



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

R73:1983

Energi- och vattenbesparing i flerbostadshus

— Åtgärder i befintliga VA-installationer

Lennart Berndtsson

*R
ord*

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac <i>Ser</i>

R73:1983

ENERGI- OCH VATTENBESPARING I FLERBOSTADSHUS
- Åtgärder i befintliga VA-installationer

Lennart Berndtsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820676-2
från Statens råd för byggnadsforskning till Wahlings
Installationsutveckling AB, Danderyd.

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

R73:1983

ISBN 91-540-3958-4
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
LiberTryck Stockholm 1983

INNEHALL

	FÖRORD	5
	SAMMANFATTNING	7
1	FLERBOSTADSHUSENS VA-SYSTEM	9
1.1	Tappvattensystemen	10
1.2	Spillvattensystemen	11
2	VA-SYSTEMENS ENERGIBALANS	13
2.1	Energiflöden	14
2.2	Varmvattenberedning	14
3	VATTEN- OCH ENERGIFÖRBRUKNING I BOSTÄDER	15
3.1	Vattenförbrukning	15
3.2	Energiförbrukning	15
4	ENERGI- OCH VATTENBESPARANDE ÅTGÄRDER	17
4.1	Nuvarande förbrukning	17
4.2	Informera de boende	18
4.3	Kontrollera läckning	18
4.4	Minska spolvolymen i WC-stolarna	19
4.5	Sänk varmvattnets temperatur	20
4.6	Installera utrustning för tryck- reducering	20
4.7	Installera utrustning för god temperaturhållning	27
4.8	Komplettera eller byt VA-armaturer	29
4.9	Byt till snålspolande vatten- klosetter	30
4.10	Installera Gustavsbergs WSS-system	31
4.11	Installera utrustning för värme- återvinning	32
4.12	Installera varmvattenmätare	32
4.13	Lönsamhetsbedömning av sparåtgärder	33
	LITTERATUR	35

FÖRORD

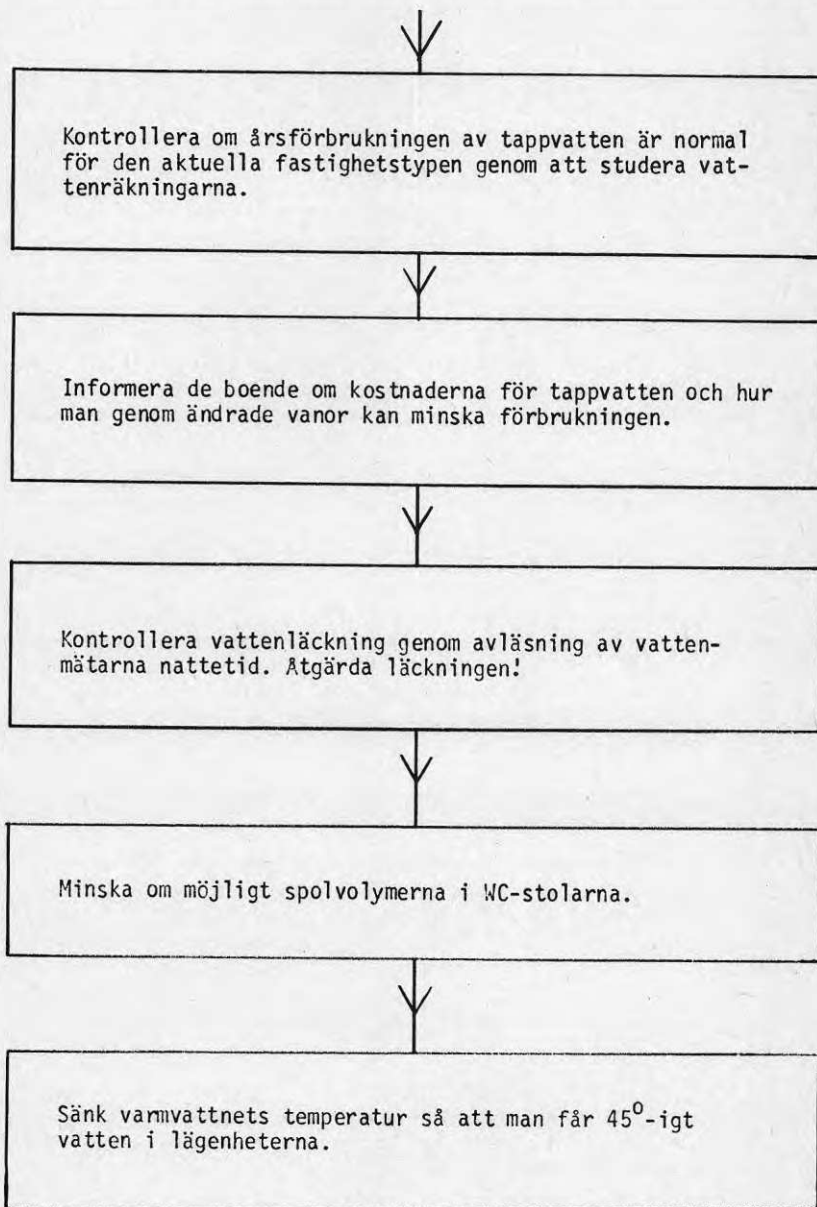
Idag finns på marknaden ett flertal produkter som ger energi- och vattenbesparing i bostädernas VA-system. För enskilda förvaltare kan det vara svårt att bedöma vilka produkter som man i första hand skall satsa på eftersom tillämpbara uppgifter om besparingar, installations- och underhållskostnader m m ej finns tillgängliga.

Syftet med denna rapport är att den skall vara ett hjälpmedel för förvaltare och fastighetsägare vid val av besparingsåtgärder för VA-system.

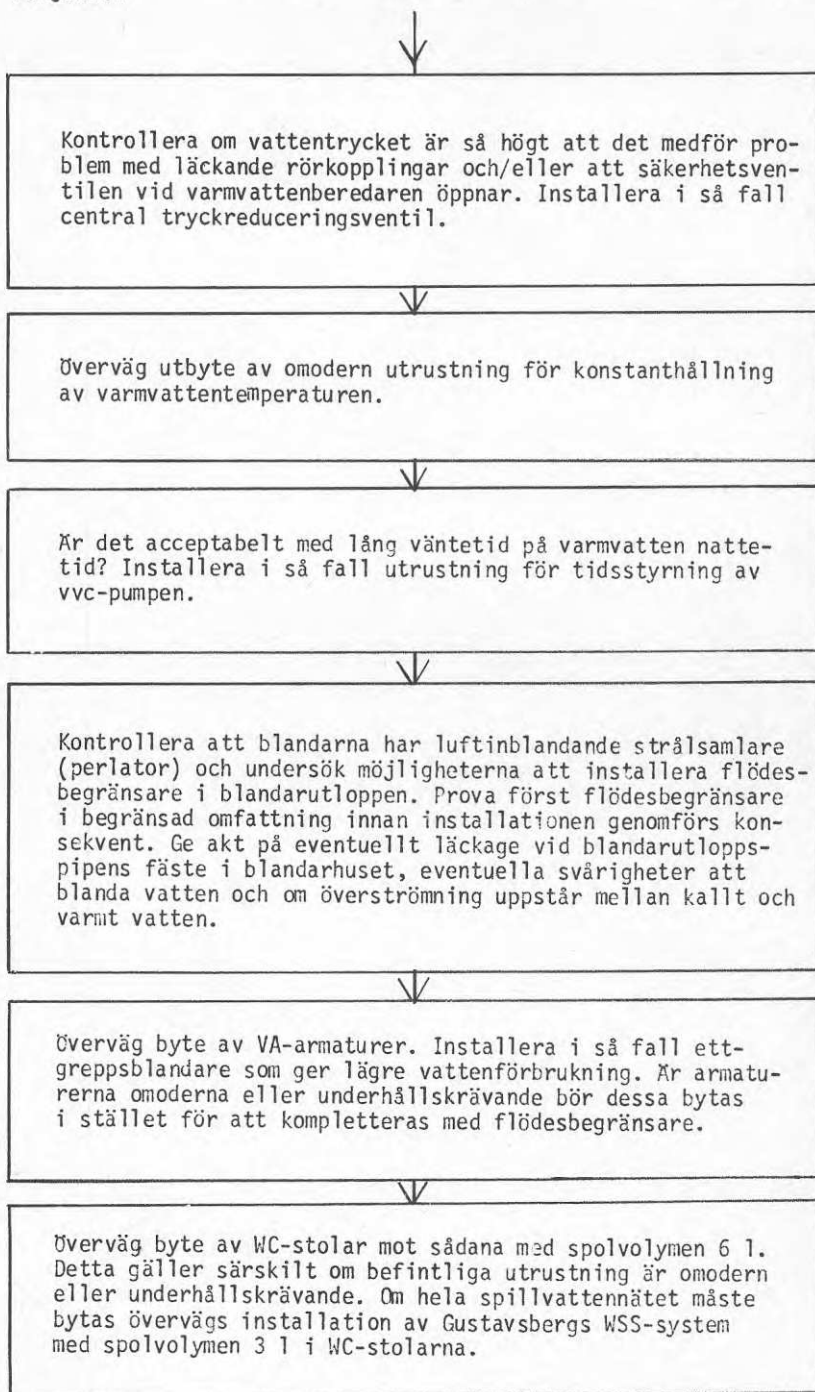
Rapporten är utarbetad av civilingenjör Lennart Berndtsson vid Wahlings Installationsutveckling AB, Danderyd. Den har varit utsänd på remiss varvid värdefulla synpunkter har erhållits från bostadsförvaltare och tillverkare av VA-utrustning.

