



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

R124:1985

Från vått till torrt

Avfuktningssaggregat i torkrum

András Kasza
Annika Winberg

K
AdA

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plad

su

Byggeforskningsrådet

R124:1985

FRÅN VATT TILL TORRT

Avfuktningssaggregat i torkrum

András Kasza
Annika Winberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 831488-5
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Göteborgs-
hem, Göteborg.

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

R124:1985

ISBN 91-540-4472-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985

INNEHÅLL

	FÖRORD	5
1	SAMMANFATTNING	6
2	INLEDNING	11
2.1	Bakgrund	11
2.2	Syfte	12
2.3	Arbetsmetod och avgränsningar	12
3	UNDERSÖKTA TVÄTTORKSYSTEM	13
3.1	Avfuktare	13
3.2	Aggregat med styrd frånluft	15
4	PLANERING, GENOMFÖRANDE OCH RESULTAT AV MÄTNINGAR	16
4.1	Val och uppläggning av mätprogram	16
4.2	Faktorer som påverkar torktid och torkresultat	17
4.2.1	Årstiden	17
4.2.2	Torkrummet	17
4.2.3	Tvättgodsets sammansättning	17
4.2.4	Tvättgodsets restfukthalt	18
4.2.5	Tvättgodsets upphängningssätt	18
4.2.6	Påblåsning och luftcirkulation	19
4.2.7	Ventilation	19
4.3	Insamlade mätdata	19
4.4	Utvärdering - Faktorernas inverkan på torktid och torkresultat	23
4.4.1	Årstidens inverkan	25
4.4.2	Torkrummets inverkan	28
4.4.3	Inverkan av tvättgodsets sammansättning	28
4.4.4	Inverkan av tvättgodsets restfukthalt (centrifugeringens inverkan)	30
4.4.5	Inverkan av tvättgodsets upphängningssätt	32
4.4.6	Inverkan av påblåsning och luftcir- kulation	33
4.4.7	Inverkan av ventilation	34
5	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	36
5.1	Tekniska aspekter	36
5.2	Ekonomiska aspekter	37
5.3	Sociala aspekter	40
5.4	Användarens krav på förbättring av dagens och utveckling av morgondagens tvättork- aggregat	41
6	REFERENSER	44
BILAGA 1	Tvättgodsets sammansättning	
BILAGA 2	Upphängning enligt "bästa" sätt	
BILAGA 3	Sammanställning över hur förutsätt- ningarna kombinerats	
BILAGA 4	Sammanställning över torktider	

FÖRORD

Denna rapport är en dokumentation över genomförande och resultat av jämförande tester beträffande nya, energisnåla tvätttorksystem och har utarbetats av K-Konsults Energiavdelning i Göteborg.

Arbetet har bedrivits på initiativ av och i nära samarbete med AB Göteborgshem i syfte att underlätta introduktionen av nya energieffektiva och ekonomiska torkmetoder. Dessutom har mätprogrammet genomförts i samarbete med Chalmers mätcentral.

I samband med en inventering av i marknaden förekommande avfuktningssaggregat har ett flertal fabrikanter bidragit med värdefull information av olika tekniska lösningar.

Vi vill tacka de personer, som har varit behjälpliga vid framtagande av denna rapport.

András Kasza
Annika Winberg

1 SAMMANFATTNING

En stor del av landets befintliga bestånd av flerbostadshus har i dag gemensamma tvättstugor. Torkningen av tvätten sker till största delen i torkrum utrustade med ett torkaggregat bestående av propellerfläkt och varmlufts batteri. Batteriet uppvärms med hetvatten eller i vissa fall med cirkulationstappvarmvatten. I sin nuvarande utformning är dessa torkrum stora energiförbrukare. För hela landet svarar hetvattenaeroterprarna (HV-torkarna) för en energiförbrukning av ca 1 TWh/år motsvarande en oljemängd av ca 150 000 m³/år räknat med en årsmedelverkningsgrad av ca 65 %.

Många fastighetsförvaltare i Sverige står således i dag inför kravet att åtgärda och energieffektivisera sina torkrum. Resultaten från denna undersökning bör därför vara av stort intresse för flertalet förvaltare av flerbostadshus.

Huvudsyftet med projektet har varit att välja "rätt" ersättningsssystem i stället för de gamla HV-torkarna.

Arbetet var upplagt som en mätserie, där två typer av nya tvätttorksystem har testats och sinsemellan jämförts, nämligen el-aerotemper med styrd frånluft och avfuktningssaggregat. Den sistnämnda typen fungerar enligt kondensationsprincipen med tillämpning av värmepump teknik.

Fyra fabrikat har valts ut för mätningar och jämförande tester. Dessa har fabrikatbenämningen Antifukt, Effitork, Hygrotork och Turbovent. Ett av de undersökta torksystemen är av typen styrd frånluft (Hygrotork) medan de övriga tre är av typen avfuktare.

Val av aggregattyp för testning har skett i samråd med AB Göteborgshem och BFR.

Genom att göra mätningar på torkrum dels före genomförda åtgärder och dels med de nya installationerna kunde energibesparingen och torkeffektiviteten kartläggas och sinsemellan jämföras.

Fyra mätserier utfördes under 1 år vid olika årstider. Under alla mätningar genomfördes proven med normerade och helt identiska tvättgod.

I samband med planering av mätningarnas uppläggning beslutades att, baserade på tidigare undersökningar samt egna erfarenheter, vissa faktorer och parametrar vilka på ett avgörande sätt har inverkan på den totala torkeffektiviteten och därmed även på testresultatet skulle specialstuderas. Dessa faktorer är:

- årstiden
- torkrummets beskaffenhet
- tvättgodsets sammansättning
- tvättgodsets restfukthalt
- tvättgodsets upphängningsätt

- påblåsning och luftcirkulation
- ventilation

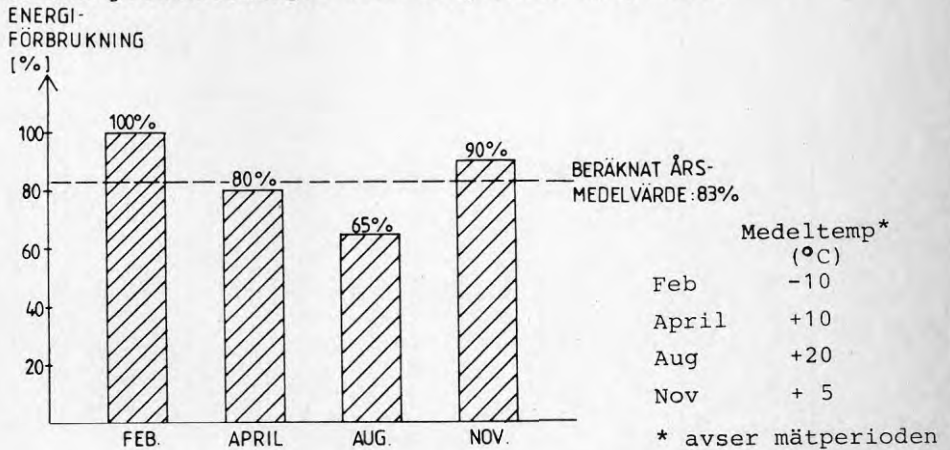
Dessa specialstuderade faktorer har varierats och kombinerats på ett sådant sätt att möjlighet skulle finnas att jämföra de olika aggregaten under liknande betingelser. På detta sätt kunde varje studerad faktors inverkan på bl a torktid och energiförbrukning utvärderas.

Faktorer vilka på ett avgörande sätt inverkar på tork-effektiviteten

Årstiden

Årstidens inverkan beror på årstidsvariationen av utetemperatur och fukthalt och innebär en ökad energiförbrukning under den kalla delen av året.

Figur 5.2 nedan är en sammanställning över mätvärden av energiförbrukningen från respektive mätperiod.



Figur 5.2 - Årstidens inverkan på energiförbrukning

Torkrummets inverkan

Storleken på torkrummet är av stor betydelse liksom var rummet är beläget inom fastigheten. Andra viktiga faktorer är om t ex väggar i torkrummet är isolerade, hur många väggar som är ytterväggar, om flera torkrum ligger bredvid varandra osv.

Tvättgodsets sammansättning

I denna mätserie har tvättgodset valts utifrån hur mycket och vad ett normalhushåll tvättar per vecka.

Torktiden varierar självfallet kraftigt med tvättgodsets beskaffenhet. Olika material fordrar olika torktider beroende på materialets "kompakthet" (m a o blir torktiden givetvis mycket längre för t ex ett par jeans än för en nylonskjorta).

