



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.

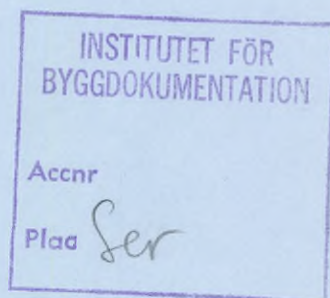


Rapport

R35:1987

Teknikupphandling av energisnåla lösningar i badhus

Sven-Gunnar Dahlquist



Byggforskningsrådet

R35:1987

TEKNIKUPPHANDLING AV ENERGISNÅLA
LÖSNINGAR I BADHUS

Sven-Gunnar Dahlquist

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 831354-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Motala kommun,
Fastighetskontoret, Motala.

REFERAT

Rapporten redovisar den praktiska tillämpningen av ett nytt sätt för upphandling av energisnåla systemlösningar. Upphandlingssättet benämns teknikupphandling, och har genomförts vid ombyggnaden av Motala sim- sporthall under år 1984.

Teknikupphandling innebär en utvidgad form av totalentreprenad med större risktagande för totalentreprenören p g a garantier för energiförbrukning utifrån förutsättningar i kravspecifikation.

Syftet med teknikupphandling är att nå största lönsamhet för beställare/nyttjare utifrån av denne uppsatt lönsamhetskrav. Detta innebär att varje anbudsgivare utifrån sina förutsättningar får välja den lösning som bäst uppfyller ställda krav.

Genomförd långtidsmätning under ett år av total förbrukning av värme (olja), elektricitet och vatten visar full överensstämmelse mellan verklig förbrukning och kalkylerad förbrukning enligt förutsättningar vid upphandling. Total energiförbrukning omfattande värme och elektricitet var före ombyggnaden 430 kWh/m² golvyta och år och efter 207 kWh/m² golvyta och år, d v s en minskning till 48% av ursprunglig förbrukning. Investeringsbeloppet är 4,4 Mkr, motsvarande ca 370 kr/m² golvyta.

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

R35:1987

ISBN 91-540-4712-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1987

FÖRORD

SAMMANFATTNING	5
1. INLEDNING	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	7
1.3 Projektuppläggning	8
2. UPPLÄGGNING AV PROJEKT	10
2.1 Kravspecifikation	10
2.11 Inventering	10
2.12 Dimensionerande förutsättningar	12
2.13 Allmänna riktlinjer för åtagande	12
2.14 Omfattning av åtagande	13
2.2 Utvärderingsprogram	13
2.3 Uppföljning av resultat	12
3. GENOMFÖRANDE AV PROJEKT	15
3.1 Tidplan	15
3.2 Inbjudan	15
3.3 Utvärdering av anbud	15
3.4 Upphandling	20
3.5 Genomförande	21
4. UPPFÖLJNING AV PROJEKT	23
5. VAD BLEV SLUTRESULTATET?	25
6. SLUTORD	26
REFERENSER	28

FÖRORD

I samband med bedömning av lämpliga energisparande åtgärder för vår sim- och sporthall här i Motala under år 1983 framkom idéen med teknikupphandling för att nå bästa resultat utifrån våra tekniska och ekonomiska förutsättningar.

För projektets genomförande bildades en forsknings- och utvecklingsgrupp med:

- kommunalråd Per Ekelin som projektansvarig
- mig själv som projektledare
- civilingenjör Axel Bigélius som medarbetare

Projektarbetet omfattade kravspecifikation, utvärderingsprogram, utvärdering av anbud och uppföljning av resultatet.

Efter genomförd anbudsutvärdering och upphandling bedömdes det som lämpligt, att projektarbetet även utökades med granskning av entreprenadhandlingar från totalentreprenör samt besiktning.

Genomförd utvärdering av projektresultat under tiden september 1985 till augusti 1986 visar full överensstämmelse med förutsättningarna vid upphandlingen.

Till alla inblandade parter, nyttjare, totalentreprenör, underentreprenörer, egen personal och projektmedarbetare riktar jag ett varmt tack för väl genomfört arbete.

Min förhoppning är att resultatet från detta projekt skall resultera i fler teknikupphandlingar och ett stort antal energisnåla systemlösningar.

Motala i september 1986

Sven-Gunnar Dahlquist

SAMMANFATTNING

Bakgrunden till byggforskningsprojektet är den osäkerhet om bästa systemlösning för luftbehandling av badhallar, som rådde för några år sedan. Nyare forskningsrön från Danmark vidgade antalet möjliga lösningar.

Idéen bakom byggforskningsprojektet är teknikupphandling av entreprenader. Detta innebär att varje entreprenör utifrån sina förutsättningar får välja den lösning som bäst uppfyller ställda krav.

Syftet med teknikupphandling är att utifrån en omfattande kravspecifikation nå största lönsamhet för beställare/nyttjare utifrån av denne uppsatt lönsamhetskrav.

Teknikupphandling är en utvidgad form av totalentreprenad, där entreprenör utifrån kravspecifikation garanterar energiförbrukningen och därmed tar större risker än vid konventionella totalentreprenader.

Fördelarna med teknikupphandling i förhållande till andra entreprenadformer ges nedan:

- Minskar energiförbrukningen
- Minskar investeringsbeloppets betydelse vid upphandling till förmån för minskade och garanterade driftkostnader
- Ger fördel för produkter och systemlösningar som uppfyller utlovade data
- Premierar nytänkande

Teknikupphandling kräver mer omfattande kravspecifikation än övriga upphandlingsformer. I kravspecifikation skall bl a ingå:

- Beställarens/nyttjarens värdering av kapital och energi
- Utvärderingssätt för anbud
- Dimensionerande förutsättningar
- Inventering, som noggrant beskriver befintlig funktion och verksamhet, där man genom en teoretisk beräkning bör få en överensstämmelse med verklig förbrukning

Utvärderingssätt för teknikupphandling bör vara annuitets- eller nuvärde metoderna och deras kriterium för lönsamhet. Alla andra utvärderingsmetoder medför en underdimensionering av energisparande åtgärder eller felaktig prioritering av åtgärder.

Teknikupphandling ger större tyngd åt lönsamhetstekniska och tekniska aspekter i upphandling än andra entreprenadformer. Teknikupphandling gynnar tillverkare och entreprenörer som tror på sina egna data och därvid kan garantera dem. Teknikupphandling anger en färdriktning för mer seriös behandling av byggverksamheten.

Teknikupphandling bör kunna sammanfattas med:

- mer lönsamhetsoptimala byggnader, omfattande kapital och energi utifrån brukarens/nyttjarens synpunkt
- energisnålare byggnader
- mer funktionsriktiga byggnader
- premiering av kombinationen tekniskt och ekonomiskt kunnande

som även kan formuleras som byggforskningsprojektets målsättning.

Rapporten redovisar teknikupphandlingens olika faser vid genomförd ombyggnad av Motala Sim-Sporthall. Viktiga delar är där kravspecifikationens utformning, så att möjliga energisparande åtgärder verkligen blir "kalkylerbara för anbudsgivare/entreprenör" och "värderbara för beställare/nyttjare". Rapporten redovisar olika sätt att erhålla detta.