SAMMANFATTNING

Innan några vatten- och/eller energibesparande produkter installeras undersöks om något kan göras för att spara energi i befintlig VA-anläggning. I många fall är det möjligt att uppnå stora besparingar enbart genom arbetsinsatser från driftpersonalen enligt följande arbetsschema:

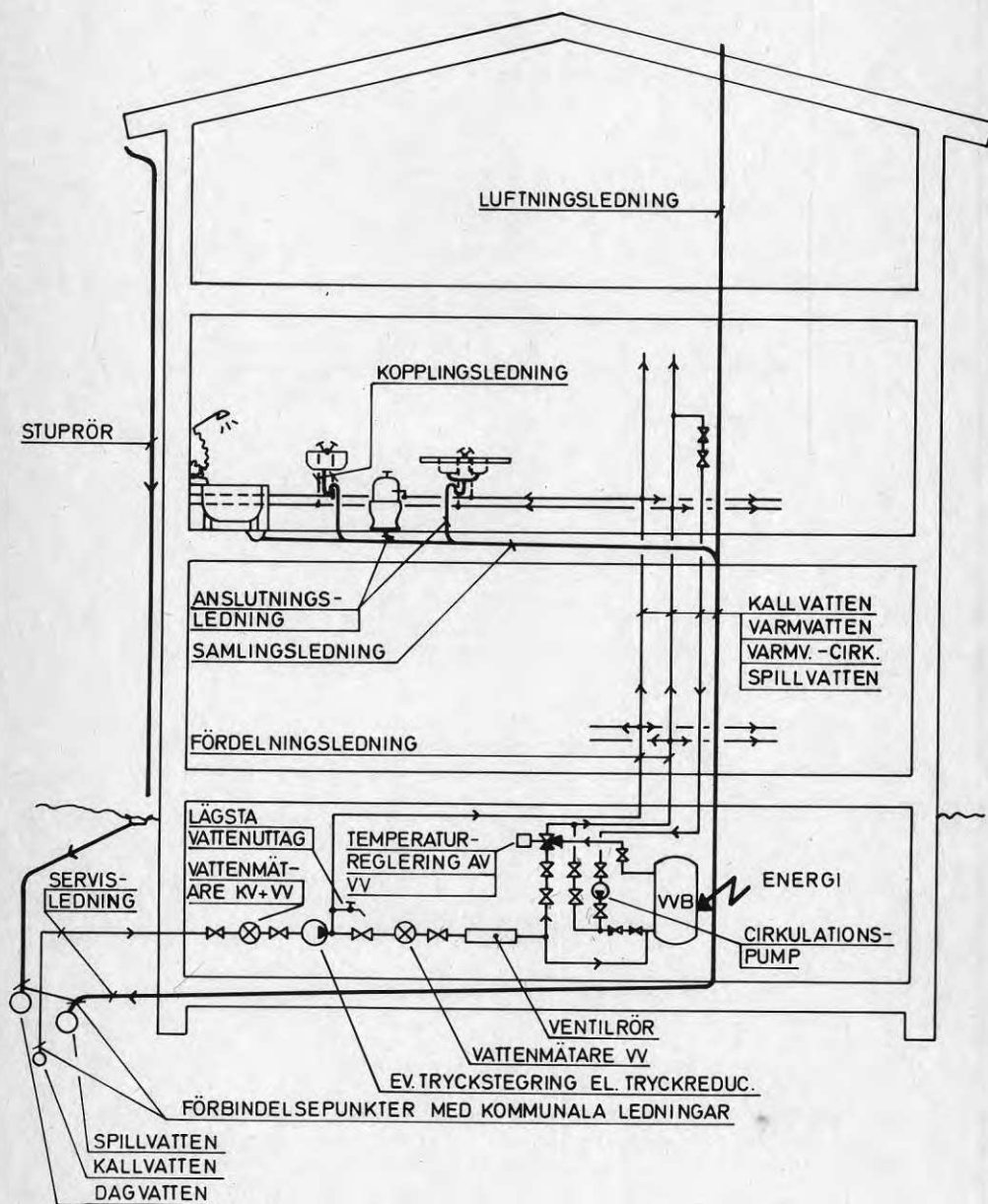


Efter dessa åtgärder som ej kräver några nyinvesteringar undersöks lönsamheten för installation av nya produkter enligt följande:



1 FLERBOSTADSHUSENS VA-SYSTEM

Figur 1.1 visar schematiskt hur VA-systemet är uppbyggt i ett flerbostadshus.



Figur 1.1 VA-system i ett flerbostadshus

1.1 Tappvattensystemen

För att tappvattentillförseln skall fungera tillfredsställande krävs att vattentrycket medger normal tappning med konventionella blandare, tappventiler samt disk- och tvättmaskiner i samtliga lägenheter. Beroende på byggnadens geografiska placering i förhållande till vattenverkets reservoarer och pumpstationer behövs ibland tryckstegringspumpar i enskilda lägenheter för att möjliggöra en tillfredsställande vattentillförsel.

Om vattentrycket vid ett tappställe däremot är avsevärt högre än vad som erfordras blir bullret vid tappningen besvärande samtidigt som vattenflödet blir större vid samma pådrag. För att komma till rätta med dessa problem föreskrevs i VA-byggnormen 1967 nya regler för tappvattensystemens dimensionering. Med mindre revideringar återfinns dessa i nu gällande Svensk Byggnorm 1980 i ett särtryck benämnt VA-handbok, Normtext. Principen är att ledningsnätet dimensioneras så att trycköverskott stryps bort i rörledningarna.

Som regel gäller att tappvattensystem installerade fram till slutet av 1960-talet har grova rör och höga vattentryck vid tappställena särskilt i lågt belägna våningsplan. I senare installerade system är däremot tryckfördelningen sådan att inga större trycköverskott föreligger.

Beträffande rörisolering gäller att kallvattenledningarna tidigare utfördes oisolerade om de ej utsattes för frysrisk. I VA-byggnormen 1967 föreskrevs att de skulle isoleras om kondens kunde befaras medföra olägenheter. Vidare skulle de isoleras om de var placerade i utrymmen med rumstemperatur över +30°C eller om de installerades nära varma rörledningar. I sådana fall krävs normalt ca 20 mm mineralull. Dessa regler gäller fortfarande. Trots detta får man olägenheter med uppvärmt kallvatten under perioder med lågtappning.

Varmvattenledningarna har alltid isolerats. Befintliga ledningar isolerades med nålhårsatta, magnesiama massa o dyl uppfyller ej dagens isoleringskrav. Även äldre glasulls- och mineralullsisolerade rör har dålig värmisolerings p g a tunt isolerskikt, ofullständig isolering samt skador. Idag utförs varmvattenledningar med ca 40 mm isolering. Kortare kopplingsledningar får dock lämnas oisolerade.

Det är vanligt med cirkulationsledningar (vvc) för varmvatten i byggnader från och med mitten av 1940-talet. Ofta installerades de endast i källare. Fördelen med vvc-ledningar är att man ej måste avtappa en större volym vatten innan varmvattnet når tappstället. Enligt gällande normer får väntetiden på varmvatten vara högst 10 s. En stor nackdel är dock att vvc-ledningar medför värmeförluster till omgivningen.

Tappventiler och blandare har under åren utvecklats mot klenare anslutningar och högre tryckfall i genomloppen. Separata tappventiler vid tvättställ och diskbänk installerades fram till 1940-talet varefter blandare mer allmänt installerades. Under 1960-talet började man att förse blandarutloppen med luftinblandande strålsamlare s k perlator vilket ger en stänkfri vattenstråle som dessutom medför minskad vattenåtgång. Under 1970-talet utvecklades VA-armaturerna mot vattensnålare och mer lätt-

manövrerade typer såsom termostatblandare och ettgreppsblandare.

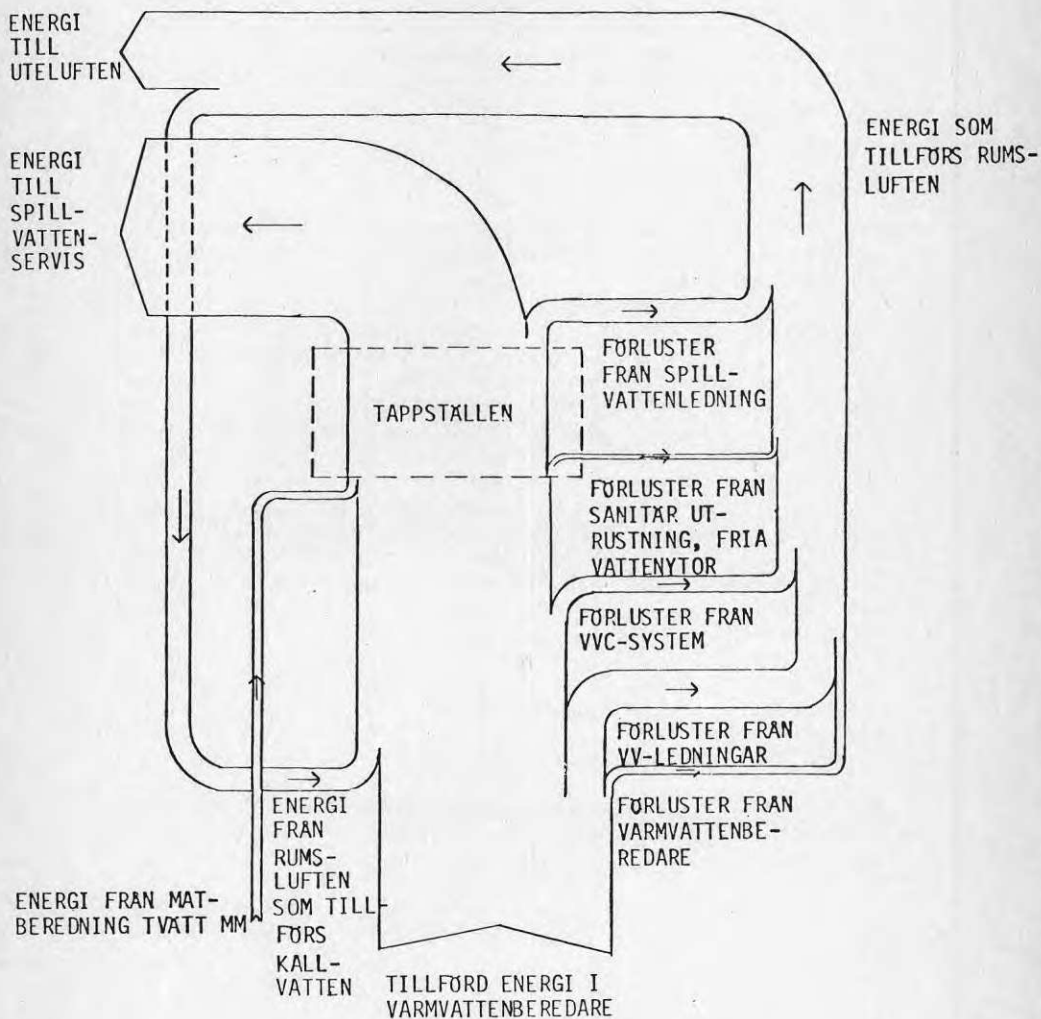
Påfyllningsanordningarna i WC-stolarna har utvecklats med hänsyn till bulleravgivningen. Moderna konventionella WC-stolar är dessutom så konstruerade att spolvolymen har kunnat minskas från 9 l till 6 l.