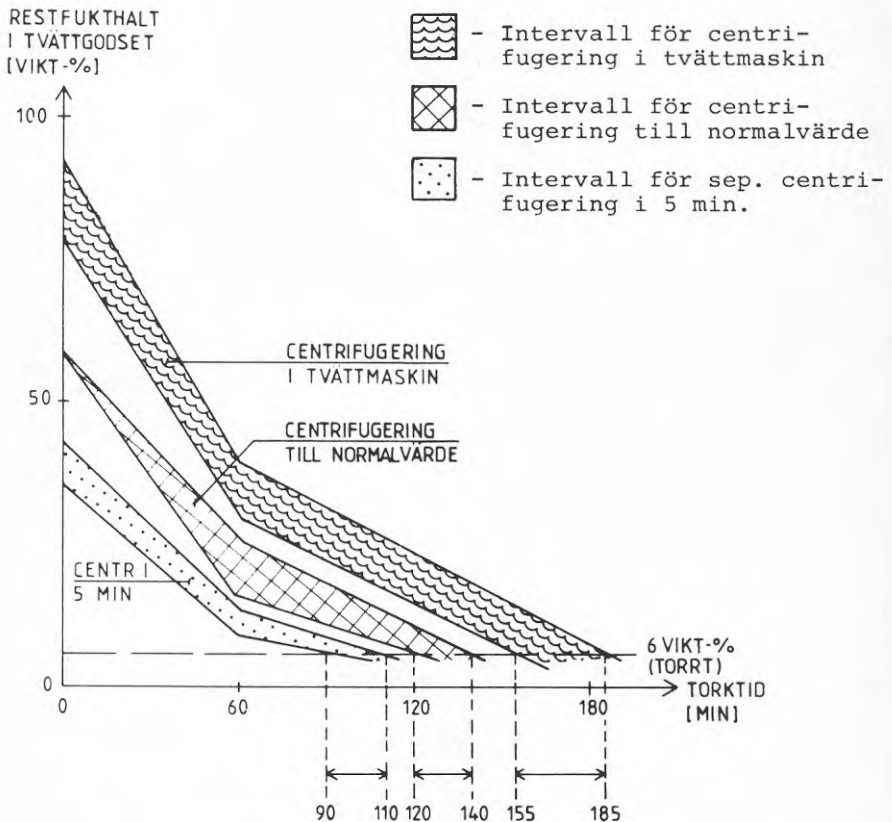
Inverkan av restfukthalt

Tvättens begynnelsefukthalt är naturligtvis av största betydelse för att tvättgodset skall torka under en acceptabel tid.

Mätningar har utförts med varierande restfukthalt i tvättgodset, nämligen:

- 35-40 vikt-% (separat centrifugering 5 min)
- 59 vikt-% (vägning till denna fukthalt)
- 85-95 vikt-% (centrifugering i tvättmaskin)

Med dessa restfukthalter fås torktider enligt figur nedan.



Figur 4.7 - Centrifugeringens inverkan på torktiden.

Förutsättning: upphängning på "bästa" sätt, se sid 9.
I figuren visas torktiden vid olika begynnelse-
restfukthalter. Torktiden efter centrifugering i tvättma-
skin är 155 -185 min. Efter centrifugering till en

restfukthalt av 59 vikt-% är torktiden 120 - 140 min, medan torktiden vid separat centrifugering i 5 min endast är 90 - 110 min.

Inverkan av tvättgodsets upphängningssätt

Upphängning av tvättgodset har skett på två olika sätt, nämligen:

- Tvätten hängs in i torkrummet efter ett speciellt schema och över en lina, vilket gör att tvätten får torka under liknande omständigheter vid varje torktillfälle.
- Tvätten hängs in på det, av leverantören uppgivna "bästa" sättet, alltså över 2 linor och på ett sådant sätt att kläderna torkar så snabbt som möjligt.

Tabell 4.3 - Torktid som funktion av upphängning. Tidsintervallen avser olika aggregat.

Upphängning	Torktid (min)
Schema	140 - 175
"Bästa" sätt	120 - 140

Inverkan av påblåsning och luftcirkulation

För att tvätten skall torka inom rimlig tid (2-3 tim) måste påblåsning och luftcirkulation vara så turbulent som möjligt.

Detta kriterium kan vid de flesta fabrikat uppnås genom användning av separata cirkulationsfläktar.

Vid mätningar utförda med olika placering av extra fläktar i torkrummet har man ej kunnat påvisa någon nämnvärd skillnad i torktid.

Om fläktarna helt tas bort får man däremot en förlängning av torktiden med ca 40 minuter, och därmed en ökad energiförbrukning.

Inverkan av ventilation

Mätningarnas resultat visar att en normenlig minimiventilation i torkrummet inte har någon påvisbar inverkan på torktiden. Minimikravet är 0,35 l/s, m² och motsvarar ca 0,5 luftomsättningar per timme.

EKONOMISK UTVÄRDERING

Energibesparingen vid installation av avfuktare eller ett aggregat med styrd frånluft varierar kraftigt beroende på hur rationellt hyresgästerna använder tvätt- och torkstugan.

I sammanställningen har en jämförelse utförts mellan de fyra ersättningsystemen och med HV-aerotempn som referensobjekt.

Utifrån mätningarna, som är utförda årstidsvis, kan ett medelvärde bestämmas, se figur 5.2, samt därefter ett årsmedelvärde av energiförbrukningen beräknas. Detta årsmedelvärde har använts vid beräkning av årsenergiförbrukningen vid samtliga undersökta aggregat.

Investeringskostnaden har inhämtats från respektive leverantör samt kontrollerats med anbudspriser i samband med upphandling av torkrumsaggregat, som utförts av AB Göteborgshem. Kostnadsnivån avser mars månad 1985. Kalkylen har utförts med annuitetsmetoden och har beräknats med en avskrivningstid av 10 år och en realränta av 5 %. Torkrummet har en utnyttjningstid av 1 750 timmar per år (750 torkomgångar/år). Utöver energiförbrukningen vid drift av HV-torcken tillkommer en stilleståndsförlust av 7 010 kWh per år. Energipriset har för båda energislag antagits till 0:30 kr/kWh. Servicekostnaden avser de faktiska underhålls- och servicekostnader, som AB Göteborgshem har haft för respektive torksystem. Kalkylen har utförts med förutsättningarna begynnelsefukthalt 59 vikt-% och upphängning på "bästa" sätt.

Tabell 5.1 - Sammanställning av kostnader per torkrum

	HV-tork	Antifukt	Effitork	Turbovent	Hygrotork
Energiförbr (kWh/år)	37 100	4 900	3 600	4 100	7 000
Investering (kr/år)	--	15 000	16 000	18 000	12 000
Kapitalkostn (kr/år)	--	1 943	2 072	2 331	1 554
Energikostn (kr/år)	11 130	1 470	1 080	1 230	2 100
Servicekostn (kr/år)	50	300	300	300	50
Totalkostn (kr/år)	11 180	3 713	3 452	3 861	3 704

2 INLEDNING

2.1 Bakgrund

En stor del av landets befintliga bestånd av flerbostadshus har i dag gemensamma tvättstugor. Torkningen av tvätten sker till största delen i torkrum utrustade med ett torkaggregat bestående av propellerfläkt och varmlufts batteri. Batteriet uppvärms med hetvatten eller i vissa fall med cirkulationstappvarmvatten. I sin nuvarande utformning är dessa torkrum stora energiförbrukare. För hela landet motsvarar driften av hetvattenaeroterprar (HV-torkar) en energiförbrukning av ca 1 TWh/år motsvarande en oljemängd av ca 150 000 m³/år räknat med en årsverkningsgrad av ca 65 %.

Värmeförlusterna i ett värmedistributionsnät är direkt proportionella med systemets temperaturnivå. Med hänsyn till kravet på god energihushållning har man således för avsikt att sänka temperaturnivån i värmedistributionsnäten. Hetvattenaggregat i torkrum kräver höga temperaturer och är således begränsande vid dessa avsikter. Att bygga om tvätttorkrum till energisnålare system innebär således en energisparmöjlighet i dubbel bemärkelse. Det är därför fler och fler fastighetsförvaltare som har börjat uppmärksamma ovanstående faktum och står för närvarande inför det viktiga beslutet att utbyta äldre energislukande tvätttorkar mot nya energisnåla enheter. Att härvid välja "rätt" torkutrustning framstår således som ett mycket viktigt mål för landets fastighetsförvaltare.

AB Göteborgshem, som är ett av landets största allmännyttiga bostadsföretag, har i ett bostadsområde på Hisingen i Göteborg byggt om 38 st torkrum. I syfte att kunna välja "rätt" torkutrustning har därför en omfattande marknadsundersökning genomförts. Fyra typer av energisnåla torksystem har därvid installerats och introducerats. De fyra ersättningssystemen, som har valts, har fabrikatbeteckningen Effitork, Antifukt, Hygrotork och Turbovent. Ett av de undersökta torksystemen är av typen styrd frånluft (Hygrotork) medan de övriga tre är av typen avfuktare.

Projektet avser att mäta och studera torkrummen före ombyggnad och de fyra olika systemen efter ombyggnad samt analysera vilket aggregat som har den bästa tork-effektiviteten och driftekonomin.

Mätningarna har skett i två identiska torkrum belägna bredvid varandra i samma tvättstuga. Detta har således varit ett utsökt tillfälle att kunna göra jämförande utvärderingar av de fyra systemen samt jämföra resultatet med det tidigare hetvattensystemet.

2.2 Syfte

Med denna rapport som underlag får såväl AB Göteborgshem som övriga fastighetsförvaltare dels ett väl underbyggt beslutsunderlag för val av framtida torksystem för en snabb introduktion i andra bostadsområden och dels en ingående kartläggning av den möjliga energisparpotentialen.