Andra viktiga resultat av projektarbetet är idrifttagningens stora betydelse för riktigt slutresultat. Med idrifttagning avses erforderlig kontroll och inställning av alla funktioner för samverkande enheter så att avsedd totalfunktion erhålls. För genomförd entreprenad utfördes idrifttagning till hundra procent för alla viktiga funktioner med avseende på energibesparing.

Motala Sim-Sporthall består av en sporthallsdel på 6 450 m² i två plan och en simhallsdel med bowlinghall på 5 350 m² i tre plan. Sporthallsdelen innehåller tre större och ett flertal mindre hallar. Simhallsdelen har två badhallar med bassänger på 25 x 12,5 m respektive 12 x 6,5 m. Totalytan är 11 800 m² och totalvolymen är 57 500 m³.

Total energiförbrukning omfattande värme och elektricitet var före ombyggnaden 430 kWh/m² golvyta och år och efter ombyggnaden 207 kWh/m² golvyta och år, dvs en minskning till 48% av ursprunglig förbrukning. Investeringsbeloppet är 4,4 Mkr, motsvarande ca 370 kronor per kvadratmeter golvyta.

Byggnadens totala förbrukning av värme (olja), elektricitet och vatten, har följts upp under ett år, från september 1985 till och med augusti 1986. Slutresultatet visar full överensstämmelse mellan verklig förbrukning och kalkylerad förbrukning enligt förutsättningarna vid upphandlingen.

Teknikupphandling är mer lämpad för byggnader med högre energiförbrukning än lägre och har tillämpats på befintlig bebyggelse. Det bör med en revidering av kravspecifikation likaväl kunna tillämpas på nybebyggelse, där byggnadsprogrammets utformning då får en framskjutande plats.

Rapporten ger att bästa systemlösning för badhallars komfort- och energiförsörjning är luftbehandling med till- och frånluft kombinerat med kyltork med avfuktning genom luftcirkulation. Möjligheterna för energiöverföring till energibehov utanför själva badhallen bör finnas i det generella fallet, eftersom badhallar genererar energiöverskott. I Motalas fall är transmissionsförlusten så stor att energiöverföring ej är ekonomiskt lönsam.

1. INLEDNING

1.1 BAKGRUND

Vid simhallar föreligger stor besparingspotential, allmängiltigt gällande vid fuktiga ytor och relativt höga temperaturer.

Vanliga systemlösningar vid badhallar är luftbehandling kombinerade med kyltork och med denna avfukta luften genom cirkulation, för att därmed minska uteluftflödet till det luftflöde som erfordras från komfortsynpunkt.

Då det gäller avdunstning från vattenytor, så har det fram tills för något år sedan funnits ett ganska gemensamt material, som bygger på ett stort antal undersökningar bl a från Danmark, referens 1-6. Materialet gäller vid konventionell tillförsel av luft och normala temperaturdifferenser mellan vatten och luft i badhallen. Vanligtvis är lufttemperaturen ca 1-2°C högre än vattentemperaturen.

Under senare tid har det framkommit nya forskningsrön - även dessa från Danmark - som visar att vid låg lufthastighet över vattenyta, parat med större temperaturdifferenser mellan luft och vatten, betydligt lägre avdunstningstal kan erhållas än vad som tidigare varit känt, referens 7. Denna systemlösning finns i ett par anläggningar på västkusten av Jylland i Danmark.

Denna senare systemlösning började 1983 att introduceras i Sverige, vilket väckte en debatt över vilka lösningar, som har den största lönsamheten och den bästa rumskomforten.

1.2 SYFTE

Syftet med teknikupphandling är att utifrån:

- dimensionerande förutsättningar
- specificerade lönsamhetskrav
- omfattning av åtagande
- specificerat utvärderingssätt

den största lönsamhet för beställaren/nyttjaren utifrån uppsatta lönsamhetskrav där varje entreprenör utifrån sina förutsättningar själv får välja den systemlösning, som ger detta resultat.

Fördelen med teknikupphandling i förhållande till andra entreprenadformer, såsom delad entreprenad, generalentreprenad och konventionella totalentreprenader är att den:

- premierar nytänkande
- ger fördel för produkter och systemlösningar som uppfyller utlovade data
- minskar investeringsbeloppets betydelse vid upphandling till förmån för minskade och garanterade driftkostnader

1.3 PROJEKTUPPLÄGGNING

Ett teknikupphandlingsprojekt har följande huvuddelar:

- A. Inventering
- B. Förfrågningsunderlag
 - Befintligt objekt (inventering)
 - Dimensionerande förutsättningar
 - Allmänna riktlinjer för åtagande
 - Omfattning av åtagande
 - Utvärdering av energibesparing
- C. Utvärdering av anbud
- D. Uppföljning av besparing
 - Utvärdering som punktsvis mätning
 - Utvärdering som medelvärde under en längre tid
- E. Sammanställning av projektresultat.

Uppläggningsen kan sammanfattas i fyra punkter:

- Kravspecifikation
- Utvärderingsprogram
- Utvärdering av anbud
- Uppföljning av resultat

där:

- Kravspecifikation, omfattar hela förfrågningsunderlaget utom den sista punkten
- Utvärderingsprogrammet utgör sista punkt av förfrågningsunderlag
- Utvärdering av anbud, som ger fördelaktigaste anbud för beställaren
- Slutlig uppföljning av resultat, punkt D ovan, där det ena eller andra sättet kan väljas.

För att FÖRFRÅGNINGSUNDERLAGET skall bli tillräckligt noggrant fordras en noggrann beskrivning av det befintliga projektets funktion. Det är således nödvändigt med en beskrivning, där man genom en teoretisk beräkning bör få överensstämmelse med verklig förbrukning under samma förutsättningar. Därvid erhåller man en nödvändig förutsättning för entreprenör att garantera vissa besparingsresultat.

Då det gäller omfattning av åtagande, så är det måhända denna punkt, som skiljer sig mest från vanliga entreprenadformer. Utöver vanliga punkter, såsom beskrivning, funktion- och materialspecifikation ingår även energibesparing, lönsamhetskalkyl och garantier för energibesparing.

2. UPPLÄGGNING AV PROJEKT

De olika delar som ingår i uppläggning av projektet redovisas i föregående avsnitt. Här ges en närmare beskrivning av de mest intressanta delarna.

2.1 KRAVSPECIFIKATION

2.11 Inventering

Inventerade data ges här i kort sammanfattning.

Byggnaden består av en sporthallsdel i två plan och en simhallsdel med bowlinghall i tre plan. Planskisser på nästa sida ger principiell placering av olika enheter.

Några yt- och volymdata:

- bordtennishall 26 x 12 m
- gymnastikhall 32 x 16 m i två plan
- sporthall 42 x 42 m i två plan
- träningshall 33 x 12 m
- badhall 36 x 21 m i två plan med bassäng på 25 x 12,5 m
- barnbadhall 13 x 12 m med bassäng på 12 x 6,5 m
- bowlinghall 33 x 15 m med omklädnads- och duschrum samt servering

Sporthallsdelens golvyta är 6 450 m² och volymen 34 500 m³. Motsvarande värde för simhallsdel är 5 350 m² och 23 000 m³.

Byggnadens totalyta är 11 800 m² och volymen 57 500 m³, som ger medelhöjden 4,9 m.

Byggnaden uppfördes omkring 1970.