1.2 Spillvattensystemen

Från energi- och vattenhushållningsynpunkt har ingen större förändring skett av utformningen av spillvattensystemen. Värmeutbytet med omgivningen har minskat något till följd av användning av plaströr i stället för gjutjärnrör. Den största delen av värmeutbytet avser avgivning av värme från varmt spillvatten till omgivande luft och byggnadsdelar medan en mindre del av värmetransporten sker i andra riktningen t ex vid avledande av kallt spolvatten från vattenklosetter. Förutom att den momentana värmeavgivningen är större för gjutjärnrör har dessa bättre värmelagringsförmåga. Ett avloppsrör med $D_y = 75$ mm kan lagra ca 0,001 kWh per meter rör för varje grads temperaturhöjning. Motsvarande PVC-rör kan endast lagra en femtedel av denna värmemängd.

2 VA-SYSTEMENS ENERGIBALANS

Figur 2.1 visar schematiskt hur energibalansen kan vara för VA-systemet i ett flerbostadshus. De olika energiflödena i figuren varierar beroende på VA-systemets utformning. I de fall flera byggnader får tappvarmvatten genom ett vidsträckt kulvertförlagt distributionsnät eller om rörisoleringen är dålig ökar självfallet förlusterna från rörsystemen.



Figur 2.1 Energibalans för VA-system i flerbostadshus

2.1 Energiflöden

Av den i varmvattenberedaren tillförda energin avgår ungefär en tredjedel som värmeförluster från beredaren, från varmvatten- och vvc-ledningarna samt från den sanitära utrustningen och dess fria vattenytor. Detta energiflöde tillförs rumsluften. Det begagnade tappvattnet d v s spillvattnet avger också värme från rörledningarna till rumsluften. En del av den till luften överförda varmvattenenergin återförs till VA-systemet genom uppvärmning av tappkallvattenledningarna. Under den tid av året då värmebehov föreligger nyttiggörs värmeförlusterna från rörsystemet delvis. Merparten av värmeavgivningen sker dock i kulvertar, schakt, badrum och kök där man ej har så stor nytta av värmen. I kök och badrum har man normalt redan värmeöverskott eftersom den övertempererade frånluften evakueras via dessa rum. Vid matberedning, tvätt m m tillförs energi till VA-systemet som höjer energiinnehållet i spillvattnet ytterligare.

2.2 Varmvattenberedning

En viktig faktor, med hänsyn till energiförbrukningen, är hur varmvattnet bereds. Om varmvattenberedaren är fjärrvärme- eller elvärm� begränsas förlusterna från beredningen av värmeförlusterna från beredaren och dess kringutrustning till luften i värmecentralen. Om däremot varmvattnet bereds genom förbränning av olja, gas eller fast bränsle i en panna tillkommer rökgas- och stilleståndsförluster från pannorna. Under den tid då värmebehov föreligger för radiatorer m m är totalverkningsgraden för en bra oljeeldad anläggning 80-90 %. Under sommaren då endast värmebehov för varmvattenberedning föreligger sjunker totalverkningsgraden markant om man ej har en för varmvattenberedningen anpassad panna s k sommarpanna. Vanligen är totalverkningsgraden för en oljeeldad anläggning sommartid under 30 % p g a stora stilleståndsförluster. Energimässigt är det därför betydligt bättre att avställa sådana pannanläggningar sommartid och istället bereda tappvarmvattnet med elenergi enligt något av följande alternativ:

- Elpatroner i panna
- Elkasset i kombination med panna
- Separat elpanna
- Separat elektrisk varmvattenberedare

Även ny teknik såsom värmepumpar och solfångare kan vara intressanta för varmvattenberedning sommartid om pannanläggningen kan tas ur drift.

3 VATTEN- OCH ENERGIFÖRBRUKNING I BOSTÄDER

3.1 Vattenförbrukning

Vattenförbrukningen i bostäder är beroende av hushållens storlek och boendevanorna samt VA-armaturernas typ och kondition. Man kan i flerbostadshus normalt räkna med $2,0-2,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ ly,år}$. Om merparten av lägenheterna är ettor och tvåor i en fastighet med blandad åldersfördelning på de boende uppgår förbrukningen normalt till ca $3,0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ ly,år}$. Om däremot de boende i fastigheten mest består av äldre personer utan barn kan man räkna med en förbrukning ned mot ca $1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ ly,år}$. (Arbetsgruppen för vattenbesparing, 1982).

Statistisk årsbok 1981 anger medeldygnsförbrukningen av vatten i hushållen inom 40 kommuner. Den varierar mellan 149 och 305 liter/person,dygn. Enligt Vatten- och avloppsverksföreningens publikation VAV P38 räknar man med en specifik förbrukning i flerfamiljshus på 220 liter/person,dygn och i småhus 180 liter/person,dygn. Dessa siffror inkluderar läckageförluster i servisnäten.

Av totala vattenförbrukningen i bostäder används 30-40 % som varmvatten. Årsförbrukningen blir så $0,7 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ ly,år}$ om den totala vattenförbrukningen är $2,0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ ly,år}$.

Fördelningen av vattenförbrukningen på de enskilda tappställena är enligt Norrköpingsprojektet (Sture Holmberg, 1981) följande:

	Kallvatten	Varmvatten	Totalt
Disklådsblandare	24 %	49 %	33 %
Tvättställsblandare	8 %	16 %	11 %
Kar/dusch-blandare	26 %	35 %	30 %
WC-stol	42 %	-	26 %

3.2 Energiförbrukning

Tappkallvattnets temperatur varierar under året. Om den genomsnittliga kallvattentemperaturen är $+10^\circ\text{C}$ och tappvarmvattnets temperatur i tappställena är $+45^\circ\text{C}$ är den nyttiggjorda energin i tappställena ca $30 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ ly,år}$ om årsförbrukningen är $0,7 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ ly,år}$. Den i varmvattenberedaren tillförda energin är dock större. Se figur 2.1. Normalt kan man räkna med att ca 30 % av energin förloras på vägen till tappstället (Berndtsson et al, 1982). Bruttoenergiförbrukningen är då ca $45 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ ly,år}$, vilket motsvarar ca $65 \text{ kWh}/\text{m}^3$ varmvatten. Eventuella besparingsåtgärder som minskar vattenförbrukningen påverkar den nyttiggjorda energiförbrukningens storlek. Om däremot värmeavgivningen från rörsystemet minskas genom t ex bättre rörisolering påverkas endast den del av energiförbrukningen som ej nyttiggörs i tappställena.

Exempel:

Energisparåtgärd som ger 10 % lägre varmvattenförbrukning
 Energibesparing: $0,1 \times 30 = 3 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ ly,år}$.

Energisparåtgärd som minskar värmeförlusterna från rörsystemet med 10 %

Energibesparing: $0,1 \times (45-30) = 1,5 \text{ kWh/m}^2 \text{ 1y,år.}$

Om tappvarmvattnet bereds med olja är det av intresse att känna till oljeförbrukningen vid varmvattenberedningen och vilken oljebesparing man får genom åtgärder i varmvattensystemet. Om totalverkningsgraden i anläggningen är 80 % vintertid förbrukar varje m^3 varmvatten med temperaturen $+45^\circ\text{C}$ ca 5 l olja. Sommartid då totalverkningsgraden kanske endast är 25% krävs i stället ca 15 l olja per m^3 varmvatten.

Energibesparing i varmvattensystemet genom sänkt varmvattenförbrukning, sänkt värmeavgivning från rören m m innebär att oljebrännarnas årliga drifttid minskar. Förbränningen av olja sker både vinter och sommar normalt med en verkningsgrad på 85-95 %. En minskning av varmvattenförbrukningen med 1 m^3 ger därför en ungefärlig oljebesparing av ca 4 l olja oberoende av årstid. Härvid bortses från att även stilleståndsförlusterna minskar något eftersom antalet pannstarter blir mindre då energibehovet för varmvatten minskar.

Oljebesparingen kan således ej räknas utgående från totalverkningsgraden under sommar- respektive vinterperioden utan är i det närmaste oberoende av årstiden. För att undvika den ineffektiva varmvattenberedningen sommartid krävs åtgärder i pannanläggningen, se avsnitt 2.2.

4 ENERGI- OCH VATTENBESPARANDE ÅTGÄRDER

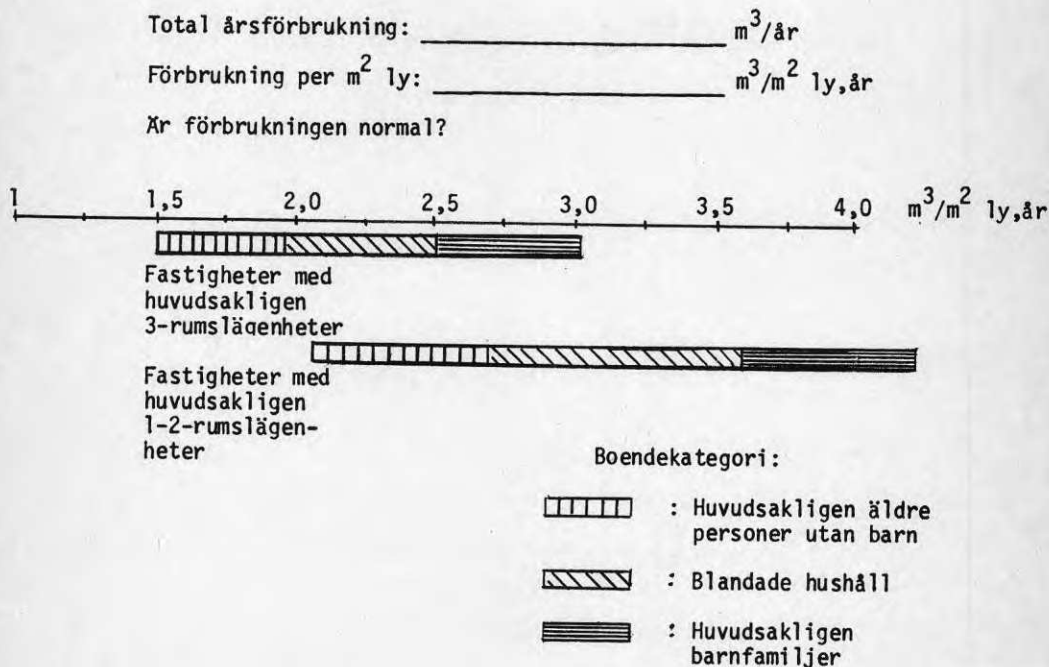
Kostnadsuppgifterna avser ungefärliga entreprenadkostnader inklusive moms i kostnadsläget 1982-10-01.

Energipriset antas vara 0,25 kr/kWh
Vattenpriset antas vara 6,00 kr/m³

Besparingsberäkningar utgår från förbrukningen 2,0 m³ vatten per m² ly, år varav varmvatten 0,7 m³ per m² ly.