Med tanke på den stora andel av den totala värmeförbrukningen i befintliga bostäder som torkrummen står för (ca 5 - 10 %), även om den ofta förbises, är det mycket viktigt att introduktionen av nya torkmetoder underlättas.

Många fastighetsförvaltare i Sverige står i dag inför kravet att åtgärda sina torkrum och resultaten från denna undersökning bör därför vara av stort intresse för flertalet förvaltare av flerbostadshus.

2.3 Arbetsmetod och avgränsningar

Arbetet var upplagt som en mätserie.

Genom att göra mätningar på torkrum dels före genomförda åtgärder och dels med de nya installationerna kan energibesparingen och torkeffektiviteten kartläggas och sinsemellan jämföras.

Mätningarna utfördes under en period av ett år. Val av periodens längd har möjliggjort att resultat vid olika årstider, utetemperaturer samt relativ luftfuktighet har kunnat vägas in i det totala resultatet. Fyra mätserier utfördes under ett år. Dessutom tillkom en mätperiod på en vecka för mätning av det befintliga hetvattenssystemet. Under alla mätningarna utfördes proven med normerade och i samtliga fall med helt identiskt tvättgods.

3 UNDERSÖKTA TVÄTTORCKSYSTEM

I denna rapport har endast två typer av nya tvättorksystem testats och sinsemellan jämförts, nämligen el-aerotemper med styrd frånluft och avfuktningssaggregat vilka fungerar enligt kondensationsprincipen med tillämpning av värmepumpsteknik.

Avfuktning i torkrum är en ny tekniktillämpning i torksammanhang och det innebär en snabbt expanderande marknad för torkrumsavfuktare. Det har därför funnits anledning att studera några olika fabrikat av avfuktningssaggregat för att kunna jämföra dessa aggregats olikheter och därmed få en inblick i vilka faktorer som bör beaktas med syfte på en fördelaktig torkekonomi. I dag finns åtminstone ett 15-tal olika fabrikat på marknaden. Dessa säljs under olika märkesnamn och av en mängd olika leverantörer. Inom ramen för detta projekt har i samråd med AB Göteborgshem samt BFR tre olika fabrikat valts ut för mer ingående studier, nämligen Antifukt, Effitork och Turbovent.

Aggregat med systemet styrd frånluft har däremot ansetts som en redan tidigare beprövad mer konventionell torkteknik. I det testade systemet har en styrning av värme och ventilation tillkommit till den redan tidigare kända el-aerotempern. Endast ett aggregat av denna typ har därför ansetts vara tillräckligt för närmare studier.

3.1 Avfuktare

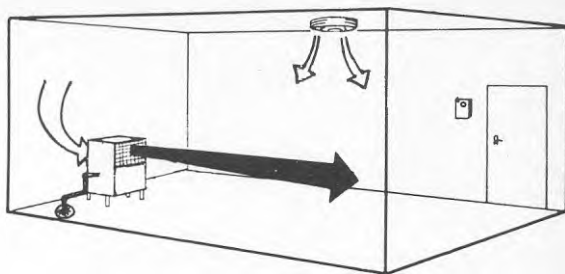
Funktionen hos alla torkrumsavfuktare är i princip densamma och är baserad på tillämpning av värmepumpsteknik.

Det våta tvättgodset i torkrummet höjer luftfuktigheten. Den fuktiga luften sugas in via ett filter genom förångaren där värmets från luften överförs till ett köldmedium. I samband med att luften avkyls kondenseras en del av dess fuktinnehåll och vattnet avleds till fastighetens avloppssystem via en kondensvattenavledare. I kondensorn uppvärms den avfuktade luften och blåses in med hjälp av en fläkt i torkrummet. Processen upprepas och upprätthålls så länge aggregatet är i drift. Arbetstemperaturen i torkrummet är vanligen ca 30°C.

I fråga om utförande och detaljlösningar kan dock olika fabrikat för avfuktare uppvisa betydande avvikelser från varandra (se figur 3.1 - 3.3).

Antifukt

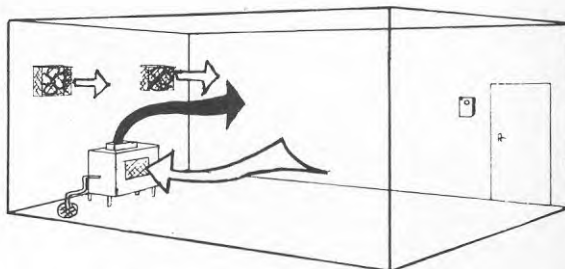
Effekt 6,0 kW
 Köldmedium R22
 Flätkap 1 500 m³/h



Figur 3.1 - Utförande och inst av avfuktningssaggregat - Antifukt

Effitork

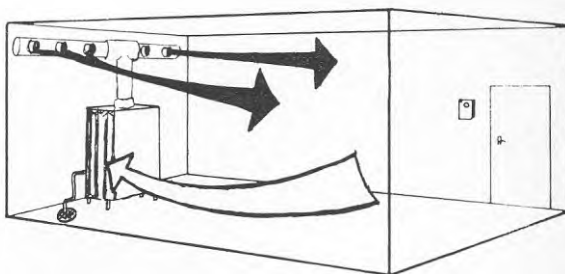
Effekt 4,7 kW
 Köldmedium R22
 Flätkap 1 500 m³/h



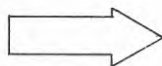
Figur 3.2 - Utförande och inst av avfuktningssaggregat - Effitork

Turbovent

Effekt 2,9 kW
 Köldmedium R12
 Flätkap 1 400 m³/h



Figur 3.3 - Utförande och inst av avfuktningssaggregat - Turbovent



fuktig rumsluft

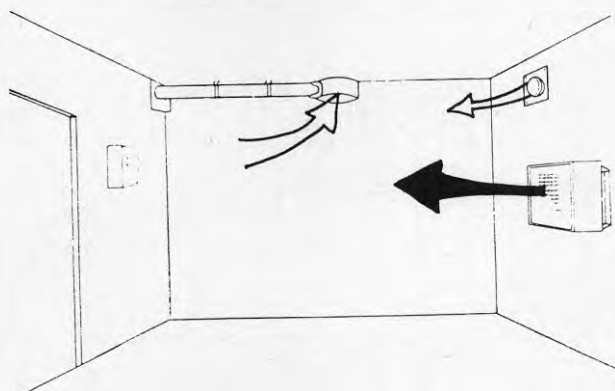


uppvärmd torr rumsluft

3.2 Aggregat med styrd frånluft

Även vid denna metod sker torkning vid en temperatur strax över rumstemperatur (ca 30°C). Den inställda temperaturen hålls konstant med hjälp av en termostat. Denna är kopplad till elvärmebatteriet, som värmer luften. Systemet har också en funktion som säkerställer att uppvärmd luft inte går förlorad outnyttjad. Detta åstadkommes m h a en hygrostat, som kontinuerligt mäter luftfuktigheten i torkrummet. Hygrostaten är på elektrisk väg kopplad till en frånluftsfläkt. Frånluftsfläkten suger endast ut luft från rummet, då hygrostaten registrerar att ett visst inställt värde på max relativ luftfuktighet har uppnåtts. Normalvärde på max relativ luftfuktighet anses vara ca 50 %. Systemet har också en timer, som ställs in på en normal torktid. Denna tid uppgår till ca 2 timmar och bestäms under intrimningen av systemet.

Mer information beträffande utförandet av detta system framgår av figur 3.4.



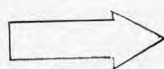
Hygotork

Effekt 5,4 kW

Fläktkap 1 750 m³/h
(värmefläkt)

Fläktkap 600 3/h
(frånluftsfläkt)

Figur 3.4 - Utförande av systemet styrd frånluft
Hygotork



fuktig rumsluft



uppvärmd torr rumsluft

4 PLANERING, GENOMFÖRANDE OCH RESULTAT AV MÄTNINGARNA

4.1 Val och uppläggning av mätprogram

Uppläggningsen av mätningarna har utöver det som presenterats under kap 2.3 skett enligt följande:

I de aktuella torkrummen installerades utrustning för mätning av total energiförbrukning från fläktar, värmebatterier, kompressorer och övriga energiförbrukande anläggningskomponenter.

Dessutom mättes i sammanhanget viktiga parametrar såsom uteluftens (tilluftens) temperatur och relativa fuktighet, torkrummets relativa fuktighet liksom temperaturer i olika punkter inom torkrummet. Som mått på torkresultatet användes tvättgodsets restfuktighet.

Delresultat, som mer ingående studerades under mätningarna var i första hand energiförbrukningen och torkeffektiviteten, dvs tiden för torkprocessen tills önskad restfuktighet har uppnåtts i tvättgodset. På efterföljande sidor följer förutsättningarna för mätningarna.

Förutsättningarna har valts, varierats och kombinerats på ett sådant sätt att möjlighet skulle finnas att jämföra de olika aggregaten under liknande betingelser. Åtta olika varianter på torkomgångar har i samband härmed studerats närmare. Varje torkomgång har då sin speciella kombination av förutsättningar. Dessa varianter finns sammanställda i bilaga 3. Där finns även uppgifter om vilka fabrikat, som varje variant har tillämpats på.