Några tekniska data:

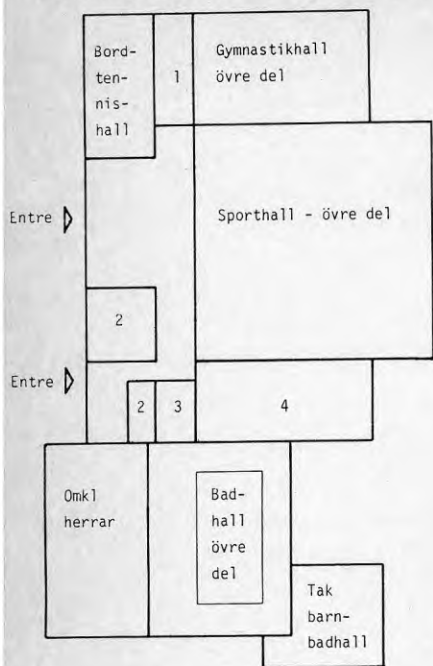
Byggnaden har egen panncentral med två pannor eldade med eldningsolja 4. Uppvärmning sker med radiatorer utom för sporthall, som är luftvärmad. Badhallarna värms upp till +14°C med radiatorer. Resterande värmebehov täcks med luftbehandling.

Bowlinghall har fullständig luftkonditionering. Badhallar har fuktstyrd luftbehandling installerad omkr 1980. Övriga lokaler ventileras i princip med var sitt luftbehandlingsaggregat. Antalet större aggregat är 14 styck.

Det nominella luftflödet är ca 27 m³/s inklusive badhallar som ger ett flöde av ca 2,5 l/s och kvadratmeter golvyta.

Verkligt uppmätt luftflöde är ca 73% av nominellt värde.

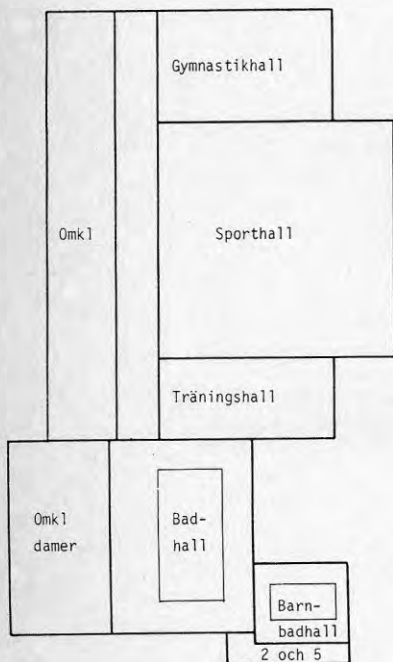
PLANSKISSER ÖVER MOTALA SIM-SPORSHALL



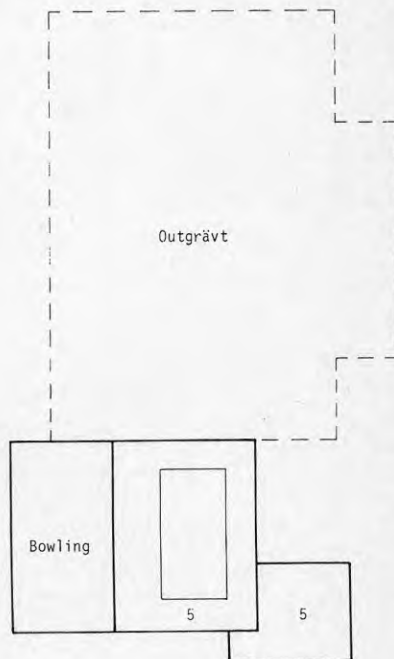
ÖVRE PLAN

ORIENTERING:

- 1 Boxning
- 2 Administrativa lokaler
- 3 Kafeteria
- 4 Brottning och styrkelyft
- 5 Tekniska lokaler



NEDRE PLAN



KÄLLARPLAN

Byggnaden har en normalårs korrigerad energiförbrukning av:

Olja 438 m^3 med värmevärdet $10,2 \text{ MWh/m}^3$ och
uppmätt verkningsgrad för pannor av 87%,
motsvarande ett nettoenergiebehov av 3 885 MWh/år

(Omräkningstalet $8,87 \text{ MWh/m}^3$ olja används i hela
rapporten.)

Elförbrukning 1 215 MWh/år

Summa energiförbrukning 5 100 MWh/år

Detta ger ett specifikt totalt energibehov av ca 430 kWh/m^2 och
år, varav elektricitet är 24% eller ca 100 kWh/m^2 och år.

Angiven elförbrukning avser den totala förbrukningen för alla
behov.

Vattenförbrukningen är $21\,900 \text{ m}^3/\text{år}$.

Sport- och simhallsavdelningar är öppna nio månader under året
och bowlinghallen under 11. Besöksfrekvensen i simhallsdelen är
uppmot 110 000 personer per säsong medan sporthallsdelens be-
söksfrekvens är mindre än 100 000 personer.

2.12 Dimensionerande förutsättningar

Här ges förutsättningar för uteklimat och inneklimatedata, såsom
temperatur, relativ fuktighet, drifttid och övriga belastnings-
data. Här kan nämnas att från komfortsynpunkt så bedöms två
olika alternativ på inneklimatet i badhallar som likvärdiga.
Värdena är i ena fallet vattentemperatur 27°C och lufttemperatur
 29°C . I det andra fallet är vattentemperatur fortfarande 27°C
medan lufttemperaturen sätts till 31°C , för att möjliggöra fri
konkurrens mellan olika tidigare beskrivna systemlösningar.

2.13 Allmänna riktlinjer för åtagande

Här ges de mer traditionella förutsättningar för entreprenaden
avseende kvalitet på systemlösningar tillsammans med tekniska
föreskrifter och teknisk dokumentation motsvarande kapitel A i
VVS-AMA.

2.14 Omfattning av åtagande

Här ges förutsättningar för entreprenadens omfattning och vad
som skall redovisas i anbud. Förutom det traditionella redovis-
nings sättet med flödesscheman, funktionsbeskrivningar och mate-
rialspecifikation skall energiförbrukning alternativt sparad
respektive återvunnen energi anges för varje besparingsåtgärd
för sig, enligt de förutsättningar som gäller enligt kommande
avsnitt Utvärderingsprogram. Tekniska data värdefulla från
funktions- och energisynpunkt anges även, så att inget tvivels-
mål råder om besparingsförslagets funktion vid olika driftfall.
Detta medför att erforderlig mätmetod redovisas i anbud. Erfor-
derlig mätutrustning ingår i entreprenadåtagande liksom garan-
tier för energidata som närmare beskrivs i nästa avsnitt.

2.2 Utvärderingsprogram

Utvärderingsprogrammet ingår som en del av förfrågningsunderlaget.

Grundtanken med hela upphandlingen är att anbudena skall vara:

- kalkylerbara för anbudsgivare
- värderbara för beställare

Detta är i sig ett ganska självklart faktum, men är ganska svårt att genomföra i praktiken. Med utgångspunkt från de förutsättningar som gäller för entreprenaden så bedöms:

- den totala årskostnaden för badhallar med bilokaler, där systemlösning med överförande av energi från denna del till övrig del av byggnaden medför en kreditering av överförd energimängd
- årskostnaden för sparad alternativt återvunnen nettoenergi i övriga delar av byggnaden. Nettoenergi är skillnaden mellan sparad/återvunnen energi minus tillkommande energiförbrukning för drift av energisparutrustning.