4.1 Nuvarande förbrukning

Undersök vattenförbrukningen i fastigheten genom att studera vattenräkningarna för några år. Kontrollera i figur 4.1 om förbrukningen är normal.



Figur 4.1 Normal vattenförbrukning i flerbostadshus

Innan några nya energi- och/eller vattenbesparande produkter installeras skall man se till att man gjort vad som är möjligt för att VA-systemet skall vara energi- och vattensnålt med befintliga installationer. Ett förslag till arbetsgång redovisas i avsnitten 4.2 - 4.5.

4.2 Informera de boende

Man bör informera hyresgästerna om kostnaderna för vatten och hur man genom att ändra sina vanor kan minska förbrukningen. Det gäller t ex att undvika onödiga tappningar av varmvatten istället för kallvatten, disksköljning under kontinuerligt rinnande varmvatten, onödigt badkarsbadande. Dessutom ska de boende omedelbart anmäla droppande kranar eller läckande spol-anordningar så att de åtgärdas av förvaltningen. Figur 4.2 visar exempel på lämplig information.

Man kan på detta sätt uppnå väsentliga besparingar. Efter en tid brukar dock sparintresset minska och förbrukningen åter öka mot den ursprungliga nivån. Det krävs därför ständigt återkommande sparkampanjer för att på detta sätt åstadkomma en varaktig spareffekt. Verkligt effektiv blir hyresgästernas sparsats först då minskad energi- och vattenförbrukning direkt resulterar i lägre boendekostnader.

Vet Du att det i genomsnitt går åt 200 m^3 vatten³ per år och lägenhet i denna fastighet? Det är ungefär 25 m^3 mer än vad som är normalt.

PRISLISTA

1 m^3 vatten	6 kr
1 m^3 varmvatten	22 kr
1 bad i badkar	3 kr
1 duschbad	1 kr
2 droppar varmvatten per sekund	150 kr/år
1 läckande WC-spolanordning	500 kr/år

SPARA PÅ VATTNET!

GÖR FELANMÄLAN DÅ KRANAR DROPPAR!

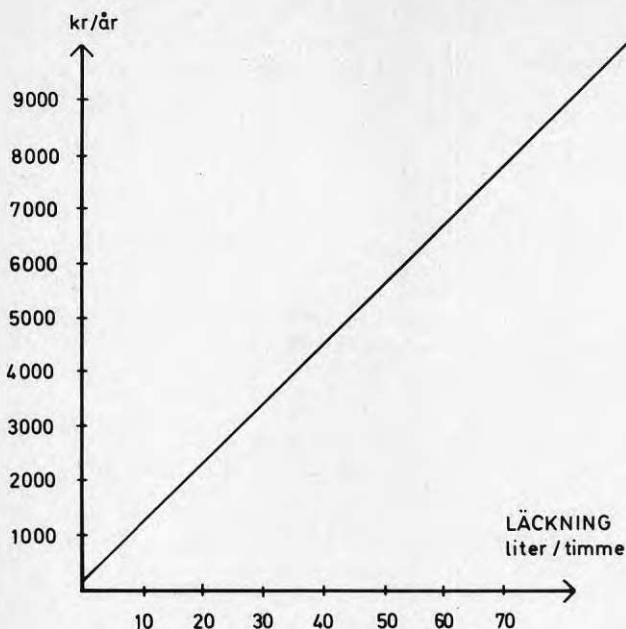
Figur 4.2 Information till de boende

4.3 Kontrollera läckning

Om förbrukningen överstiger riktvärdena skall man först kontrollera om man har stor vattenläckning (se avsnitt 4.1). Kontrollera vattenmätarna någon gång nattetid. Finner man en kontinuerlig förbrukning under natten orsakas den sannolikt av droppande blandare och läckande spolanordningar på vattenklosetterna.

Kostnaden för den vatten- och energiförbrukning som blir en

följd av läckningen kan uppskattas med hjälp av diagrammet.



Figur 4.3 Årskostnader för läckning

Bedöm om läckningen är så stor att det motiverar åtgärder. Om detta är fallet bör man först kontrollera vid ytterligare ett par tillfällen. Det kan ju vara så att någon blandare av miss-tag lämnats öppen vid kontrolltillfället. Då man vid förnyad kontroll konstaterat så stor läckning att åtgärder bör vidtas gör man en systematisk genomgång av samtliga blandare och vattenklosetter. Packningar byts. Ventil~~säten~~ brotschas och kranbröst byts vid behov. Spolanordningar justeras.

Då genomgången av VA-utrustningen är klar kontrolleras åter vattenläckningen nattetid. Om man fortfarande har stor läckning finns det risk att man har läckage i någon rörkoppling. Detta måste undersökas med hänsyn till risken för vattenskador.

4.4 Minska spolvolymen i WC-stolarna

Eftersom ca 25 % av totala vattenförbrukningen i en lägenhet avser spolning i vattenklosetter (se avsnitt 3.1) är det viktigt att om möjligt begränsa spolvolymen. Spolcisternen och kallvattenledningen tar dessutom värme ur rumsluften varför man även får räkna med en viss energiförbrukning. Det kan vara möjligt att minska spolvolymen i äldre WC-stolar från ca 9 l till ca 6 l.

Minskning av spolvolymen med 3 l medför en vattenbesparing på ca $0,17 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ ly,år}$. Man sparar ca $1,20 \text{ kr}/\text{m}^2 \text{ ly,år}$ varav energibesparingen utgör 10-15 %.

Det är ej alltid möjligt att genomföra denna åtgärd. Förutsättningarna varierar mellan olika typer av WC-stolar. Praktiskt genomförs åtgärden genom att antingen justera flottörens placering på hävarmen eller genom placering av t ex sandfylld plastbehållare med volymen ca 3 l i cisternen. I det senare fallet bibehålls fallhöjden på vattnet vilket är en fördel.

Det föreligger en viss risk för igensättning av avloppsledningarna vid minskning av WC-stolarnas spolvolym.

4.5 Sänk varmvattnets temperatur till 45°C

Genom att sänka varmvattentemperaturen 1°C kan man spara ca 50 kWh/lgh,år i energiförbrukning motsvarande ca 13 kr/lgh,år eller 0,20 kr/m² ly,år (Berndtsson et al, 1982). Sänk utgående varmvattentemperatur vid varmvattenberedaren och kontrollera att temperaturen vid längst bort belägna tappställe ej understiger 45°C. I badrummen är dock +38°C tillräckligt enligt Svensk Byggnorm.

Då ovanstående åtgärder är vidtagna övervägs om det kan vara motiverat att installera några energi- och/eller vattenbesparande produkter enligt avsnitt 4.6 - 4.12.

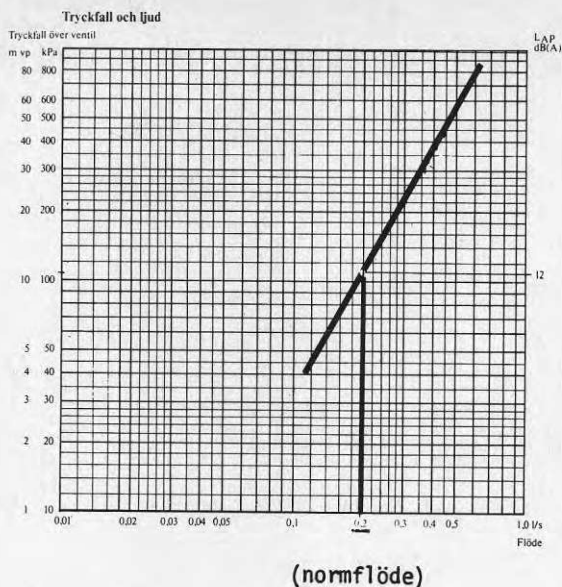
4.6 Installera utrustning för tryckreducering

4.6.1 Allmänt

Tappvattensystem installerade efter 1967 är "klenrördimensionerade" och har normalt ej stora trycköverskott vid tappställena. (Se avsnitt 1.1) Eftersom rördimensioneringen baserar sig på lägsta förekommande distributionstryck vid förbindelsepunkten med kommunens ledning, se figur 1.1, erhålls dock vissa tider trycköverskott vid tappställena. Detta gäller särskilt då fördelningsledningarna i fastigheten är lågt belastade. I äldre tappvattensystem föreligger alltid trycköverskott åtminstone i byggnadens lägre våningsplan. I dessa system kan vanligen tryckfallet i fördelnings- och kopplingsledningarna försummas eftersom dessa har så grova dimensioner.

Det finns möjligheter att spara vatten och varmvattenenergi genom installation av tryckreduceringsanordningar antingen centralt på servisledningen eller lokalt vid tappställena.

För att bedöma vattenbesparingseffekten studeras figur 4.4 som visar hur flödet från en konventionell modern tvågrepps disk-lådsblandare varierar med trycket.



Figur 4.4 Samband tryck/flöde för en tvågrepps diskblådsblandare (FMM 3007)

Besparingen genom tryckreduceringen gäller självfallet ej för den form av tappning då man behöver en bestämd vattenkvantitet, exempelvis fyllning av kokkärl, diskblåda eller badkar. Det är i stället vid sådana tillfällen då man rutinemässigt öppnar en kran för att skölja disk och grönsaker, tvätta händer o dyl som besparingen uppnås. Enligt "Norrköpingsprojektet" (Sture Holmberg, 1981) förbrukas ungefär hälften av allt vatten i bostäder i diskblåds- och tvättställsblandarna. Atminstone hälften av allt detta vatten d v s en fjärdedel av totalförbrukningen används sannolikt för sköljning och handtvätt och är därför påverkbart med tryckreducerande anordningar.

Trycket som krävs före tappstället för att normflödet skall kunna erhållas är beroende på konstruktionen hos blandaren eller tappventilen. Moderna blandare av ettgreppstyp och termostatblandare kräver 100-500 kPa vid normflödet.

För att undersöka om trycköverskott föreligger kan man mäta hur stort flöde man erhåller ur blandarna och jämföra dessa med normflödena.

Blandare för:	Normflöde l/s (l/min)
Badkar	0,4 (24)
Dusch	0,2 (12)
Diskblåda	0,2 (12)
Tvättställ	0,1 (6)

Om man exempelvis ur en blandare enligt figur 4.4 erhåller 0,5 l/s föreligger ett trycköverskott på $550 - 110 = 440$ kPa eftersom blandaren endast behöver 110 kPa för att ge normflödet.