För nedanstående förutsättningar har mätning endast utförts på ett av aggregaten (av slumpmässigt valt fabrikat), då man antagit att alla aggregat av olika fabrikat uppför sig på ett likartat sätt. Dessa förutsättningar är:

- inverkan av ventilation
- inverkan av fläktplacering
- inverkan av en lägre temperatur i torkrummet

4.2 Faktorer som påverkar torktid och torkresultat

Vid planeringen av mätningarna har genom tidigare undersökningar och genom egna erfarenheter vissa faktorer kommit att framstå som mer betydelsefulla för energiförbrukning och torktid. Dessa faktorer presenteras och studeras närmare i detta kapitel 4.2 och dess inverkan på torkeffektiviteten redovisas i kapitel 4.4.

4.2.1 Årstiden

Genom att lägga mätperioderna utspridda över året kan utetemperaturens och den relativa luftfuktighetens inverkan på energiförbrukning och torkeffektivitet studeras för de två systemen. Om ett samband mellan årstid och energiförbrukning/torkeffektivitet kan påvisas och verifieras är det av stor vikt att jämförelser mellan olika fabrikat sker med mätningar utförda under liknande omständigheter, alltså med samma temperatur och relativ luftfuktighet.

4.2.2 Torkrummet

Mätningarna utfördes i två identiskt lika torkrum i en av Göteborgshems tvättstugor, belägna på Stackmolnsgatan 13, Hisingen i Göteborg. Torkrummens storlek är 1,80 x 5,40 x 2,50 (bredd x längd x höjd). Rummen är belägna i källarplanet och saknar fönster.

Beträffande genomförda ventilationsåtgärder, se kap 4.2.7 och 4.4.7.

4.2.3 Tvättgodsets sammansättning

Förslag till tvättgodsets sammansättning har hämtats ur underlag från tvättmaskintillverkaren Electrolux Wascator AB, se bilaga 1.

Tvättgodset, som används genomgående i torkförsöken har en sammansättning motsvarande en s k normaltvätt. Begreppet normaltvätt innebär en veckotvätt för ett genomsnittshushåll i Sverige. Denna innehåller följande andelar torrt material:

Bomull	5,61 kg
Frotté	1,01 "
Polyester	<u>3,20 "</u>
Summa	9,82 kg

4.2.4 Tvättgodsets restfukthalt

Restfukthalten (mäts i vikt-% fukt av torr tvätt) skall efter tvättning och centrifugering (enligt normalt tvätt*) vara:

Bomull	66 vikt-%
Frotté	88 vikt-%
Polyester	37 vikt-%

* Källa: Electrolux Wascator AB

vilket innebär en medelfukthalt i tvättgodset av 59 vikt-%, m h t tvättgodsets sammansättning.

Tvätten "vägs" till denna fukthalt, vilket innebär en vikt av:

Bomull	9,32 kg
Frotté	1,90 kg
Polyester	4,39 kg

Tvättgodset definieras som torrt då restfukthalten är 6 vikt-% (max).

För att kunna avgöra hur stor inverkan centrifugeringen har på torktiden har mätningar utförts med varierande begynnelse restfukthalt i tvättgodset, nämligen med

- Restfukthalt enligt normalt tvätt. Separat centrifugering i ca 30 sek (1 600 varv/min) (59 vikt-%)
- Restfukthalt efter separat centrifugering i 5 min (1 600 varv/min) (ca 35 - 40 vikt-%)
- Restfukthalt efter centrifugering i tvättmaskin (400 varv/min) (ca 85 - 95 vikt-%)

4.2.5 Tvättgodsets upphängningsätt

Upphängning av tvättgodset har skett på två olika sätt, nämligen:

- Tvätten hängs in i torkrummet efter ett speciellt schema och över en lina, vilket gör att tvätten får torka under liknande omständigheter vid varje torktillfälle.
- Tvätten hängs in på det, av leverantören uppgivna, "bästa" sättet, vilket gör att kläderna torkar snabbare, se bilaga 2. Observera att upphängningen är olika för de olika fabrikaten, då fabrikanternas rekommendationer beror på den tekniska utformningen.

Genom variation mellan dessa två upphängningssätt kan respektive torkaggregats känslighet för upphängningen studeras.

4.2.6 Påblåsning och luftcirkulation

I syfte att kunna kartlägga luftcirkulationen mättes under torkomgången lufthastigheten i 27 olika punkter i torkrummet. Luftföringen genom avfuktningssystemet sker på olika sätt hos de studerade fabrikaten, se figur 3.1 - 3.3. Två olika huvudprinciper för inblåsning och luftföring kan urskiljas, nämligen

- Ett av aggregaten utnyttjar principen att varm luft stiger vilket resulterade i en konstruktion med utblåsning i nedre framkant och insugning bak eller på en kortsida (Antifukt).
- De övriga aggregaten utnyttjar principen att fuktig luft sjunker, vilket medför att luften blåses ut så högt upp som möjligt och suges in i nederkant (Effitork, Turbovent).

4.2.7 Ventilation

Med tanke på avfuktarnas funktionsprincip borde egentligen torkrummets ventilation avstängas helt då det med ventilationsluften tillförs antingen kallare luft eller ytterligare fukt vilket försämrar torkeffektiviteten och förlänger torktiden.

Enligt föreskrifterna i Svensk Byggnorm finns emellertid även för torkrum krav på en viss minimiventilation, vilket uppgår till en minimiluftmängd av 0,35 l/s, m².

Av denna anledning har således vissa mätningar utförts med en minimiventilation i torkrummet av 0,35 l/s, m².

4.3 Insamlade mätdata

Tvätten torkas under en torkomgång, vilket innebär 2 timmar och 10 minuter. Denna tid valdes då HV-torkens timer var förinställd på detta värde. Därefter vägdes tvätten igen och restfukthalten registrerades.

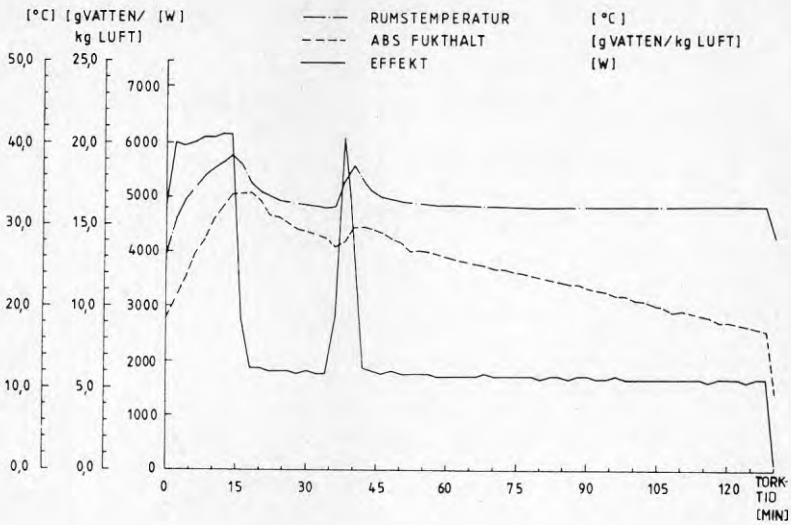
Under torkomgången har en mängd parametrar mätts i 2 minuters intervall och lagrats i en mät dator, vilket har skett i samarbete med Chalmers mätcentral. Inom parentes anges typen av aggregat som respektive parameter avser. Parametrarna är:

- vattentemperatur till hetvattenaggregat (°C)
(HV-aggregat)
- vattentemperatur från hetvattenaggregat (°C)
(HV-aggregat)
- torkkrummets lufttemperatur (°C)
(samtliga)
- temperatur tilluft (°C)
(HV-aggregat, Hygrotork)
- temperatur frånluft (°C)
(HV-aggregat, Hygrotork)
- torkkrummets relativa luftfuktighet (% RF)
(samtliga)
- relativ fukthalt tilluft (% RF)
(HV-aggregat, Hygrotork)
- relativ fukthalt frånluft (% RF)
(HV-aggregat, Hygrotork)
- vattenflöde till HV-aggregat (l/min)
(HV-aggregat)
- frånluftflöde (m³/h)
(Hygrotork)
- energiförbrukning aggregat (Wh)
(HV-aggregat, alla avfuktare)
- energiförbrukning el-fläkt (Wh)
(HV-aggregat, Hygrotork)
- energiförbrukning elvärmebatteri (Wh)
(Hygrotork, samtliga avfuktare)
- energiförbrukning frånluftfläkt (Wh)
(Hygrotork)

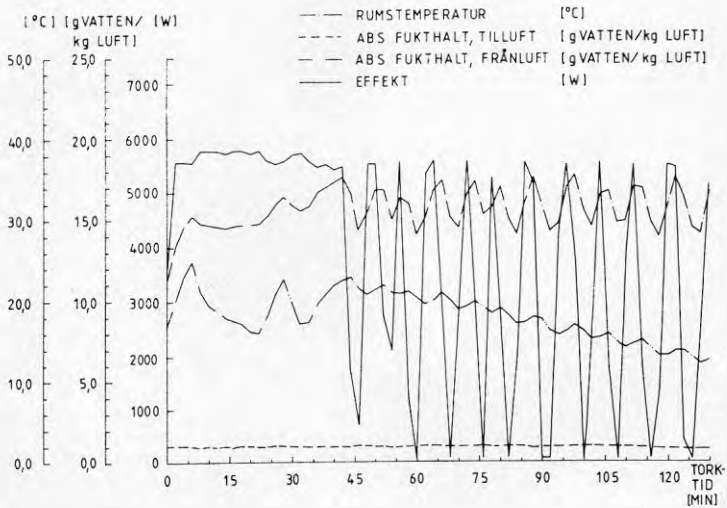
Dessa parametrar lagras i mät datorn och genom vissa datorberäkningar fås följande diagram från datorn över torkförloppet för ett avfuktningssystem och för ett aggregat med styrd frånluft, se sida 21. Parametrar, som studerats, är energiförbrukning, temperatur i rummet och den absoluta luftfuktigheten vid luftintaget till aggregat. Den stora effektvariationen vid avfuktning beror på att ett värmebatteri kopplas på och av via en termostat. Den låga effektnivån motsvarar kompressorns effekt och den höga då både kompressor och elvärmebatteri är inkopplat.