Årskostnaden bedöms med annuitetsmetoden, som medför, att då det gäller dimensionering av varje enskild besparingsåtgärd, denna bör utsträckas till gränsen för lönsamhet. Varje annan utvärderingsmetod för lönsamhet, t ex metod för återbetalningstid, populärt kallad pay-off metod och internräntemetod, medför en underdimensionering av de enskilda besparingsåtgärderna, referens 8.

Därvid krävs både en värdering av kapital och energi. Kapitalet värderas till en brukstid av 15 år och en₃realränta av 12%. Mot-svarande för energi är 0:25/kWh och 5:-/m³ vatten.

Utlovade energidata garanteras, där mättoleranserna är 15%, som även innefattar sannolikt mätfel. Vid mätning av utlovade energidata och därmed ej uppfyllda garanterade värden, skall installationerna åtgärdas tills det att utlovade värden innehålls, eller om detta inte går till rimliga belopp, också kreditera kapitaliserat belopp för ej uppfyllda utlovade värden.

2.3 UPPFÖLJNING AV PROJEKT

Som framgår av tidigare redovisat avsnitt 1.3 "Projektoppläggning", så finns två olika angreppssätt:

- utvärdering, som punktvis mätning
- utvärdering, som medelvärde under en längre tidsperiod

Båda sätten tillämpas i förfrågningsunderlaget. Utvärdering som punktvisa mätningar kan genomföras till betydligt lägre arbetsinsats än utvärdering som medelvärde under en längre tidsperiod. Om förutsättningarna för de punktvisa mätningarna väljs på ett riktigt sätt, så ger de också ett tillfredsställande resultat.

Detta gäller för värmeväxlare, där temperaturverkningsgrad är ett kriterium för besparing, då man känner övriga driftförut-

sättningar. Motsvarande för värmepumpar är värmefaktor och drifttillgänglighet.

Förutom ovannämnda uppföljningssätt, som ingår som en naturlig del av entreprenaden, så ingår i byggforskningsprojektet en total uppföljning av energiförbrukningen för både sim- och sporthallsdelarna under en längre tidsperiod, utifrån verkliga driftförutsättningar under aktuell period.

En av anledningarna till detta är att kontrollera överensstämmelse mellan entreprenadens data och total verklig förbrukning, för att bli bekräftat om upplagt utvärderingssätt ger total överensstämmelse med verkliga förhållanden.

Den totala utvärderingen sträcker sig från september 1985 till och med augusti 1986 och omfattar därmed en hel driftsäsong. Utvärderingsresultatet redovisas i avsnitt 5 "Vad blev slutresultatet?", men innan vi kommer dit så behandlas genomförande och uppföljning av projekt.

3. GENOMFÖRANDE AV PROJEKT

Detta avsnitt behandlar en del intressanta och annorlunda sätt för projektets genomförande. Berörda delar är tidplan för genomförande, sättet för anbudsinfordran, utvärdering av anbud och upphandling samt slutligen själva genomförandet av entreprenaden.

3.1 TIDPLAN

En av de viktigaste åtgärderna för projekt av detta slag är uppläggningsen av en realistisk tidplan. Tiden från projektstart till färdig entreprenad är i detta fall mindre än ett år - hösten 1983 till hösten 1984 - eftersom de övervägande delarna av entreprenaden måste utföras under tid med låg aktivitet, som är sommartid i detta fall.

Tidplanen var således pressad. En tidplan upplagd i anslutning till byggforskningsrådets beslut i december 1983 genomfördes dock till sina huvuddelar. De huvudsakliga energisparande utrustningarna var i drift under november 1984 och entreprenaden besiktigades i februari 1985.

3.2 INBJUDAN

En av de åtgärder som vidtogs för att hålla tidplanen var inbjudningsbrev till ledningen för fem företag bedömda som kompetenta att genomföra entreprenaden, för att utröna intresse och möjlighet att delta i offertarbete. I brev poängterades arbetets uppläggning och omfattning och gällande tidplan. Antalet inbjudningsbrev och positiva svar var lika.

Under efterföljande tid med förfrågningsunderlag erhöles intresseanmälan från ytterligare fem företag, vilket medförde att information lämnades till ett relativt stort antal företag.

3.3 UTVÄRDERING AV ANBUD

Granskningen var från teknisk synpunkt mycket enkel, därför att alla utvärderingsdata hade angivits i förfrågningsunderlaget och det således inte rädde något tvivel om hur de olika anbuderna skulle värderas.

En av de åtgärder, som hade vidtagits för att nå detta utvärderingsläge, var att i förfrågningsunderlaget i detalj specificera alla allmänna förbättringsåtgärder, som hade beslutats i samråd med nyttjare. Det rörde sig bl a om sådana saker som ett helt nytt luftbehandlingsaggregat för utvidgad kafeteria i sporthallsdelen liksom tillförsel av luft med låg relativ fuktighet till rum för simlärare, för minskning av korrosionsrisken för elektrisk utrustning, dvs sådana åtgärder där det från energisynpunkt ej direkt går att utföra någon optimering. Detta var också den enda skillnaden i uppläggning av projektet i förhållande till de ursprungliga intentionerna.

Vid granskningen visade sig idén med inbjudningsbrev vara en mycket bra sådan, eftersom vid första omgångens granskning inget anbud var komplett på känt totalentreprenadvis. Vid påpekan om förutsättningarna i inbjudningsbrev blev resultatet det avsedda.

Fyra olika anbud utvärderades. Därvid kan nämnas att systemlösning med låg lufthastighet vid vattenyta samt större temperaturdifferens mellan luft och vatten ej fullföljdes till slut. En trolig orsak till detta kan vara, att lösningen ej höll vid den praktiska tillämpningen. Enligt vad som är känt i skrivande stund, har det endast byggts en hall i Sverige efter denna princip. Tyvärr har denna hall drabbats av eldsvåda och totalförstörts.

Innan beskrivning av olika systemlösningar redovisas, finns det anledning att poängtera, att återvinning av värme från tappvarmvatten i detta fall ej är möjligt att genomföra med tillfredsställande lönsamhet.

Anbud 1

Föreslagna åtgärder för energibesparing är i stort följande:

- kylning av avluft med batterivärmeväxlare, tjänstgörande som värmekälla för värmepump med värmesänkan tappvarmvatten och värmevatten
- tappvarmvatten spetsas med elvärme, för att minska befintlig värmepannas gångtid
- ackumulering av tappvarmvatten
- drifttidstyrning av luftbehandling

Anbud 2

Energibesparingsåtgärder är i huvuddrag följande:

- luftbehandling med kyltork försedd med bassängvattenkondensator för badhallar
- massiv insats av plattvärmeväxlare för luftbehandlingsaggregat
- drifttidstyrning av luftbehandling

Anbud 3

Huvuddrag av förslag till energibesparing i anbud 3 enligt nedan:

- luftbehandling med kyltork försedd med bassängvattenkondensator för badhallar
- värmepump för förvärmning och ackumulering av tappvarmvatten med avluft från badhallarna som värmekälla
- massiv insats av batterivärmeväxlare för luftbehandlingsaggregat
- drifttidstyrning av luftbehandling

Anbud 4

De huvudsakligaste åtgärderna för energibesparing är följande:

- förvärmning och ackumulering av tappvarmvatten med värme från värmesystemets retursida
- uteluftvärmepump anslutning till värmesystemets retursida efter tappvarmvattenalstringen. Värmepumpen dimensionerad för värmebehov från ca +2°C utetemperatur
- luftbehandling med kyltork försedd med bassängvattenkondensator för badhall
- massiv insats av roterande värmeväxlare för luftbehandlingsaggregat
- drifttidstyrning av luftbehandling
- anpassning av reglerautomatik för värme och luftbehandling till intern och extern värmeutveckling och så att värmeväxlig utnyttjas maximalt
- nattsänkning av rumstemperatur, där detta är möjligt

Principen för värmesystem med förvärmning av tappvarmvatten, anslutning av uteluftvärmepump samt badhallarnas luftbehandling med kyltork framgår av nästföljande två sidor.