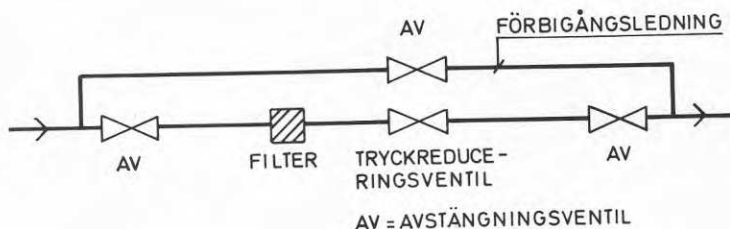
Alternativt mäter man trycket med manometer eller frågar VA-verket om trycket i förbindelsepunkten (se figur 1.1) och räknar fram tillgängligt tryck enligt Svensk Byggnorm kapitel 51. Exempel:

	Tryckfall	Anmärkning
Vattenmätare	40 kPa	Normalt värde
Varmvattenberedare med armaturer	10 kPa	- " -
Höjdskillnad mellan förbindelsepunkt och högsta vattenuttag = 15 meter	150 kPa	1 m motsvarar 10 kPa
Summa	200 kPa	

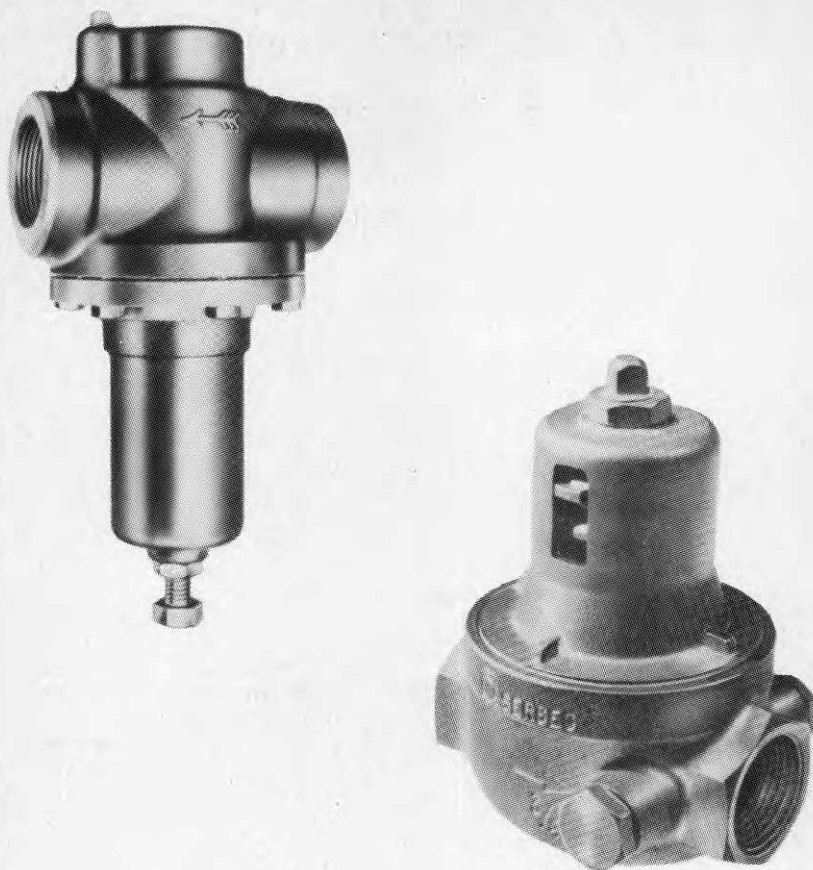
Tryckförlusterna i rörledningarna kan som tidigare påpekats normalt försummas i äldre system med grova rördimensioner. Om blandaren kräver 110 kPa och lägsta normala vattentrycket i förbindelsepunkten är 750 kPa är trycköverskottet $750 - 110 - 200 = 440$ kPa.

4.6.2 Central tryckreducering

Central tryckreducering kan vara lämpligt då trycköverskottet är större än ca 500 kPa. Då är trycket i nedersta vattenuttaget kanske ca 1 000 kPa vilket medför risk för att rörkopplingar går isär och att säkerhetsventilen på varmvattenberedaren öppnar periodvis. Dessutom kan det höga trycket medföra besvärande buller vid tappning. Vid central tryckreducering installeras en reduceringsventil i kallvattenservisen, se figur 4.5. Normalt används direktverkande ventiler där sekundärtrycket inställs med fjäder. Figur 4.6 visar ett par exempel.



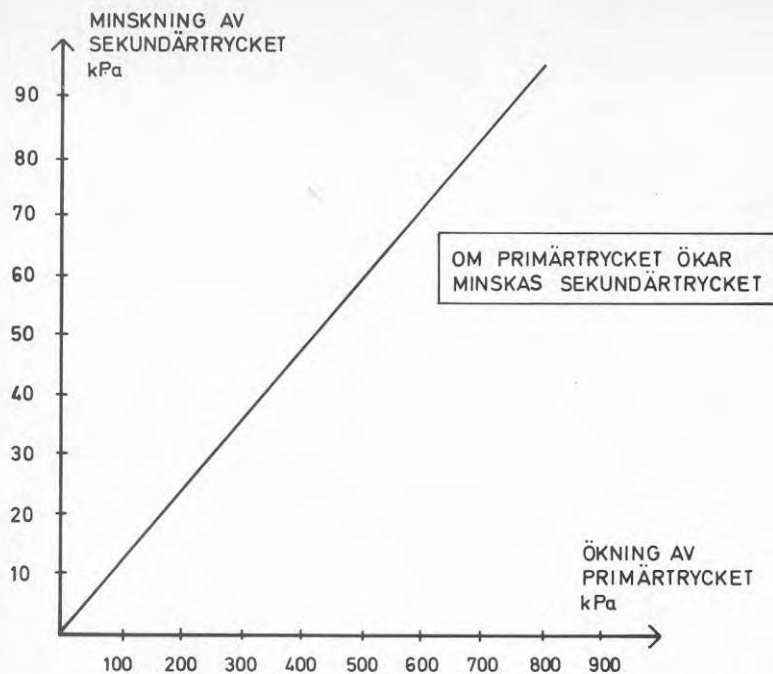
Figur 4.5 Exempel på installation av central tryckreduceringsventil



Figur 4.6 Direktverkande reduceringsventiler (Broady, Ahlsell & Agren)

En nackdel med direktverkande tryckreduceringsventiler är att sekundärtrycket varierar med primärtrycket. Se figur 4.7.

Tryckvariationen blir dock så liten på sekundärsidan att detta knappast har någon betydelse. Enligt figur 4.7 medför primärtrycksvariationen 100 kPa endast en sekundärtrycksvariation på 10 kPa vilket enligt figur 4.4 medför en flödesändring på ca 0,01 l/s vid normflödet för en disklådsblandare.



Figur 4.7 Exempel på sekundärtryckets variation med primärtrycket i en tryckreduceringsventil

Tryckvariationerna i de kommunala vattenledningarna varierar under dygnet. Figur 4.8 visar exempel på en dygnskurva för trycket i förbindelsepunkten.



Figur 4.8 Exempel på dygnskurva för bestämning av lägsta normala tryck (P_{min}) som är dimensionerande för tappvattenssystemet. Lägsta normala tryck är det tryck som inte underskrids mer än 1 % av tiden (15 min per dygn). (VA-handbok. Projektering)

Tryckreduceringsventilen inställs så att sekundärtrycket är tillräckligt för normflöden vid samtliga tappställena då primärtrycket uppgår till lägsta normala tryck.

I ett korrekt klenrördimensionerat tappvattensystem installerat enligt Svensk Byggnorm 1967 eller senare föreligger ej behov av central tryckreducering.

I ett äldre tappvattensystem med ett genomsnittligt trycköver-skott på 500 kPa erhålls för blandare enligt figur 4.4 0,52 l/s som maximalt flöde vilket är 160 % större flöde än normflödet. Det maximala flödet utnyttjas dock mycket sällan eftersom det medför olägenheter i form av vattenstänk o dyl. I "Norrköpingsprojektet" (Sture Holmberg, 1981) var medelflödena i tvättställs- och disk-lådsblandarna endast 0,05 l/s respektive 0,06 l/s, trots att normflödena är 0,1 l/s respektive 0,2 l/s. Dessa mätningar avsåg en klenrördimensionerad anläggning med relativt moderna blandare (installerade 1975). I ett äldre hus med grövre rördimensioner och gamla blandare med låga tryckfall skulle sannolikt medelflödena ha blivit högre eftersom stora vattenflöden erhålls redan vid liten öppning av kranarna. Besparingen uppstår när man efter installation av tryckreduceringsutrustningen erhåller ett lägre flöde vid den rutinmässiga öppningen av kranarna för sköljning och handtvätt. Hur stor flödesminskningen blir är helt beroende på förutsättningarna i de enskilda fallen. Om flödet minskar med 30 % blir totala vattenbesparingen ca 8 % eftersom enbart en fjärdedel av vattenförbrukningen berörs. Dessutom sparas ca 5 % av varmvattenenergin.

Kostnaden för installation av en central tryckreduceringsventil med filter och förbigångsledning (Dy = 50 mm) uppgår till 5 000-10 000 kr.

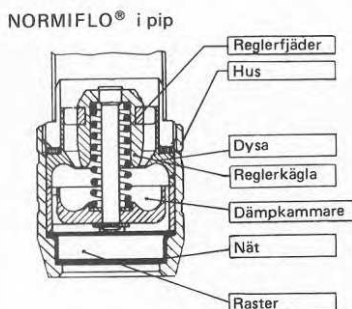
4.6.3 Lokal tryckreducering

Alternativet till att installera en central tryckreduceringsventil är att utrusta de enskilda tappställena med s k flödesbegränsare. En stor fördel med dessa är att man med god noggrannhet begränsar vattenflödet vid varje tappställe till aktuellt normflöde oberoende av distributionstrycket. En nackdel är den relativt omfattande installationen och det underhållsbehov de eventuellt kan medföra.

Flödesbegränsare finns antingen för montage på kopplingsledningen före blandaren eller för montage på blandarutloppet. Vid montage i kopplingsledningen erfordras två flödesbegränsare. Risk föreligger i detta fall för kostnadskrävande servicebehov. Den senare typen för montage i blandarutlopp är lättast att installera men en förutsättning är att blandarutloppen har passande gänga. Det finns dock övergångsnipplar till blandare som är tillverkade före mitten av 1960-talet som möjliggör montage. Gamla blandare som saknar gängat utlopp kan förses med en övergångskoppling som fästs i blandarutloppet med en expanderande gummiring. En nackdel med flödesbegränsare som monteras på blandarutloppet är att de enkelt kan skruvas bort av hyresgästerna varvid vattenförbrukningen ökar. Vid högt vattentryck kan det uppstå problem då flödesbegränsare monteras i disk-lådsblandarens utloppspip. Denna kan börja läcka vid infästningen i blan-

daren eller t o m lossna. En annan nackdel med flödesbegränsare på blandarutlopp är risken för överströmning mellan kall- och varmvattenledningen genom att blandarutloppet får högt tryckfall. Även inställning av önskad temperatur kan försvåras.