Vid systemet styrd frånluft styrs torkförloppet även av en hygrostat, vilken är kopplad till en frånluftsfälkt. Den övre effektnivån motsvarar drift av elvärmebatteri, fläkt i aggregat och frånluftsfälkt och den nedre nivån enbart drift av fläkten i aggregatet.

Avfuktningssystem



Systemet styrd frånluft



Figur 4.1 - Torkförloppet för ett avfuktningssystem och ett system med styrd frånluft båda uppritade av mätdata

Dessutom mättes manuellt:

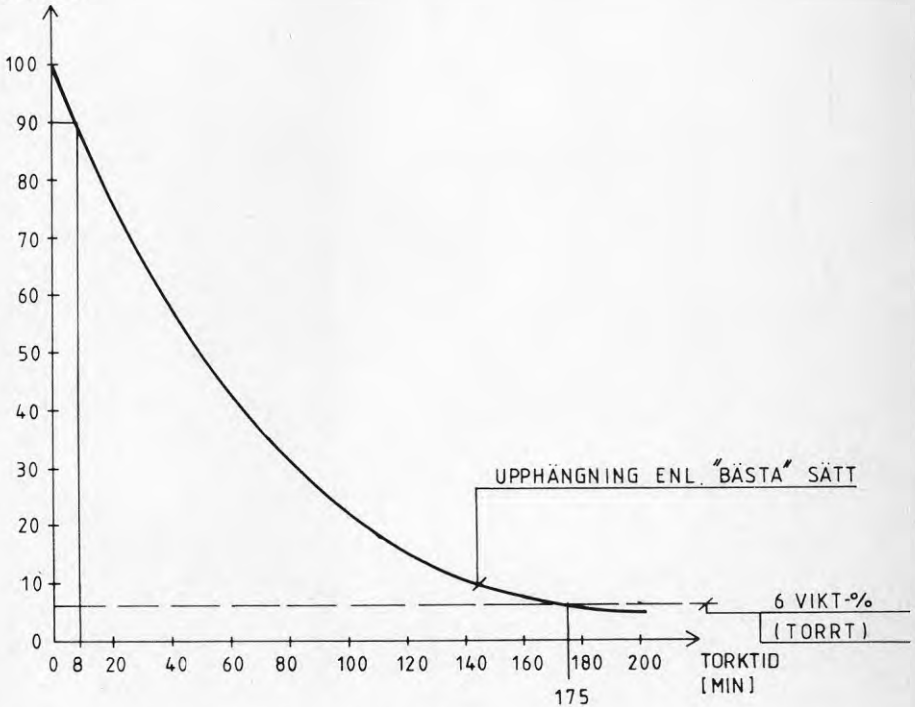
- restfukthalten i kläderna före, efter 60 minuter och efter en torkomgång 130 minuter (vikt-%)
- uteluftens temperatur (°C)
- uteluftens relativa fuktighet (% RF)
- starttid och stopptid för torkperiod (tid)
- luftflöde vid insugning, utblåsning (m³/h)
- lufthastighet (m/s)
- luftens cirkulation i rummet (rökprov)
- kondenserad vattenmängd (ml)

Genom mätning av restfukthalten vid 3 olika tillfällen under torkomgången kan en "kurva", som visar restfukthalten i tvättgodset i förhållande till torktiden konstrueras. Mer information om detta, se kap 4.4.

4.4 Utvärdering - Faktorernas inverkan på torktid och torkresultat

En sammanställning av alla torkomgångar utförda med förutsättningen upphängning enligt "bästa" sätt resulterar i följande approximerade kurva, som visar torkprocessens karaktär. Torkprocessen är således en avtagande funktion, som kan liknas vid funktionen e^{-x} .

RESTFUKTHALT
I TVÄTTGODSET
[VIKT-%]



Figur 4.2 - Torktiden i förhållande till restfukthalten i tvättgodset

Kurvan gäller för alla begynnelsefukthalter och visar att restfukthalten sjunker snabbare i början av torkprocessen och avtar mot slutet. Detta beror på att vätsketransporten i tvättgodset sker på grund av fukt-kvotskillnader och denna skillnad minskar ju torrare kläderna blir.

Fukten i tvätten uppträder som fritt vatten och bundet vatten. Det fria vattnet transporteras med hjälp av kapillära krafter relativt snabbt ut till ytan av plagget och avdunstar. När det fria vattnet i tråden har avdunstat återstår bara den ånga som är bunden i själva tråden. Ångtransporten ut till ytan sker mellan fibrerna och när ångan väl nått ut till hålrummen mellan trådarna kommer den att bortföras av den anblåsande luftströmmen.

Med denna teori kan man även förklara varför torktiden är längre vid upphängning enligt schema. Den tid under torkomgången då de kapillära krafterna verkar är luften i torkrummet så mättad av fukt oberoende av hur tvättgodset är upphängt. Däremot när ångtransporten börjar är det av stor vikt att den anblåsande luften kommer åt plaggen på så stor yta som möjligt. Genom att hänga tvättgodset över endast en lina minskar ytan, vilket innebär att ångan måste transporteras en längre väg. Kurvan blir således flackare ju mindre andel av tvättgodsets totala yta som kommer i kontakt med den anblåsande torra luften.

Exempel: Upphängningen sker på "bästa" sätt. Antag att begynnelsefukthalten är 90 vikt-% då sätter vi 0-punkten vid ca 8 minuter. Vi undrar nu hur lång tid det tar innan tvätten är torr eller uppnått en restfukthalt av 6 vikt-%.

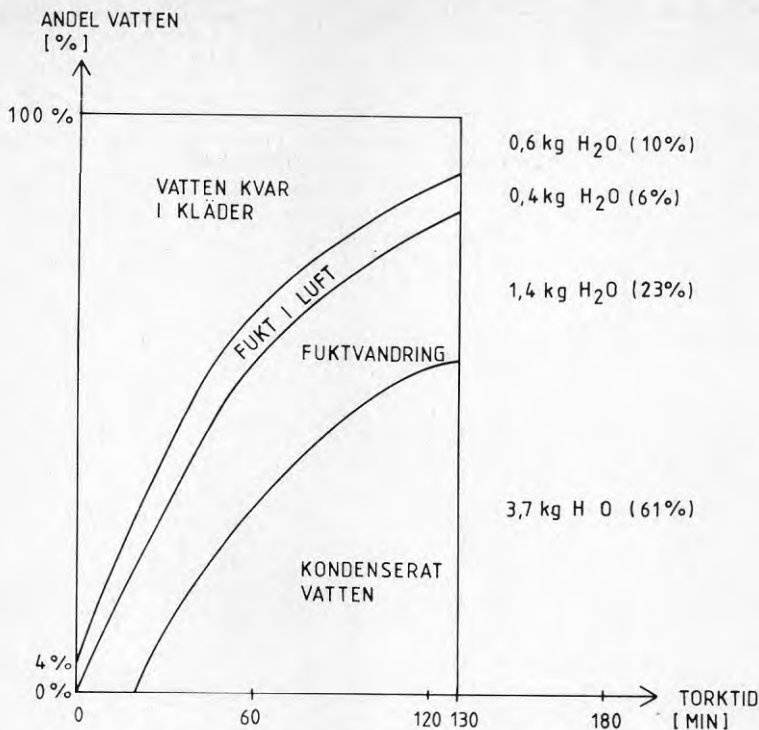
Vid 6 vikt-% kan utläsas 175 minuter. Torktiden är $175 - 8 = 167$ minuter.

