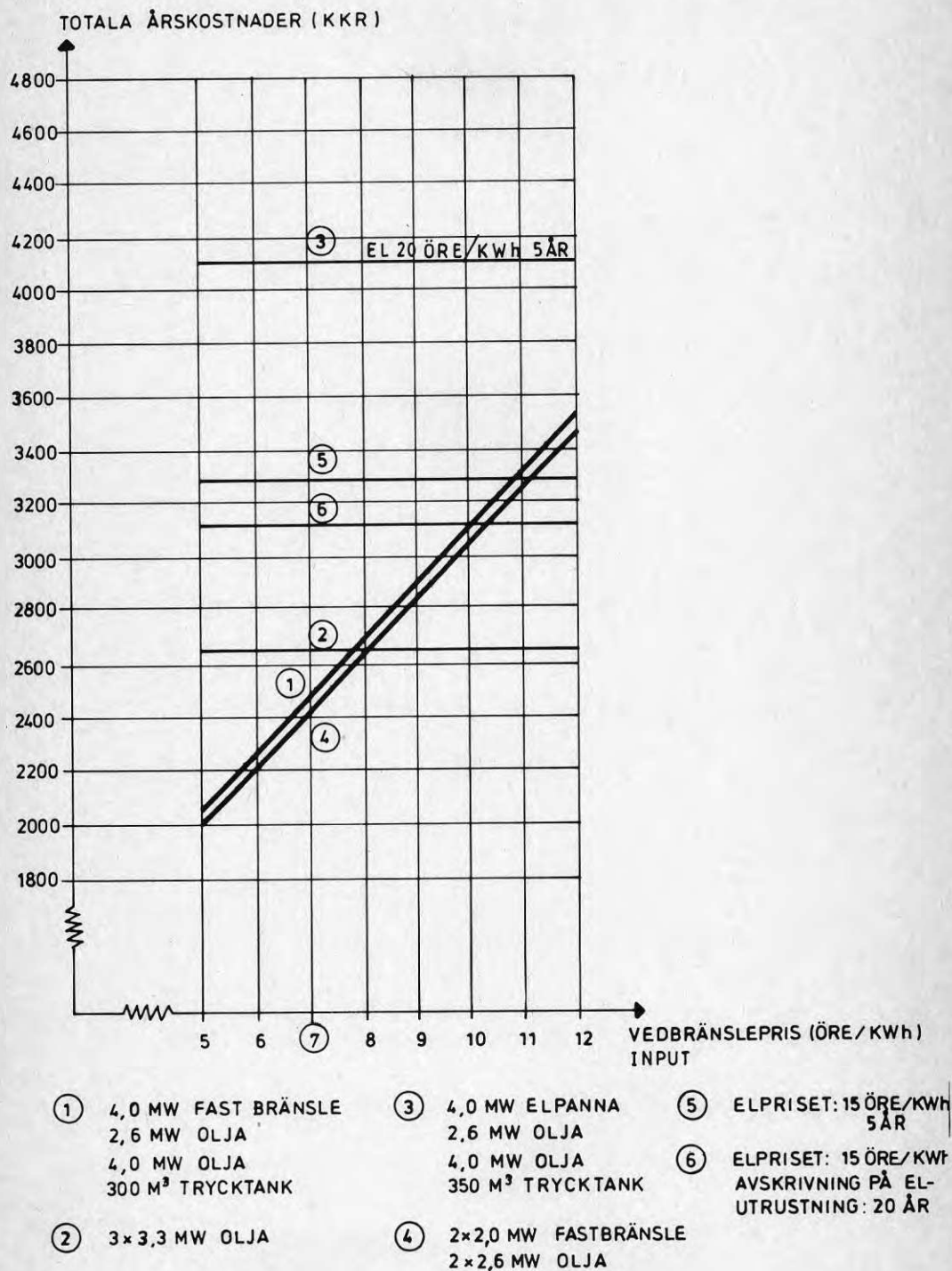
⑥ ELPRISET: 15 ÖRE/KWh
AVSKRIVNING PÅ EL-
UTRUSTNING: 20 ÅR

② 3×3,3 MW OLJA

④ 2×2,0 MW FASTBRÄNSLE
2×2,6 MW OLJA

DE TOTALA ÅRSKOSTNADERNAS VARIATION MED VEDBRÄNSLEPRISET

BILAGA 35



INTÄKTER FRÅN FJÄRRVÄRMETAXA

Följande taxor är baserade på Svenska Värmeverksföreningens riktpriiser.

Taxorna avser årskostnader.