Tilloppstemperatur för sekundärvärme är styrd av utetemperaturen. Belastningsobjekten på sekundärsidan har egna cirkulationskretsar, där möjlig nattsänkning av rumstemperatur utnyttjas, liksom drifttidstyrning av luftbehandlingsaggregat, som är försedda med roterande värmeväxlare.

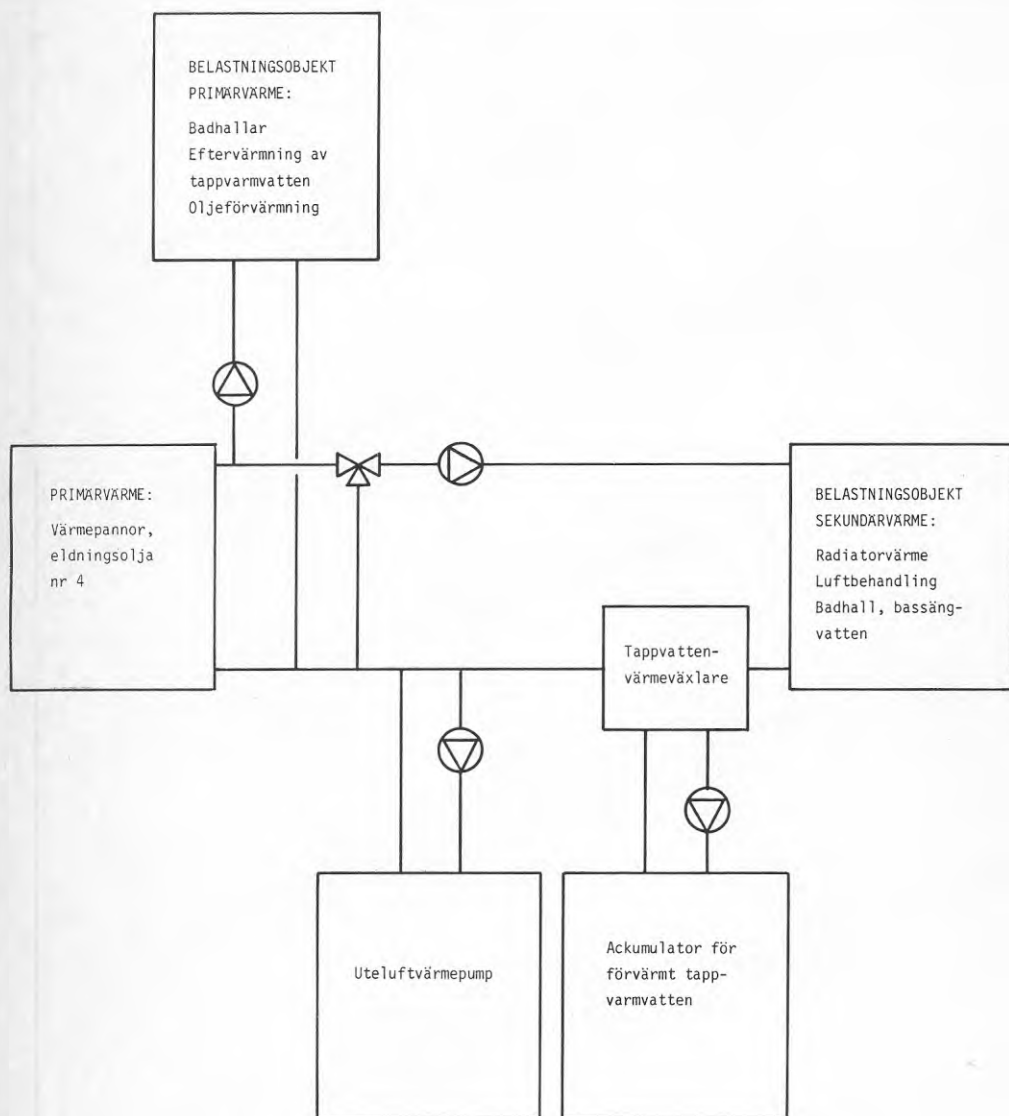
För att förbättra driftförhållande för uteluftvärmepump är tappvarmvattenvärmeväxlare placerade före värmepump på retursida av sekundärvärme. I anslutning till tappvattenvärmeväxlare ackumuleras förvämt tappvarmvatten, som vid behov eftervärms med primärvärmda varmvattenberedare installerade vid byggnadens uppförande.

Barnbadhallens uppvärmning både för luft och bassängvatten sker med primärvärme, med anledning av att förhöjd temperatur önskas en dag per vecka.

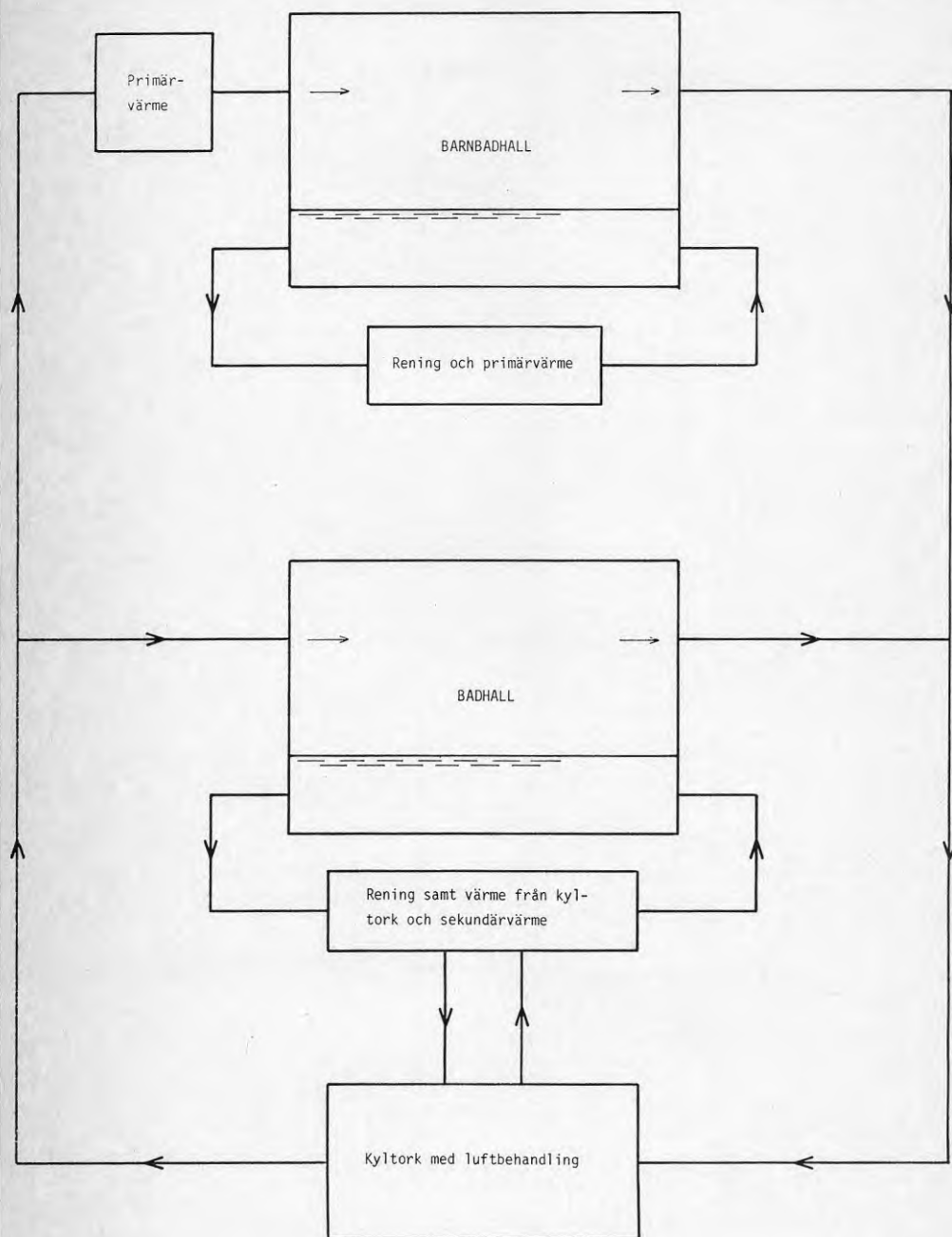
Då det gäller badhallsinstallationen - schema 2 sidor framåt - så är kyltork med luftbehandling försedd med plattvärmeväxlare och bassängvattenkondensator, samt har variabelt uteluftflöde som kan begränsas till minsta värde från komfortsynpunkt.