Efter en torkomgång har fukten försvunnit från kläderna genom att den tagits upp av rumsluften och där efter kondenserats i avfuktaren

Fukten kan finnas i olika "skepnader" under en torkomgång, nämligen:

- som kondenserat vatten
- i tvättgodset
- i luften genom en ökad luftfuktighet
- andel som försvunnit genom ofrivillig ventilation och fuktvandring

I figur 4.3 har vi försökt illustrera andelen vatten i de fyra "skepnader" som funktion av tiden. Begynnelsefukthalten är 59 vikt-%. Vid torkomgångens start är större delen (96 %) av den totala fukten bunden i tvättgodset och resterande (4 %) finns i luften.



Figur 4.3 - Andel vatten i olika "skepnader" som funktion av torktiden. Efter torkkomgången (130 min) finns 61 % fukt som kondenserat vatten, 23 % har försvunnit genom fuktvandring, 6 % fukt i luften och 10 % fukt finns kvar i kläderna. 100 % fukt innebär 6,1 kg vatten.

Efter denna mer allmänna presentation av torkprocessen skall faktorernas inverkan på torktid och energiförbrukning studeras mer ingående i de följande från kap 4.4.1 till kap 4.4.7.

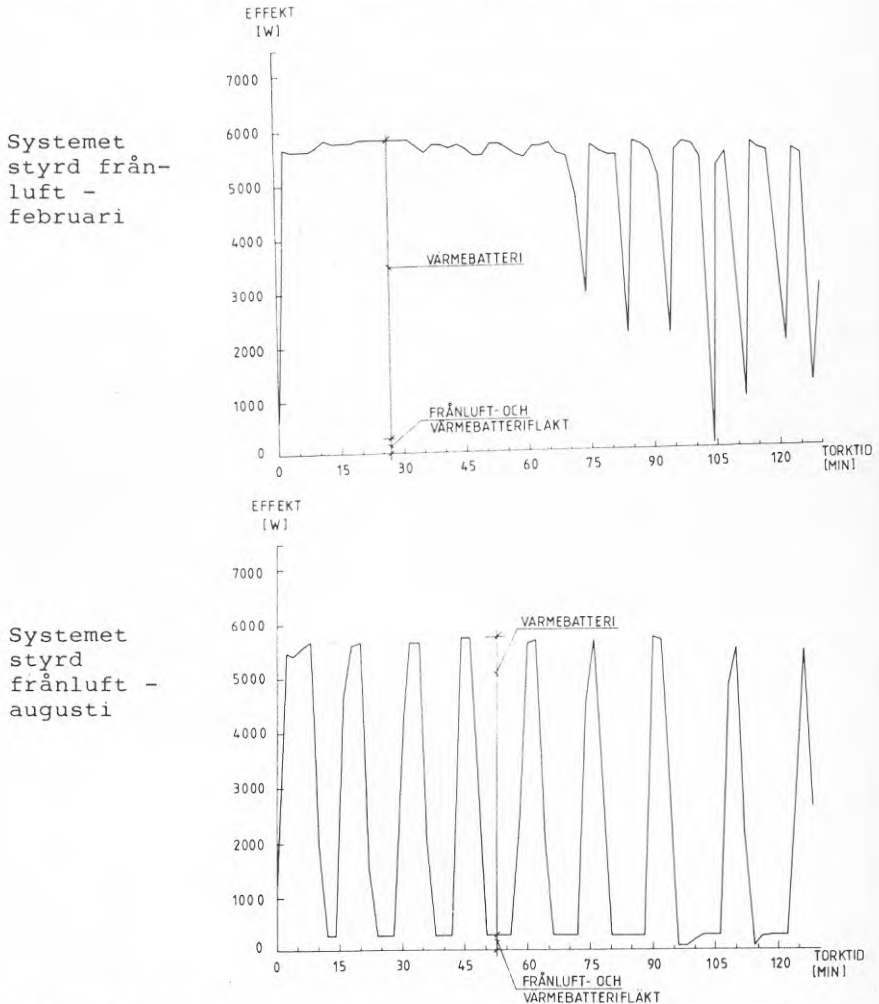
4.4.1 Årstidens inverkan

Energiförbrukningen per torkperiod är relativt likartade för varje aggregat i samband med förutsättningsvariationer. Ett undantag är dock årstidsvariationen.

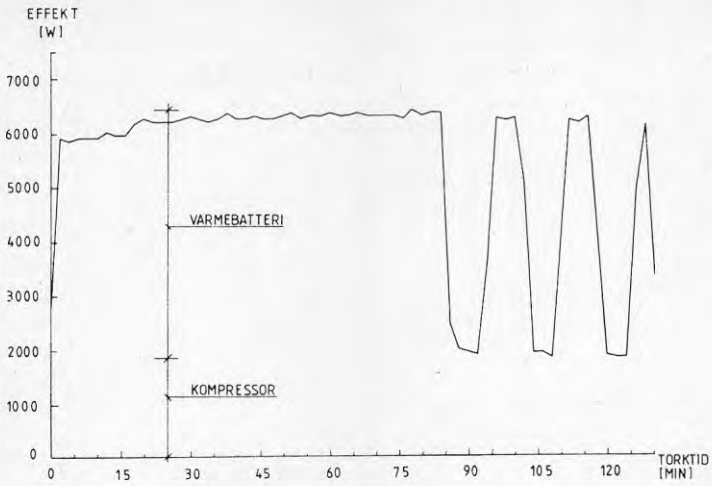
Under de fyra mätperioderna, vilka har utförts inom loppet av ett år, har beträffande aggregatets effekt- och energibehov ett betydande årstidsberoende kunnat påvisas. Torkning under den kalla delen av året är mer energikrävande, både för systemet med avfuktning och med styrd frånluft, på grund av att uppvärmningsanordningen (elvärmebatteriet) är inkopplat under en längre tidsperiod per torkkomgång än under sommarhalvåret.

Figurerna 4.4 och 4.5 är uppritade av mätdatorn och visar årstidens inverkan på aggregatets effektbehov. Ytan under kurvan är identisk med energiförbrukningen.

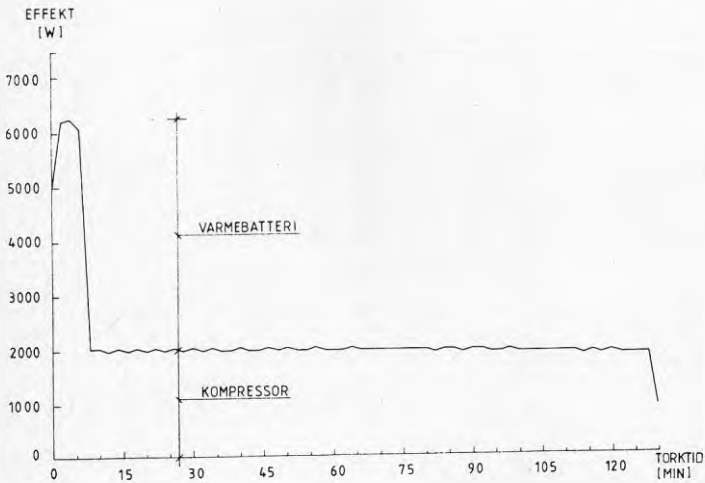
För avfuktningssystem är elvärmebatteriet under februari inkopplat under större delen av torkomgången för att värma upp rumsluften till en för aggregatet erforderlig nivå ca $+30^{\circ}\text{C}$. I augusti däremot behövs endast värmebatteriet vara inkopplat ca 10 - 15 minuter i början av varje torkomgång. För systemet styrd frånluft kopplas batteriet på varje gång frånluftsfälkten går igång och uteluft sugas in i torkrummet.



Figur 4.4 - Effektvariationen under en torkperiod för systemet styrd frånluft. Mätning utförd under februari och augusti. Utluftstemperaturen var under dessa två mätningar - 15 respektive $+20^{\circ}\text{C}$.



Avfuktnings-
aggregat -
februari



Avfuktnings-
aggregat -
augusti

Figur 4.5 - Effektvariationen under en torkperiod för ett avfuktningsaggregat. Mätning utförd under februari och augusti. Utelufttemperaturen var under dessa två mätningar -15 respektive $+20^{\circ}\text{C}$.

Någon direkt inverkan på torktiden vid olika årstider har dock inte kunnat påvisas. Möjligtvis kan man se en trend där en sjunkande absolut fukthalt i uteluften medför en något kortare torktid.

Mätningarna är dessutom utförda vid olika tidpunkter på dygnet. Resultatet är att torktiden förkortas ju senare på dagen torkomgången startar, eller snarare, orsaken är att rumstemperaturen stiger ju längre aggregatet varit i drift. Jämförelserna har därför utförts med torkomgångar från samma tidpunkt på dygnet samt under samma årstid.

Vidare har varje variabel (se kap 4.2) studerats en efter en för att få en uppfattning om dess inverkan på torktid och energiförbrukning.

4.4.2 Torkrummets inverkan

Tre av aggregaten Antifukt, Effitork och Hygrotork är kapacitetsmässigt väl överensstämmande med den av leverantörerna rekommenderade torkrumsstorleken av 8 - 12 m². Det fjärde aggregatet, den testade storleken av Turbovent, rekommenderas av fabrikanter att placeras i något större torkrum med en golvyta av 11 - 20 m². Det bör därför uppmärksammas att aggregatet ej är direkt jämförbart med de övriga tre fabrikaten. Hetvatten-aerotempn, med sin effekt av ca 17 kW, klarar väl av att torka tvätt i torkrum av samma storleksordning som Turbovent.