Luftinblandande strålsamlare skall alltid monteras i anslutning till flödesbegränsare i blandarutloppet. Figur 4.9 visar ett exempel på flödesbegränsare med inbyggd strålsamlare.



Figur 4.9 Flödesbegränsare, Tour & Andersson NORMIFLO

Man bör observera att vissa kombinationer av flödesbegränsare och strålsamlare kan bli så "klumpiga" att de boende av estetiska skäl demonterar dem.

Flödesbegränsare används med fördel på tvättställs- och disk-lådsblandare. Däremot är installation i kar/duschblandare tveksam. I blandarutloppet till badkaret är flödesbegränsare en nackdel eftersom tappningstiden förlängs utan vattenbesparingseffekt. Flödesbegränsare mellan biandare och duschslang ger spareffekt men det är bättre att istället installera en vattensnål duschstril. Då utnyttjas överskottstrycket till att sönderdela vattenstrålen.

I de fall man har kombinerade tvättställs- och kar/duschblandare med svängbar pip medför flödesbegränsare i utloppspipen god vattenbesparing. En nackdel är att tappningstiden vid bad blir förlängd från kanske 4-5 minuter till 5-20 minuter. Man väljer i detta fall en flödesbegränsare med flödet 0,2 l/s.

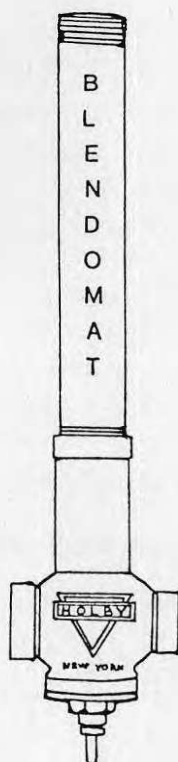
Vattenbesparingen vid installation av flödesbegränsare är beroende av armaturtyp och vattentryck. Enligt Evert Olsson, Göteborgs Bostads AB (Roland Sagström, 1980) sparar man 15-20 % av varmvattnet. Enligt mätningar av Ake Gerdt och Ake Hallerstedt 1981 minskar kallvattenförbrukningen med 11 % och varmvattenförbrukningen med 13 %. I detta fall utbyttes samtidigt duschhandtagen mot sådana med vattensnål stril och spolvolymen minskades i en del WC-stolar.

Kostnaden för flödesbegränsare inklusive installation i blandarutlopp uppgår till ca 90 kr/st. Flödesbegränsarna kostar 20-40 kr/st.

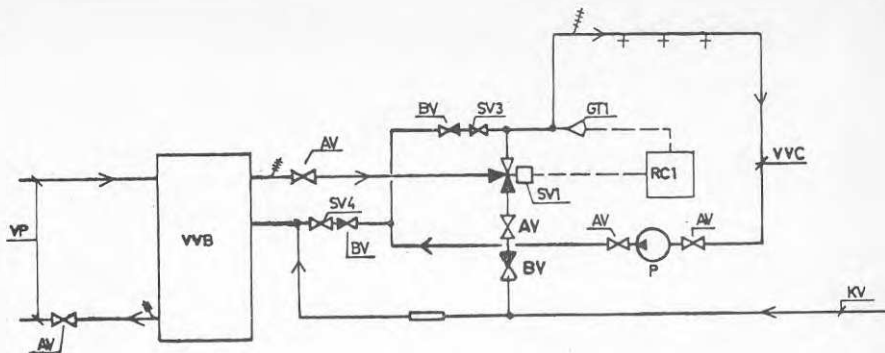
4.7 Installera utrustning för god temperaturhållning

Man skall se till att tappvarmvattnets temperatur ej är högre än erforderligt eftersom värmeförlusterna från distributions- och cirkulationsledningarna annars blir större än nödvändigt. (Se avsnitt 4.5) En grads temperatursänkning på varmvattnet kan ge en besparing på ca 50 kWh/lgh,år (Berndtsson et al, 1982). Man får även en viss vattenbesparing eftersom det går snabbare att ställa in önskad temperatur med blandaren om temperaturskillnaden mellan kallt och varmt vatten är mindre.

För att undvika pendlingar i varmvattentemperaturen, som både från komfort- och energihushållningssynpunkt bör undvikas installeras automatisk reglerutrustning. Det finns dels direktverkande termostatiska blandningsventiler, se figur 4.10, dels elektronisk reglerutrustning, se figur 4.11.



Figur 4.10 Direktverkande termostatisk blandningsventil
REGAB AB, Blendomat-Holby, med inbyggd termostat



SV1: Motordriven blandningsventil
 RC1: Elektronisk reglercentral
 GT1: Temperaturgivare

Figur 4.11 Elektronisk reglerutrustning för varmvattentemperaturen.

Direktverkande ventiler ger god temperaturreglering. De behöver ej anslutas elektriskt. En nackdel är att man kan få driftstörningar genom avsättningar i ventilen om vattnet är kalkrikt. Känsligheten för vattenkvaliteten varierar mellan olika ventiltyper. I vissa fall är det möjligt att enkelt avlägsna eventuella avsättningar.

Elektronisk reglerutrustning består av reglercentral, temperaturgivare och motordriven blandningsventil, se figur 4.11. En sådan installation är ej känslig för vattenkvaliteten och ger god temperaturhållning men installationskostnaden är hög i förhållande till direktverkande ventil. Det förekommer även att motorventilen kräver underhåll.

Kostnaden för installation av en direktverkande blandningsventil (Dy = 40 mm) uppgår till ca 4.000 kr.

Motsvarande kostnad för elektronisk reglerutrustning med motorventil är ca 10.000 kr.

Installation av elektronisk temperaturreglering i en befintlig anläggning som saknar vvc-system medför extrakostnader. För att få acceptabel temperaturreglering krävs nämligen ett vvc-system (se figur 4.11) som kanske ej är motiverat med hänsyn till byggnadens utformning. Vvc-ledning med inkopplingar i befintligt system, vvc-pump och erforderliga ventiler fördyrar installationen avsevärt. Dessutom medför cirkulationsledningen värmeförluster. I sådana fall bör man i stället välja direktverkande ventiler.

Genom att avställa cirkulationspumpen mellan exempelvis 23.00 och 5.00 sparas ca 5 % av energibehovet för varmvatten eller 3 kWh/m² ly,år motsvarande ca 0,75 kr/m² ly,år. För detta ändamål erfordras installation av ett styrur till en kostnad av ca 1 000 kr.

4.8 Komplettera eller byt VA-armaturer

Vattenblandare som är installerade före mitten av 1960-talet har grövre anslutningar och lägre tryckfall än modernare typer. Det erforderliga vattentrycket för att få normflöde är av storleksordningen 30 kPa medan moderna blandare kräver 100-500 kPa. Detta medför att man kan tappa betydligt större flöden med äldre blandare vid samma distributionstryck. Vidare saknar dessa luftinblandande strålsamlare, s k perlator, om man ej kompletterat dem med sådana på senare tid. Genom luftinblandningen fås en vattenstråle med god vätande förmåga varför mindre volym vatten krävs vid t ex handtvätt och disksköljning. Perlatorn har dessutom en flödesbegränsande effekt vid höga distributionstryck. I de fall disklåds- och tvättställsblandarna saknar perlator bör sådana monteras om blandarutloppen är försedda med gänga. Kostnaden för installationen uppgår till ca 80 kr. Om blandarutloppet saknar gänga finns på marknaden övergångskoppling som fästs i blandarutloppet med expanderande gummiring.

Duschstrilarnas utformning är viktig med hänsyn till vattenåtgången vid duschning. Moderna vattensnåla handduschar har duschstrilar som medför effektivare utnyttjande av vattnet och därmed besparing. Utbyte av gamla handduschar kan därför vara motiverat. Kostnaden för byte uppgår till ca 150 kr. För vissa handduschtyper är det möjligt att endast byta strilbrickan för ca 50 kr.

Genom installation av perlator och moderna duschstrilar samt flödesbegränsare (se avsnitt 4.7.3) erhålls mindre vattenåtgång tack vare att vattnet utnyttjas effektivare. För att ytterligare minska vattenåtgången måste hela blandarna bytas. Härvid måste man ta reda på att vattentrycket är tillräckligt för de nya blandare som väljs.

För tvättställ finns konventionella tvågreppsblandare, ettgreppsblandare samt ettgrepps lågflödesblandare. Med ettgreppsblandare går det snabbare att ställa in önskad temperatur och flöde varför vattenåtgången blir lägre än med tvågreppsblandare. Ettgrepps lågflödesblandare har speciellt strilmunstycke som medför att mindre vatten krävs vid t ex handtvätt än då blandarutloppet har en konventionell perlator. Dessa blandare ger ej det i Svensk Byggnorm föreskrivna normflödet varför de ännu ej kan användas generellt. Det är viktigt att man ej installerar sådana blandare där man har lång väntetid på varmvatten. Om väntetiden är 10 s med konventionell tvättställsblandare som ger normflöde blir den minst 20 s med lågflödesblandare. Det låga flödet är också en nackdel vid upptappning av en bestämd vattenkvantitet p g a den långa tappningstiden. Man kan också riskera igensättningar av strilmunstyckena som kan kräva servicebehov.

I äldre installationer med separata tappventiler för kallt och varmt vatten är det ej möjligt att behålla tvättstället vid blandarinstallation om detta saknar blandarhål. Man måste då byta hela tvättstället för ca 600 kr vartill kommer kostnaden för blandaren, ca 300 kr.

För diskbänkar finns konventionella tvågreppsblandare och ettgreppsblandare. De kostar ca 400 kr.

Kar- och duschblandare finns som konventionella tvågreppsblandare, ettgreppsblandare och som termostatblandare. Termostatblandare ger den bästa komforten och lägsta vatten- och energiförbrukningen. Genom sänkt temperatur på det distribuerade varmvattnet blir det dock lättare att ställa in önskad vattentemperatur även med icke termostatiska blandare varför t ex ettgreppskar/duschblandare kan vara ett bra alternativ till termostatblandare. Termostatblandare kostar ca 600 kr medan manuella blandare är ca 200 kr billigare.