Utvärderingen av anbudet skedde utifrån annuitetsmetoden, som tidigare har redovisats. Utvärderingskriterium enligt denna metod är årskostnaden, som omfattar kapitalkostnad, driftkostnad och underhållskostnad. Utvärderingskriterium enligt annuitetsmetoden kan även uttryckas så att det anbud som ger "största årliga vinst" utöver avsatt lönsamhetskrav, är det anbud, som är mest lönsamt för beställaren.

PRINCIP FÖR VÄRMESYSTEM MED FÖRVARMNING AV TAPPVARMVATTEN
OCH UTELUFTVÄRMEPUMP



PRINCIP FÖR BADHALLSINSTALLATION



Många energisparande åtgärder har så god lönsamhet, att avsatt lönsamhetskrav gott och väl överskrids. Den genomsnittliga lönsamheten för olika åtgärder blir därvid högre.

Skillnaderna i årskostnad mellan de olika anbudena redovisas nedan, där årskostnaden för bästa anbud har satts till noll.

Anbud 1 = ökning av årskostnad med	259 000:-
Anbud 2 = ökning av årskostnad med	194 000:-
Anbud 3 = ökning av årskostnad med	333 000:-
Anbud 4 = ökning av årskostnad med	0:-

Skillnaderna mellan de olika anbudena är stor. Detta kan i första hand bero på två olika faktorer, skillnader i besparingsmöjlighet för olika systemlösningar eller också att de olika delarna i varje systemlösning ej har dimensionerats på ett optimalt sätt. Utvärderingsarbete indikerar att den senare faktorn kan vara väsentlig.

Ovanstående redovisning ger rangordningen mellan olika förslag. Anbud 4 är det som i särklass är bäst för beställaren och är det som handlades upp.

Hur förhåller det sig nu med den totala lönsamheten? Om alla kostnader inräknas, så minskade den totala årskostnaden med 23.000 kronor. Därvid bör påpekas att i inräknad kapitalkostnad härrör över en halv miljon kronor från miljöförbättrande åtgärder och underhållsåtgärder, dvs sådana som direkt ej har med energibesparande åtgärder att göra. Tidigare har nämnts luftbehandling för kafeteria och simlärarum. Bland ytterligare åtgärder kan nämnas rengöring av ventilationskanaler och monterning av inspektionsluckor utfört av skorstensfejarmästare samt ny elservis, som erfordras vid oförändrad byggnad enligt nya elektriska bestämmelser.

Till ovanstående kan tilläggas att angiven minskad årskostnad är beräknad i förhållande till verkliga luftflöden före ombyggnaden, som endast är ca 73% av nominella värden - se avsnitt 2.11 Inventering. Vid återställande av miljönivån till angiven i kravspecifikation, så ökar den årliga vinsten med ytterligare ca 70.000 kronor.

Då det gäller investeringsbeloppet, så är ordningsföljden från lägsta till högsta belopp 1, 2, 3 och 4. Totalt investeringsbelopp är 4,4 Mkr medförande ca 370:-/m² golvyta.

3.4 UPPHANDLING

Upphandlingen skedde som förhandlingsupphandling, där diskussioner enbart fördes med två anbudslämnare. Arbetet var av mindre omfattning, eftersom det endast gällde precisering av ett antal punkter, bland annat erforderlig utbildning av driftpersonal. Upphandling skedde med anbudslämnare nr 4 som är:

Bahco Ventilation i Norrköping

vars underentreprenörer i ett mycket tidigt stadium preciserades till:

Tre Byggare AB	bygg
BPA,	rör
Elektra AB,	el
Stäfa Control System,	regler
Menega AB,	kyltork
Ventkontroll i Linköping AB,	uteluftvärmepump

Energibesparing med upphandlad entreprenad är:

Värme, minskning med 2 990 MWh/år
eller 337 km³ olja.

El, ökning med 345 MWh/år

Vatten, minskning med 2 500 m³

Nettoenergiminuskning är 2 645 MWh/år

Energibesparingen medför att den totala energiförbrukningen minskar till

5 100 - 2 650 = 2 450 MWh/år, eller till 48% av ursprunglig förbrukning, medförande en minskning av oljeanvändningen med 77%, samtidigt som elenergin enbart ökar med 12% av oljeenergis minskning.

Specifikt totalt energibehov efter ombyggnaden är 207 kWh/m² och år, varav el är 2/3 eller ca 132 kWh/m² golvyta och år.

Här bör måhända ånyo påpekas att återvinning av värme från tappvarmvatten ej var möjlig att genomföra med tillfredsställande lönsamhet. Tilläggas bör att vid tidpunkten för kravspecifikationens upprättande kunde inga leverantörer av duschutrustningar garantera fullgod funktion med snålspolande armatur, vilket medför att tappvarmvattenförbrukningen fortfarande är hög med åtföljande energiförbrukning. Vid nyproduktion av sim- och sporthallar bör energiförbrukningen kunna minskas ytterligare bland annat med hänsyn till gällande värmegenomgångskoefficienter och stora fönsterytor för byggnad.

3.5 GENOMFÖRANDE

Avsnittet behandlar själva genomförandet av entreprenaden. Detta skiljer sig ej från vanliga totalentreprenader, t ex svårigheten att få fram underlag för granskningen, utom på ett väsentligt område, som är idrifttagning av installationer.