I de utförda mätningar har således inte aggregatens storlek varit den begränsande faktorn för att uppnå en kortare torktid, eftersom torkrummet har en golvyta av 9,8 m². Grundtemperaturen i torkrummen understeg aldrig +22°C under mätperioderna.

Varje torkrum är specifikt och har en betydande inverkan på torktid och energiförbrukningen. Om torkrummet är dåligt isolerat uppstår problem vintertid med att få upp temperaturen till en för aggregatet lämplig nivå, men även sommartid kan problem uppstå. Då i form av att temperaturen helt enkelt blir för hög. Det kan finnas risk att motorskyddet bryter strömförsörjningen och aggregatet stannar.

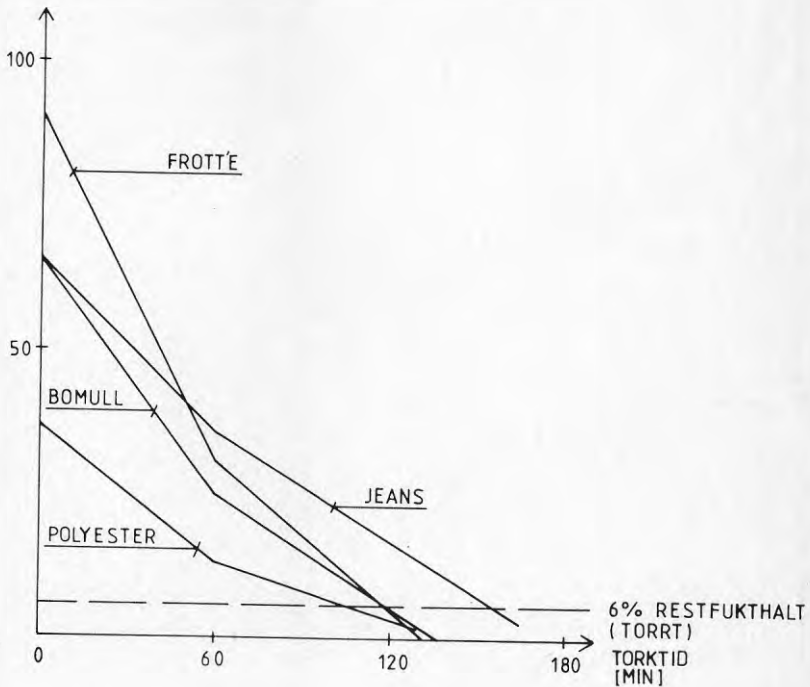
4.4.3 Inverkan av tvättgodsets sammansättning

I denna mätserie har tvättgodset valts utifrån hur mycket och vad ett normalhushåll tvättar per vecka.

Torktiden varierar självfallet kraftigt med tvättgodsets beskaffenhet. Olika material fordrar olika torktider beroende på materialets "kompakthet" (m a o blir torktiden givetvis mycket längre för t ex ett par jeans än för en nylonskjorta).

Efter centrifugering i ca 20 - 30 sekunder (enligt normalt tvätten) blir restfukthalten i förhållande till torktiden hos de olika materialen i tvättgodset enligt nedan.

RESTFUKTHALT
I TVÄTTGODSET
[VIKT-%]



Figur 4.6 - Restfukthalt för respektive material i tvättgodset som funktion av torktiden

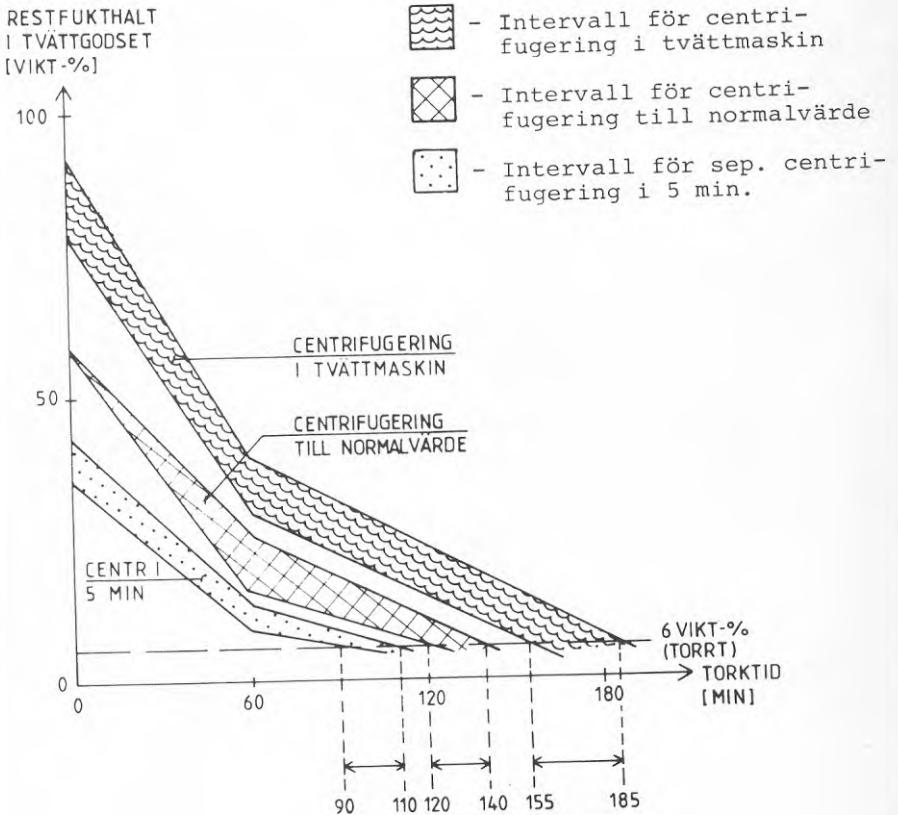
Ett problem är vilka kriterier som skall ange när tvätten skall anses vara torr. En tvätt med enbart polyester är enligt figuren torr redan efter ca 105 min medan en jeans tvätt tar ca 160 min. När är då hela tvätten torr? Skall jeansen vara utslagsgivande för torktiden?

I detta projekt har torktiden beräknats som ett medelvärde av restfukthalten hos de skilda materialgrupperna. Hänsyn är tagen till de olika materialens viktandel av den totala tvättgodsmängden. Vid en restfukthalt av 6 vikt-% antas tvätten vara torr.

4.4.4 Inverkan av tvättgodsets restfukthalt (centrifugeringens inverkan)

Centrifugeringen medför, att vattnet i hålrummen mellan trådarna försvinner. Vattnet i fibrerna däremot hålls kvar och binds olika hårt i olika material. Torkningen i sin tur innebär en väsketransport i kläderna på grund av skillnad i relativ fuktighet (ångtransport). Skillnaden i fuktighet mellan ytfibrer och djupare belägna fibrer möjliggör alltså vattentransport ut till ytan där vattnet avdunstar.

Ju mindre skillnaden i fuktkighet mellan plaggen och omgivande luft är desto längre tid tar det för fukten att vandra ut till ytan av plagget.



Figur 4.7 - Centrifugeringens inverkan på torktiden. Förutsättning: upphängning på "bästa" sätt. I figuren visas torktiden vid olika begynnelse-restfukthalter. Torktiden efter centrifugering i tvättmaskin är 155 - 185 min efter centrifugering till en restfukthalt av 59 vikt-% är torktiden 120 - 140 min, medan torktiden vid separat centrifugering i 5 min endast är 90 - 110 min.

Tvättens begynnelsefukthalt är naturligtvis av största betydelse för att tvättgodset skall torka. De mätningar, som utförts, har visat att en separat centrifugering i 5 minuter (restfukthalten har då sjunkit från 90 vikt-% före centrifugering till 35 vikt-% efter) förkortar torktiden mycket påtagligt. Torktiden minskar då med mellan 50 - 70 minuter.

Jämförs torkomgången där fukthalten var enligt normalt tvätten 59 vikt-% (vilket innebär centrifugering i ca 20 - 30 sekunder) och tvättomgången med separat centrifugering i 5 minuter, enligt ovan, medför det en förlängd torktid av ca 30 minuter.

Med en förlängd centrifugering följer också en minskad energiförbrukning vid torkningen.

Nedan följer en tabell utvisande torktid och energiförbrukning för varje aggregat vid en torkomgång med begynnelsefukthalten 59 vikt-% enligt normalt tvätt och upphängning på "bästa" sätt.

Tabell 4.2 - Energiförbrukning och torktid för de olika torkaggregaten

Fabrikat	Total ansl- effekt*	Uppmätt torktid	Energiförbr per torkomg (130 min)	Energiförbr för torr tvätt (6 vikt-% restfukthalt)
	(kW)	(min)	(kWh)	(kWh)
HV-aerotemp	17,0	140	37,2	40,1
Antifukt	6,0	130	7,0	7,0
Effitork	4,7	125	5,4	5,2
Turbovent	2,9	130	5,9	5,9
Hygrotork	5,0	130	10,0	10,0

* inkl alla elenergikrävande aggregatkomponenter

Sammanställningen är baserad på mätningar utförda i november - december 1984. Mätning på hetvattenaerotermpen är utförd i december 1983. Utetemperaturer varierade under mätperioden mellan 6 och 12°C och den relativa fukthalten mellan 80 och 90 %.