Genom utbyte av otidsenliga blandare och tappventiler mot moderna blandare eller genom att förse befintliga blandare med flödesbegränsare och perlator är det vanligt att man uppnår vattenbesparing på 10-15 %. Härvid sparas ca 10 % av energibehovet för varmvatten. Vid installation av termostatblandare ökar besparingen med i storleksordningen fem procentenheter (Ann-Charlotte Andersson, 1980). Av särskilt intresse är att ettgreppsblandare ger högre spareffekt än installation av tvågreppsblandare. Den snabba inställning av flöde och temperatur som dessa medger har konstaterats ge vattenbesparingar på 15 % (FM Mattsson, 1982) vid installation i äldre tappvattensystem.

Flödesbegränsare som behandlats i avsnitt 4.6.3 är särskilt lämpliga för komplettering av äldre blandare. Moderna blandare som installeras kan också förse med sådana. Om blandarna är otidsenliga och om installationen kan medföra risk för läckage vid pipens infästning bör dock blandarna bytas.

Ettgreppsblandare brukar vara så utformade att manöverorganet kan spärras så att man ej kan tappa mer än ett maximalt flöde som man själv ställer in med hjälp av en skruvmejsel. Detta arrangemang avses ersätta flödesbegränsare men man får en begränsning som ej känner av distributionstryckets ändringar vilket ger variation i maximiflödet. Detta är dock av liten betydelse i sammanhanget.

4.9 Byt till småspolande vattenklosetter

Av den totala vattenvolymen som förbrukas i våra bostäder åtgår ca 25 % för spolning i WC, vilket motsvarar ca 0,5 m³/m² ly,år. Det är således en stor del av vattenförbrukningen som används för detta ändamål. Genom att minska spolvolymen kan således betydande vattenbesparing göras. Det kan vara möjligt att minska spolvolymen från 9 l i en del befintliga WC-stolar till ca 6 l utan att funktionen påtagligt försämras. Detta behandlas i avsnitt 4.4. Det finns nya vattenklosetter som är avsedda för den mindre spolvolymen.

Förutom vattenbesparing uppnås en energispareffekt tack vare mindre spolvolym eftersom vattnet i spolcisternen värms av rumsluften. Uppvärmning av 3 l vatten från t ex +10°C till +18°C tar ca 0,03 kWh från rumsluften. Om spolning sker 10 ggr per dygn, varav 6 spolningar med så kort tid emellan att uppvärmningen kan försummas, blir den årliga energiförlusten 44 kWh/år. Den årliga vattenåtgången minskar med ca 11 m³. I nuvarande kostnadsläge minskar driftkostnaderna med ca 77 kr/lgh om vattenklosetten har spolvolymen 6 l istället för 9 l.

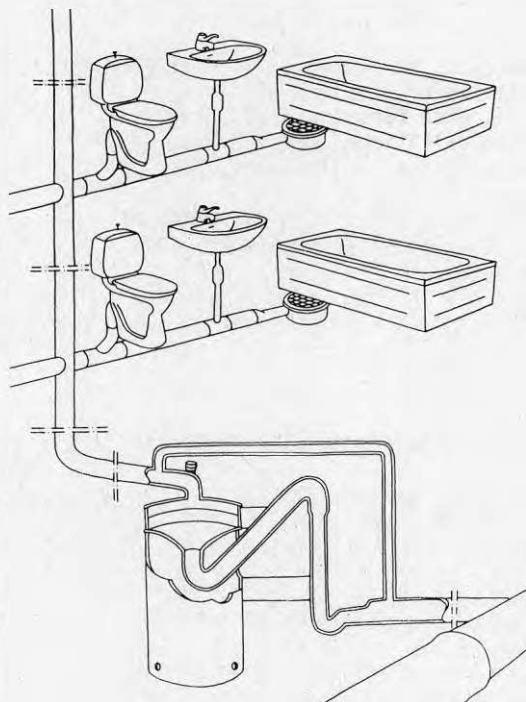
Beräkningarna avser en ganska låg total vattenförbrukning. Besparingarna kan bli betydligt större i fastigheter med normalt

hög vattenförbrukning.

Kostnaden för byte av vattenklosett uppgår till ca 1 200 kr.

4.10 Installera Gustavsbergs WSS-system

Enligt ovan har spolvolymen sänkts i nya vattenklosetter från 9 l till 6 l, vilket också är möjligt att göra i en del äldre modeller utan att funktionen påtagligt försämras. Ytterligare sänkning av spolvolymen är möjlig genom ändrad utformning av vattenklosetten. Ett problem är dock att borttransporten av fasta föroreningar genom horisontella huvudledning för spillvatten försämras. Om spolvolymen sänks till t ex 3 l finns stor risk för igensättningar. Gustavsberg har utvecklat ett nytt spillvattensystem WSS (Water-Saving-System) i vilket ingår klosetter med spolvolymen 3 l. Se figur 4.12.



Figur 4.12 WSS-systemet, Gustavsbergs.

Spillvattnet går vidare till en eller flera WSS-hävertar placerade i fastighetens källare. Här samlas avloppsvattnet upp i 20-litersdoser som spolas vidare genom hävertverkan. Det ger den spolkapacitet i markledningarna som behövs. Rören kan dessutom läggas med mindre lutning än normalt vilket medför lägre schaktkostnader.

Vatten- och energibesparingen jämfört med 6-liters vattenklosetter blir densamma som vid minskning av spolvolymen från 9 l till 6 l som enligt ovan är 11 m³ respektive 44 kWh per lägenhet och år i en fastighet med relativt låg vattenförbrukning.

En WSS-anläggning kan vara aktuell att installera då man skall byta ut befintligt spillvattensystem. Enligt fabrikanter är merinvesteringen ca 200 kr per lägenhet jämfört med ett konventionellt spillvattensystem. Dessutom tillkommer kostnader för WSS-hävertar å ca 1.000 kr/st. Antalet erforderliga hävertar bestäms av anläggningens utformning. En hävert kan betjäna 18-20 lägenheter.

4.11 Installera utrustning för värmeåtervinning

Som framgår av figur 2.1 bortförs den övervägande delen av varmvattenenergin till spillvattenservisen. Det finns således en stor energiåtervinningsmöjlighet i spillvattensystemen. Det varma spillvattnet har dock fördelar för den kommunala spillvattenhanteringen. Hög temperatur minskar risken för tjälskador på de markförlagda ledningarna, minskar fettavsättningarna på rörens insida samt påskyndar reningsprocessen i reningsverken.

Från fastighetsägarens synpunkt är det dock intressant att återvinna spillvattenvärme för t ex tappvarmvattenberedning. En förutsättning är att utrymme finns för installation av återvinningsutrustning i anslutning till huvudavloppsledningen. Det stora problemet är att få en driftsäker anläggning utan stort krav på skötsel med hänsyn till det starkt förorenade spillvattnet. Några färdigutvecklade standardutrustningar för värmeåtervinning ur spillvatten från bostäder finns ännu ej men utveckling pågår. För värmeåtervinning från bad- och duschvatten finns sedan länge lämpliga värmeväxlare.

4.12 Installera varmvattenmätare

Individuell mätning och debitering av kall- och varmvatten medför lägre förbrykning. Med hänsyn till kostnaden för mätare och dess installation, avläsning och debitering är mätning av tappkallvatten ej intressant. Däremot kan mätning av varmvattenförbrukningen medföra sådan besparing att den individuella debiteringen är fördelaktig. Den pågående "Värmemätningstuderingen" vid Bostadsdepartementet utreder dessa frågor närmare. Sannolikt måste varmvattenbesparingen uppgå till åtminstone 25-30% för att den individuella debiteringen skall vara lönsam. Man bör avvakta resultatet av denna utredning innan mätare installeras. (Arne Jönsson et al, 1982)

4.13 Lönsamhetsbedömning av sparåtgärder

I ett exempel belyses lönsamheten för energi- och vattenbesparande åtgärder i ett flerbostadshus.

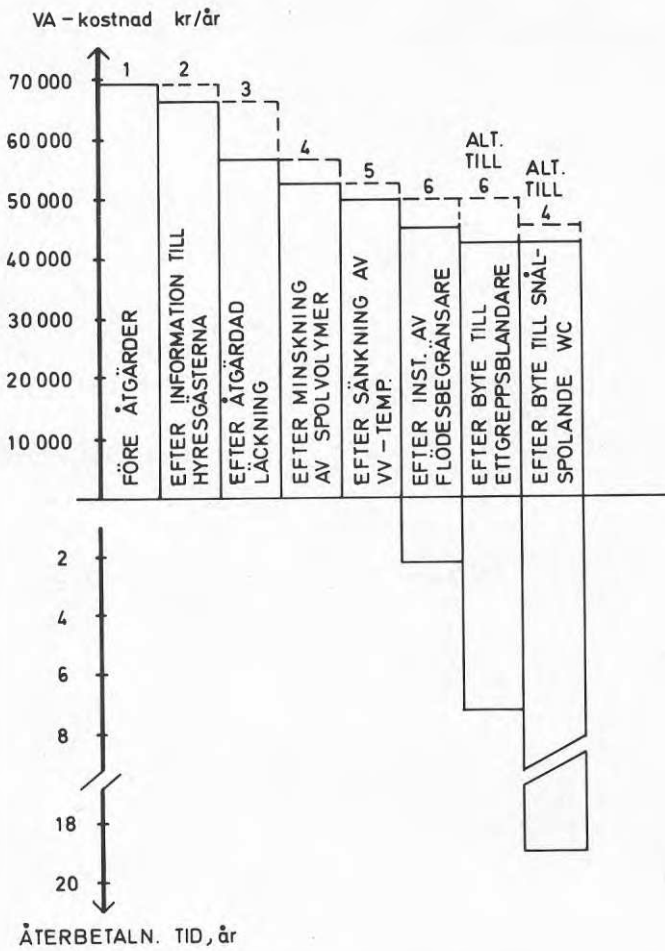
- Förutsättningar:
- Vattenpris 6 kr/m³
 - Energifpris 0,25 kr/kWh
 - Huset innehåller 2,50 lägenheter med lägenhetsytor på 45 m²
 - Vattenförbrukning 2,7 m³/m² ly,år
 - Energifbehov för varmvatten 60 kWh/m² ly,år
 - Vattenläckning 100 l/timme
 - Spolvolymen i vattenklosetterna kan minskas med 3 l
 - Varmvattentemperaturen kan sänkas 5°C
 - Flödesbegränsare kan installeras
 - Information till hyresgästerna resulterar i 5 % lägre årlig VA-kostnad

Resultat: Figur 4.13 visar hur VA-kostnaden minskar då åtgärder vidtas. Totala besparingen blir ca 27 000 kr/år då även omodern VA-utrustning bytts ut. Vattenförbrukningen har då minskat från 2,7 till 1,6 m³/m² ly,år. Aterbetalningstiden är ca 7 år för de nya blandarna och ca 19 år för de nya vattenklosetterna.