Idrifttagning är just nu ett ganska aktuellt område och innebär ingenting annat än att kontrollera och ställa in alla funktioner för samverkande enheter, så att avsedd totalfunktion erhålls.

En avgörande skillnad mellan vanliga totalentreprenader och teknikupphandling är att här sitter, så att säga beställare och totalentreprenör på samma sida av bordet. De har ett gemensamt intresse av att få avsedd funktion och betydelsen av detta är svårt att uttrycka i ord. Vid vanliga totalentreprenader förekommer det ofta skilda synpunkter mellan totalentreprenör och beställare, om vilken funktionsnivå som skall gälla med åtföljande tidsödande diskussioner.

Ett slående faktum är det samband som tycks finnas mellan en

underentreprenads storlek och viljan till idrifttagning. Ju större entreprenad desto större vilja och tvärt om. Som mycket positiva exempel kan nämnas rör, el, regler och uteluftvärmepump.

Som avskräckande exempel kan nämnas små entreprenaddelar avsedda för samordning med befintliga installationer. Här handlar inte idrifttagningskostnaden om procenttal i förhållande till entreprenadbeloppet utan om heltal, innan idrifttagningen är helt färdig. Måhända kan det vara så att det helt enkelt brister i samordningen mellan totalentreprenör och dess underentreprenör - den förre köper helt enkelt in enbart produkter utan idrifttagning; produkter som sedan visar sig inte passa ihop med befintliga delar.

En lärdom av detta är fördelen av att rensa i befintliga installationer för att få klara funktionsgränser mellan olika entreprenaddelar. Något som i sig är ganska självklart och antagligen rätt ofta förekommande, men som speciellt kommer i blickpunkten vid teknikupphandling.

Antydd regel om storlek av entreprenad och viljan till idrifttagning har, som ofta då det gäller schabloner, sina undantag. Så även i detta fall, där idrifttagning av kyltorken minst sagt hade sina poänger - stjärnunderentreprenör i försäljning med mindre stjärna för idrifttagning - medförande mångdubbel insats som belastade entreprenören, innan idrifttagningen slutgiltigt blev godkänd. Motsatsen till goodwill är inte så ofta använt i Sverige men ligger här snubblande nära.

Sammanfattning av genomförande kan bli ganska kort:

- Idrifttagning är ett måste, och genomfördes även till hundra procent för alla viktiga funktioner med avseende på energibesparing
- Rensa befintlig utrustning i stor omfattning för att undvika oklara funktionsgränser.

4. UPPFÖLJNING AV PROJEKT

Detta avsnitt redovisar uppföljningen av projektet utöver den i föregående avsnitt behandlade idrifttagningen.

Uppföljningen kan delas på:

- utvärdering som punktvis mätning
- utvärdering som medelvärde under längre tidsperiod

Rent allmänt kan sägas att en stor del av de möjligheter till punktvisa mätningar som fanns i entreprenaden ej behövde genomföras, då idrifttagningen var helt genomförd.

Som tidigare nämnts i avsnitt 2.3 Uppföljning av resultat, så kan utvärdering som punktvisa mätningar genomföras med betydligt lägre arbetsinsatser än utvärdering som medelvärde under en längre tidsperiod, eftersom där alltid förekommer en avvikelse mellan verkliga driftförutsättningar och utgångsvärden, beroende på att en sim- och sporthall inte är till för en entreprenad, utan för de servicebehov, som en kommun har att bjuda sina invånare på, och dessa förändras som bekant med tiden.

Rätt valda punktvisa mätningar ger ett bra resultat. För värmeväxlare är temperaturverkningsgraden ett utmärkt kriterium då övriga driftförhållanden är kända. Utvärderingen handlar om minuter och ej timmar, då rätt mätutrustning används och underlaget för dess användning är känt.

För värmepumpar är värmefaktorn ett känt godhetstal, som vid rätt installerade värmemängds- och elmätare går att mäta på några minuter. Eftersom en värmepumps prestanda varierar under en tidscykel mellan två avfrostningar, så måste godhetstalet värmefaktor kombineras med drifttillgänglighet, dvs tidsandelen med utlovad effekt under en avfrostningscykel. Ett sådant prov kan klaras av 2-3 personer under provtiden några timmar, tillsammans med en förberedelsetid, för att få installationen i rätt och stabilt drifttillstånd, för en person under ungefär samma tidslängd. I projektet ingick även mätning av ytterligare data, eftersom fabrikat av uteluftvärmepump byttes från anbudsstadium till utförande. Även dessa mätningar ingick i ovan nämnd tidsperiod.

Drifttillgänglighet står rent generellt för den tid, som en utrustning fungerar på avsett sätt i förhållande till den totala tid, som den kan utnyttjas. Även en sådan utvärdering utfördes under en längre tidsperiod. Erhållna värden stämmer även här överens med förutsättningarna.

Utvärdering som medelvärde under längre tid utfördes för badhallar med bilokaler. Erforderlig värme mättes med värmemängdsmätare var och en kalibrerade för sitt temperaturintervall. Elmätare hade motsvarande funktion på elsidan. Spädvatten för badhallar fastställdes genom konstantflödesventiler och tid för spädning. Rent allmänt kan sägas att spädningen sker helt automatiskt, vilket även gäller avtappning, där tiderna är förlagda så att först sker avtappning och därefter spädning med förvämt vatten, allt under nattetid för att ge värmepumpen så bra driftbetingelser som möjligt.

Långtidsprovet genomfördes under senaste öppethållandesäsong från augusti 1985 till maj 1986.

För badhallar med bilokaler är totalt årligt energibehov garanterat. Genomförda mätningar visar att detta uppfylls med bred marginal. Till och med ryms alla genomförda förändringar inom tillgängligt utrymme.

Den totala utvärderingen av hela sim- och sporthallen framgår av nästa avsnitt.

5. VAD BLEV SLUTRESULTATET?

Andemeningen i hela detta arbete har varit att underlätta en teknikupphandling, så att alla i processen inblandade parter har haft en möjlighet att hävda sina kunskaper och berättigade krav. Den röda tråden har varit att tänkbara åtgärder skall vara:

- kalkylerbara för anbudsgivare/entreprenör
- värderbara för beställare

Detta medförde att två olika utvärderingssätt för energisparandet valdes:

- Total erforderlig energi för badhallar med bilokaler, där förutsättningarna var sådana att detta gick att genomföra. T ex erlägger varje badande entréavgift, varför besöksfrekvensen erhålls utan extra arbetsinsats.
- Sparad alternativt återvunnen nettoenergi i övrig del av byggnaden.

För att se om så olika kriterier går att förena med varandra till en helhet så följdes byggnadens totala förbrukning, omfattande värmeenergi (olja), elektricitet och vatten upp under ett år från september 1985 till och med augusti 1986.

Det normalårskorrigerade slutresultatet visar full överensstämmelse mellan verklig och kalkylerad förbrukning enligt förutsättningarna vid upphandling, egentligen drygt 0,5% lägre, då hänsyn har tagits till:

- kvantitets- och komforthöjande faktorer, såsom längre öppethållande tid för badhallar, 85 timmar mot 78 timmar per vecka, samt centraliserad tappvarmvattenalstring sommartid
- underhållsåtgärder, dvs förändrad drift på grund av genomfört underhåll
- ej avslutad idrifttagning av alla åtgärder före provtidens början

6. SLUTORD

Synpunkter från projektmedarbetare Axel Bigélius.