I, konsumentprisindex	552
T, Utnyttjningstid	2100 h
O1, pris på Eo1	1 305 kr/m ³
O3, pris på Eo3	970 kr/m ³
O4, pris på Eo4	940 kr/m ³

Anslutningseffekt 75 - 180 kW

$$I/130 (300 + 14,6 \times E) + (4 + 0,12 \times E \times T) \times O1$$

Anslutningseffekt 180 - 3400 kW

$$I/130 (2000 + 12,9 \times E) + (15 + 0,12 \times E \times T) \times O3$$

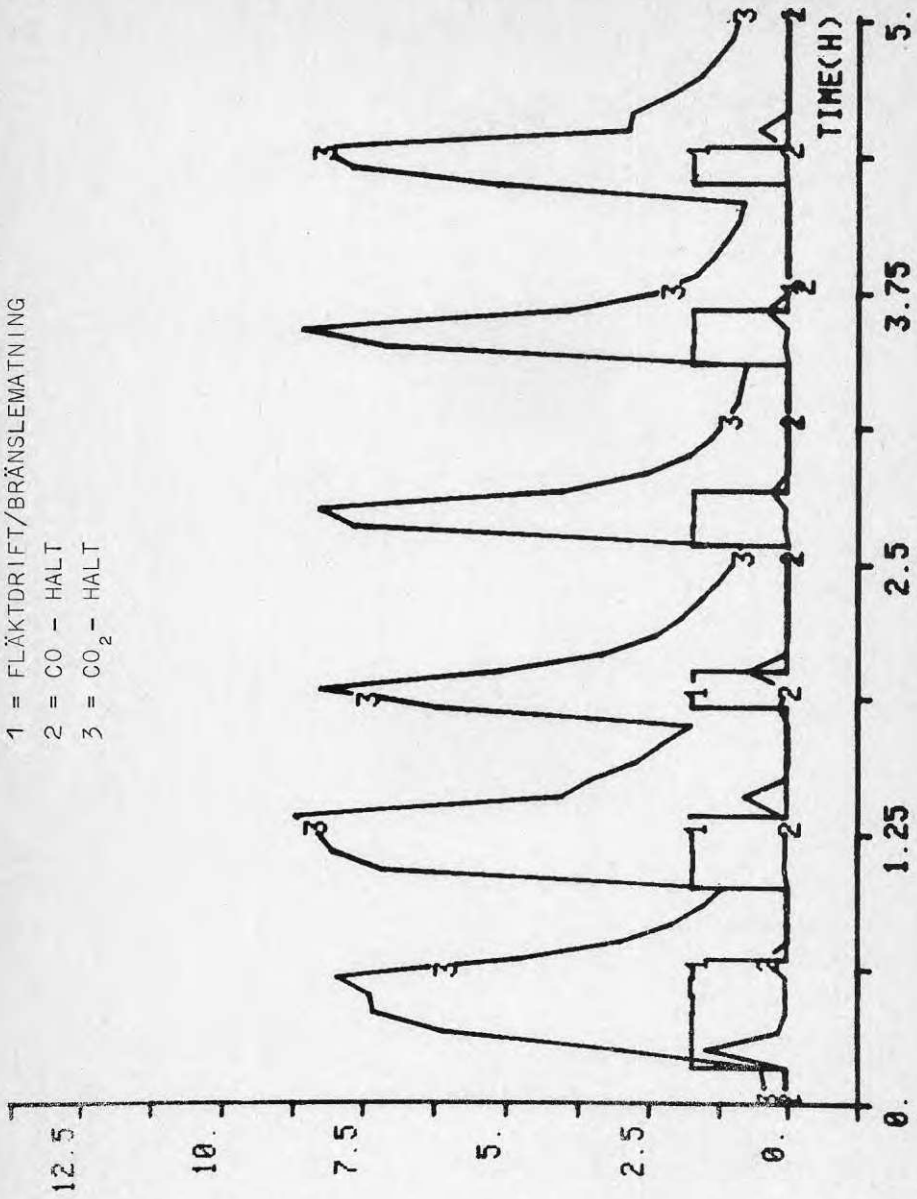
<u>Abonment</u>	<u>Intäkt</u>
Brandstation	142 700
Vulcan	700 000
Bibliotek	97 800
Idrottshall	82 900
Stadshus	172 650
Nämndhus	45 600
Arenco	322 250
Posthus	97 850
Vårdcentral	501 800
Sjukhem	522 250

De totala taxeintäkterna (idrottshallen ej medräknad) uppgår till 2 403 kkr.

1 = FLÄKTDRIIFT/BRÄNSLEMÄTNING

2 = CO - HALT

3 = CO₂ - HALT



SPECIFIKA KOSTNADERInvesteringar

Fliseldad panncentral 2 MW	1000 kr/kW	
Fliseldad panncentral 4 MW	800 kr/kW	
Oljeeldad panncentral 2-4 MW	400 kr/kW	
Elpanna	3-4 MW	150 kr/kW

Bränsle priser

Olja :	10 öre/kWh	
Vedbränsle :		7 öre/kWh
Elbränsle :		20 öre/kWh

Räntesats

5% ränta.

Avskrivningar

Pannanläggningar :	20 år
Kulvertar :	30 år
Undercentraler :	15 år
Ackumulator :	10 år
Elpanna :	5 år

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790890-2 från Statens råd för byggnadsforskning
till Tidaholms kommun.**

R146: 1981

ISBN 91-540-3630-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700446

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 30 kr exkl moms