Om man behåller befintlig VA-utrustning och endast justerar och kompletterar kan man ändå spara ca 25 000 kr/år. Vattenförbrukningen minskar då från 2,7 till 1,7 m³/m² ly,år. Aterbetalningstiden för dessa åtgärder är mindre än tre år.

De största besparingarna i exemplet uppnås således genom åtgärder som ej kräver några investeringar.

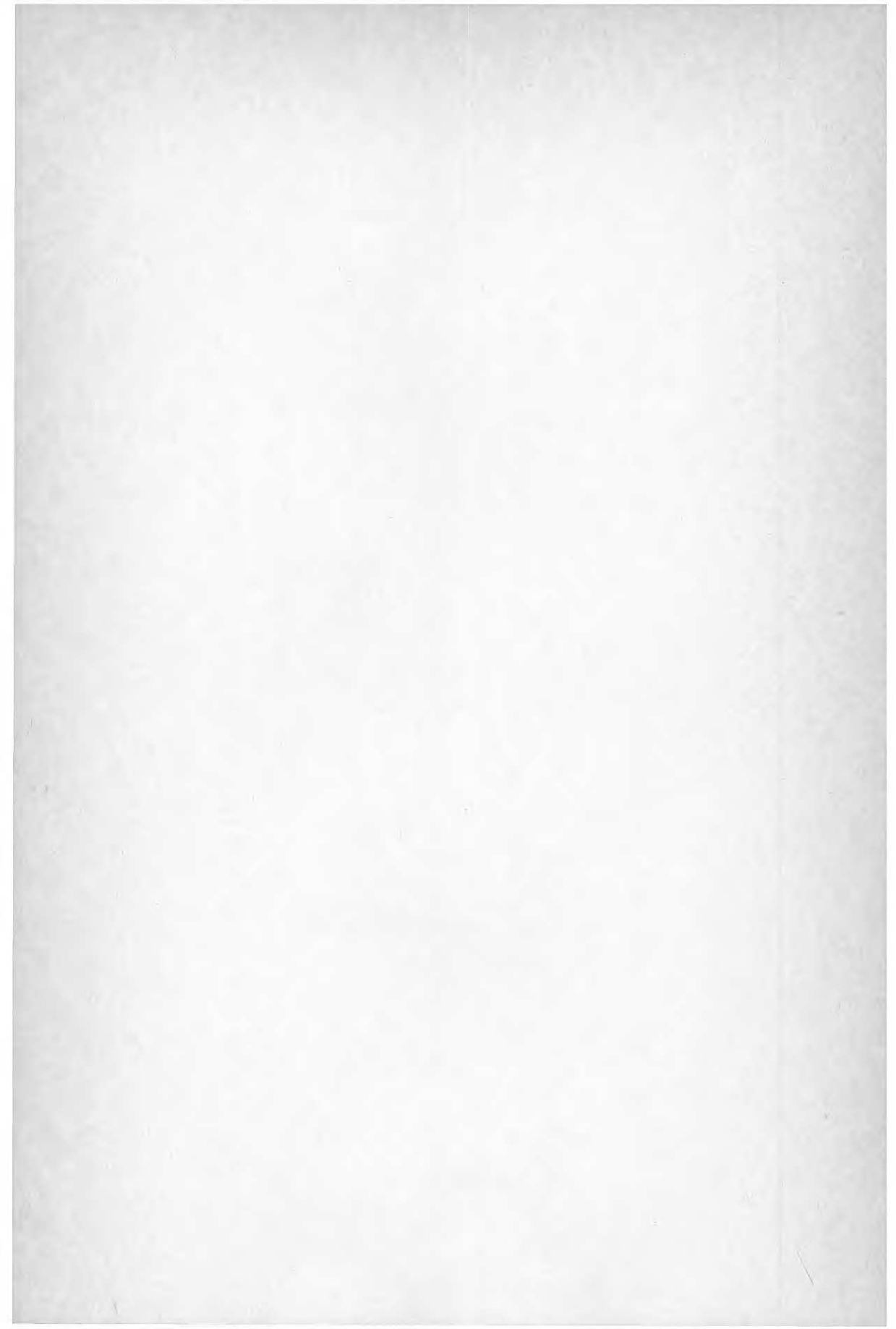
Byte till modern VA-utrustning kan motiveras av andra skäl än lägre driftkostnader såsom bättre komfort och framförallt lägre underhållskostnader. Ettgreppsblandare saknar exempelvis traditionella packningar vars byte kräver påtagliga underhållsinsatser.

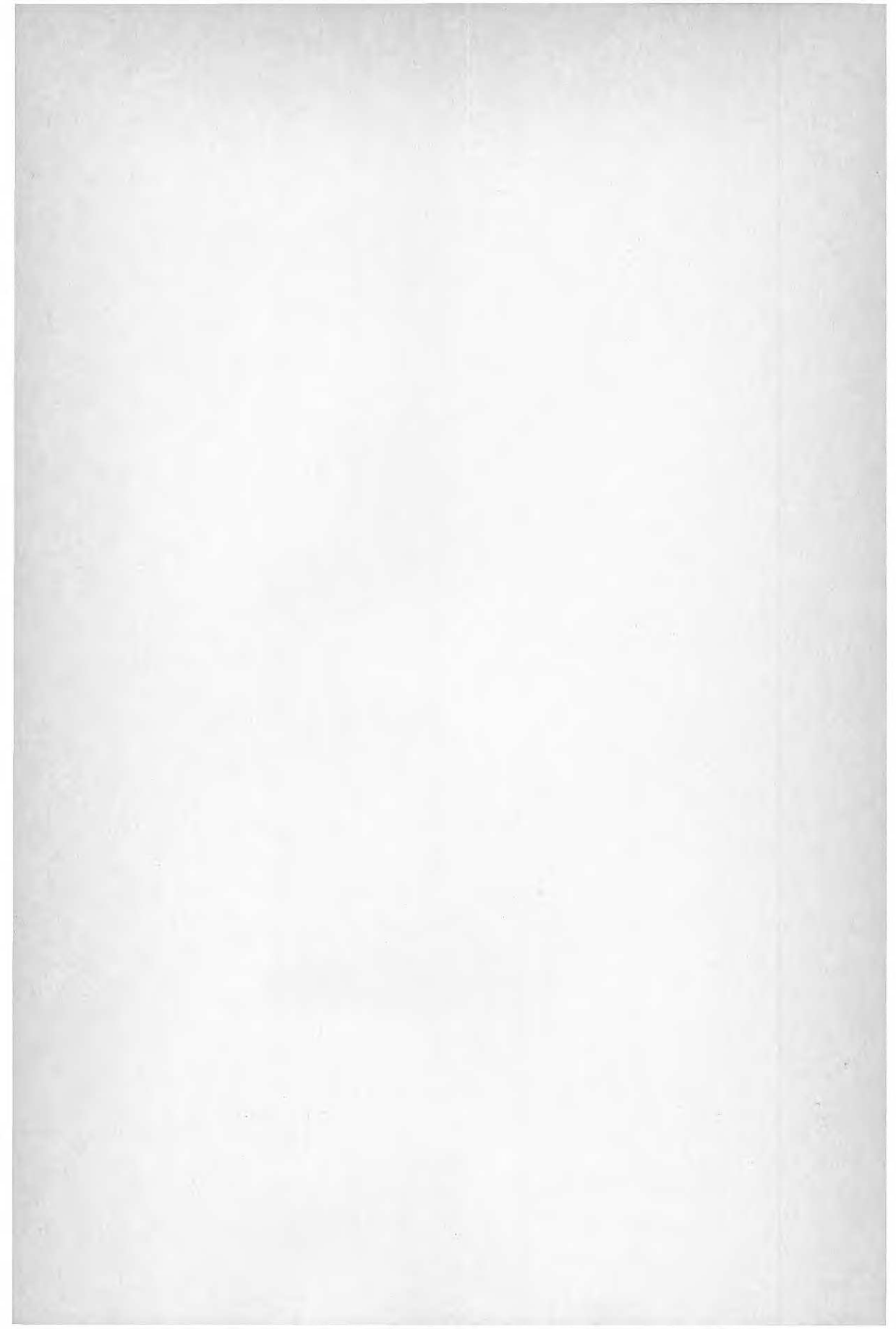


Figur 4.13 Exempel på besparingseffekt och återbetalningstid vid olika åtgärder

LITTERATUR

- Andersson A-C & Fjällström H, 1980
Energibesparande åtgärder i småhusbebyggelse från 1960-talet
(Statens Råd för Byggnadsforskning) Rapport R4:1980, 157 s.
Stockholm
- Berndtsson L, Granstrand L, Lindgren S, 1982
Energisnålt varmvatten i bostadshus (Statens Råd för Byggnadsforskning) Rapport T2:1982, 52 s. Stockholm
- Gerdt A, Hallstedt A, 1981
Vattenbesparande åtgärder i befintlig bebyggelse (Sektionen för väg- och vattenbyggnad, KTH) Examensarbete, 19 s.
Stockholm
- Holmberg S, 1981
Norrköpingsprojektet (Statens Institut för Byggnadsforskning)
Rapport M81:5, 52 s. Gävle
- Juvén K, Mattsson B, Sjöberg B, 1980
Pengar på drift (Statens Råd för Byggnadsforskning) Rapport T33:1980, 52 s. Stockholm
- Jönsson A, Lindgren S, 1982
Mätning av energiförbrukningen för tappvarmvatten i flerbostadshus (Statens Råd för Byggnadsforskning) Rapport R72:1982, 139 s. Stockholm
- Kan man spara utan att snåla? 1982
(FM Mattson AB), Broschyr 34 s. Stockholm
- Nu kan du spola alla gamla vattenkalkyler
(Gustavsberg), Broschyr 4 s. Stockholm
- Sagström R, 1980
Nya djärva energisparlösningar (Tidskriften VVS) nummer 1,
p 44-46, Stockholm
- Tjäna på att spara vatten, 1982
(Arbetsgruppen för vattenbesparing) Broschyr 15 s.
- VA-handbok, 1981
Svensk Byggtjänst, 240 s. Stockholm





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
820676-2 från Statens råd för byggnadsforskning
till Wahlings Installationsutveckling AB, Danderyd.**

R73: 1983

ISBN 91-540-3958-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700773

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 25 kr exkl moms