Energisparande investeringar handlar till mycket stor del om helt andra saker än teknik. Ekonomi, psykologi, arbetets värdering, utbildning och organisatoriska frågor påverkar alla det energisparande resultatet. Det är måhända detta som gör energisparande aspekter på tekniska installationer och entreprenadformer så intressanta. Måhända ett helt nytt område för före detta renodlade tekniker.

Projektets uppläggning i Motala är egentligen ingenting annat än det som har utvecklats i boken "Energi - Till vad och hur mycket?", referens 9, under uttrycket "idag känd, bästa teknik", parat med de ekonomiska regler som gäller för ett pluralistiskt samhälle. Enligt angiven bok, "handlar det för transporters och byggnaders energianvändning om en reducering av energiåtgångstalen med en faktor ca 2", vilket stämmer ganska bra med projektarbetets resultat. Boken skisserar vid sekelskiftet en förhöjd standard med flera tiotal procent tillsammans med en halvering av energiåtgången - ett i sig ganska stimulerande mål.

Efter detta horisontskimrande perspektiv, något mera jordnärt om detta projekt, före avslutningen med några ord om personal och organisation.

En viktig förutsättning för lyckat resultat med teknikupphandling är uppläggnings av kravspecifikation. Min bakgrund med halva tiden inom konsultkåren och den andra inom entreprenörsledet med totalentreprenader uppfyllande en stor del av denna tid, gav mig idén om juridisk granskning av förfrågningsunderlaget. En mycket välbetänkt idé skulle det visa sig. Inte en enda kontrovers uppstod med totalentreprenören under besiktning, men det räckte mycket väl med de mindre skärmytslingar med underentreprenörer i entreprenadens periferi.

Tekniken inom projektområdet utvecklar sig med en svindlande hastighet. Detta gäller inte minst mätmetodik. Här överräsas en blomma till totalentreprenören för att tänka till före och inte efter. Vid rätt vald och kalibrerad mätutrustning kan det sannolika mätfelet pressas till under 3% för en mycket stor mängd av erforderliga mätningar.

Förfrågningsunderlaget stipulerade ett fullödigt drift- och skötselinstruktionsmaterial. Från byggforskningsprojektets sida överarbetades detta till ett fåtal översiktliga sidor insatta med register i ringpärmar för användning av maskinist för simhallsdel och det större antalet vaktmästare för sporthallsdelen. Något tvivel rådde således ej angående sådana saker som öppet-hållandtider, önskade och inställda rumstemperaturer, nattsänkning, styrning och drifttider för ventilation och belysning liksom lokalbeteckning med betjänade ventilationsaggregat och motsatt söklista. Totalt antal sidor är 13 stycken plus 11 sidor användarinstruktion för mikrodator, som används för styrning och larm av utrustning.

I byggforskningsprojektet ingick även en avläsningsrutin för energiförbrukning tillsammans med driftjournal, som gjorde att avvikande värden snabbt kunde lokaliserats. Sådana förekommer

alltid i ett projekt av detta slag.

Då det gäller den personal, som skall sköta den mer och mer tekniska utrustning, som blir en följd av att i varje enskild fall använda "bäst kända teknik", så är en förutsättning att dessa personer är intresserade av sina arbetsuppgifter, men detta är inte en tillräcklig förutsättning för ett bra resultat. För detta fordras det utbildning. Utbildning är måhända inte det exakt rätta ordet utan snarare en kombination av praktisk tillämpning parad med teoretisk bakgrund, så att sambanden mellan olika påverkande faktorer blir mer uppenbara. För praktiskt arbetande människor, maskinister, vaktmästare eller vad vi nu skall kalla dem, skall inte bli ingenjörer eller högtstående tekniker, utan lösa sina uppgifter från sin huvudsakliga kunskapsinriktning; den praktiska.

Minst lika viktigt är att vidmakthålla intresset. Där kommer nu en mängd nya grepp som är tillämpbara även för stora och tröga organisationer. Tips lämnas längre fram.

Som vanligt vid förändring inom en yrkeskategori, så sker det inget revolutionerande förrän den egna yrkesgruppen börjar komma till insikt om sin situation. Egentligen är skötsel av teknisk utrustning ett riktigt fint yrke som handhar stora ekonomiska värden och skall behandlas därefter.

I projektets fall ledde slitningar inom organisationen på nyttjarsidan till att en av Sveriges bästa maskinister förändrade sin arbetssituation med åtföljande problem under övergångstiden innan nya maskinist började bli varm i kläderna. Detta var en av anledningarna till att långtidsprovet försenades med ett antal månader.

Mången energiintresserad person har med största sannolikhet upplevt det tillfälle, då en från energi- och lönsamhetssynpunkt bra idé, har mötts med kalla handen för att inte rentav tala om förakt. Där kommer organisationsformen rakt in i verkligheten. Varje organisationsform har byggts upp för att lösa då gällande problem, så ock med den byråkratiska organisationsmodellen, som många stora företag och organisationer liksom kommun, stat och landsting är organiserade efter. Den skapades av tysken Weber för att råda bot mot det svåger- och gunstlingstillsättande av tjänster i dåtidens Tyskland med dess hertigar och grevar. Modellen kräver en formell kompetens och ger en strikt orderväg. En sådan modell fordrar två saker för att fungera tillfredsställande; den klarar inga snabba förändringar och fordrar en kontinuerligt ökande volym, för att den person, som efter mycket noga överväganden i organisationen ej passar i denna, skall kunna få en plats snett upp till höger, som det brukar heta.

Energisparandets situation passar knappast ihop med en sådan organisationsmodell. Mycket har skrivits om detta. Praktiska tips på gräsrotsnivå att påverka sin situation finns i den organisatoriska utredningen om utfallet av energisparande utbildning inom Jönköpings kommun, som genomfördes med stöd från statens energiverk, referens 10, där jag själv hade förmånen att ge synpunkter på det tekniska besparingsresultatet.

REFERENSER

1. VVS-handbok, Stockholm 1963
Kapitel 401:17-20
2. VDI 2089, Heizung, Raumlufttechnik und
Brauchwasserverbreitung in Schwimmbädern
3. ASHRAE handbook, fundamentals
Chapter 18
4. ASHRAE handbook, applications
Chapter 4
5. Fordampning fra frie flatersvämmerbasseng
Norsk VVS nummer 8 1978
6. Affugtning og varmegenvinding med MUNTHERS princip
Dansk VVS nummer 2 1977
7. Vandfordampning i svämnehaller
Institutet for bygningsteknik
Rapport nummer 8211
8. Lönsamhetskalkyler
VVS special 1:1980
Förlags AB VVS, Stockholm 1980
9. Energi- till vad och hur mycket?
Sekretariatet för framtidsstudier
Liber Förlag, Stockholm 1981
Per Steen, med flera
10. Organisationsstruktur och fastighetsförvaltning
En utvärdering av förutsättningarna för långsiktiga
effekter av utbildning av driftpersonal i Jönköping
1982/1983
Ekonomiska Forskningsinstitutet vid Handelshögskolan i
Stockholm
Krister Felt, Lars Hansén och P.G. Holmlöv

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 831354-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Motala
kommun, Fastighetskontoret, Motala.**

R35: 1987

ISBN 91-540-4712-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6707035

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 30 kr exkl moms