En jämförelse aggregaten emellan kan således göras då årstidernas inverkan på energiförbrukningen har eliminerats. Detta tyder på att årsmedelvärdet av energiförbrukningen är lägre än vad som framgår av tabellen, ty det finns ju en årstidsvariation, som bör beaktas, se figur 5.2 sida 37.

En förlängd centrifugering (5 minuter i stället för 20 - 30 sekunder) innebär att energiförbrukningen minskar med ca 25 %. Vid centrifugering i tvättmaskin, således ingen separat centrifugering, ökar energiförbrukningen med ca 30 % jämfört med uppgifter i tabell 4.2.

I bilaga 4 finns en sammanställning över torktider för respektive aggregat. Vid torkomgångar med likartade förutsättningar har torktider och energiförbrukningar summerats och därefter har medelvärdet för hela året beräknats för varje fabrikat.

4.4.5 Inverkan av tvättgodsets upphängningssätt

Som tidigare nämnts har upphängningen av tvättgodset skett på två olika sätt, enligt schema och enligt "bästa" sätt.

Upphängningens inverkan på torktiden är betydande. Torktiden blir ca 30 minuter kortare vid upphängning på "bästa" sätt jämfört med upphängning enligt schema. Detta vid en fukthalt i tvättgodset av 59 vikt-%. Skillnaden framgår av nedanstående tabell 4.3

Tabell 4.3 - Torktid som funktion av upphängning.
Tidsintervallen avser olika aggregat.

Upphängning	Torktid (min)
Schema	140 - 175
"Bästa" sätt	120 - 140

Påpekas bör att mätningarna gjorda på Turbovent gav att upphängningens betydelse på torktiden var mycket liten, endast 15 minuters skillnad mellan de två upphängningssätten. Detta visar på en jämn torkeffektivitet i hela torkrummet samt att luften är turbulent och cirkulerar på ett tillfredsställande sätt. Det bör även påpekas - vilket tidigare redan har nämnts - att detta aggregat var överdimensionerat i förhållande till torkrummets storlek. Den lägsta torktiden vid upphängning enligt schema har hetvattenaerotemperaturen på grund av att upphängning på "bästa" sätt och upphängning enligt schema är snarlika. Skillnaden ligger i att hänga tvättgodset över en eller två linor.

Tabell 4.4 - Torktid och energiförbrukning vid olika upphängningssätt för respektive aggregat. Begynnelsefukthalt 59 vikt-%, enligt normalt tvätten.

Fabrikat	Enligt schema		"Bästa" sätt	
	Torktid (min)	Energiförbr för torr tvätt (kWh)	Torktid (min)	Energiförbr för torr tvätt (kWh)
HV-aerotemp	140	40,1	140	40,1
Antifukt	165	8,9	130	7,0
Effitork	175	7,3	125	5,2
Turbovent	145	6,6	130	5,9
Hygrotork	165	12,7	130	10,0

4.4.6 Inverkan av påblåsning och luftcirkulation

För att tvätten skall torka inom rimlig tid (2 - 3 timmar) måste massöverföringstalet mellan luften och torkobjektet vara så stort som möjligt, vilket erhålls då luftens inblåsningshastighet från aggregatet är stor samt luftrörelsen är turbulent. Dessutom krävs att luften fördelas och cirkulerar på ett tillfredsställande sätt i torkrummet så att den fuktiga luften passerar igenom avfuktningsskiktet samt att den uppvärmda torra luften kommer väl i kontakt med tvättgodset.

Detta beror till stor del av aggregatets utblåsningssystem. Turbovent har ett kanalsystem (se figur 3.3) där, genom små utblåsningmunstycken, lufthastigheten ökar. Således blir luftrörelserna i rummet mer turbulenta.

De övriga två avfuktningsskikten Antifukt och Effitork har förutom fläkten i maskinen en respektive två extra cirkulationsfläktar som är placerade i taket respektive på kortväggen vid aggregatet.

Hygrotork har inga extra cirkulationsfläktar. Fläkten i taket är en frånluftsfläkt, som suger ut den fuktiga luften ur torkrummet.

Lufthastigheten mitt framför Hygrotork-aggregatet kan uppgå ända till 5 m/s. Hastigheten sjunker dock mycket snabbt och är i andra delar av torkrummet jämförbar med luftrörelserna vid drift av Antifukt och Effitork.

Vid mätningar utförda med olika placering av extra fläktar i torkrummet har man ej kunnat påvisa någon nämnvärd skillnad i torktid.

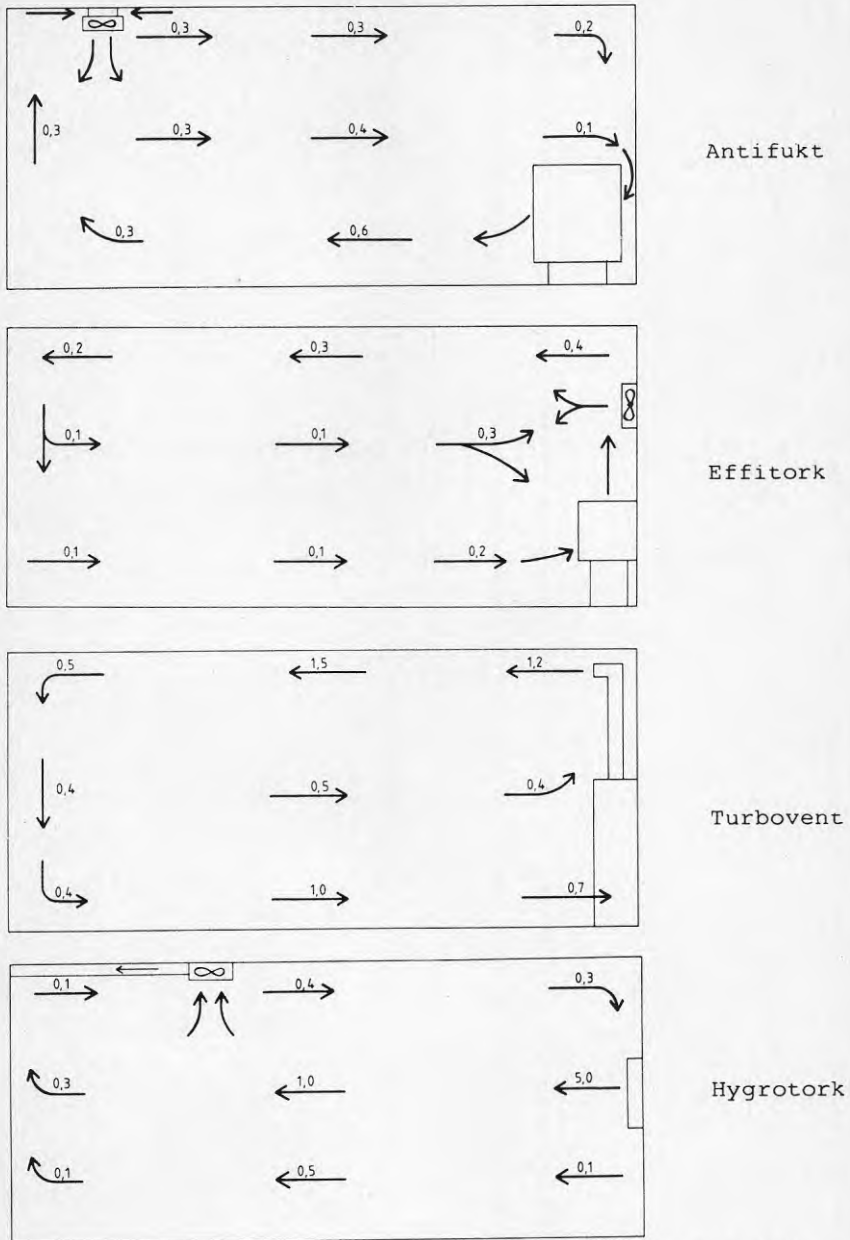
Om fläktarna helt tas bort får man däremot en förlängning av torktiden med ca 40 minuter, och därmed en ökad energiförbrukning.

En illustration över luftcirkulation, uppmätta luft-hastigheter m m för de undersökta aggregaten framgår av figurer på sida 35.

4.4.7 Inverkan av ventilationen

Vid mätningarna med minimiventilation var ventilationen utformad så att frånluften stryptes in till en normenlig mängd, dvs till 0,35 l/s, m². Tilluften sögs genom undertryck i torkrummet in genom springor och öppningar som ersättningsluft från angränsande rum i tvättstugan. Mätningarna utfördes endast på ett av avfuktningssaggregaten (Antifukt).

Resultatet är att minimiventilationen i torkrummet inte har någon påvisbar inverkan på torktiden eller energiförbrukning. Minimikravet av 0,35 l/s, m² motsvarar ca 0,5 luftomsättningar per timme.



Figur 4.7 - Lufthastigheter (m/s) och luftcirkulation. Vertikalt snitt genom mitten av rummet.

5 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

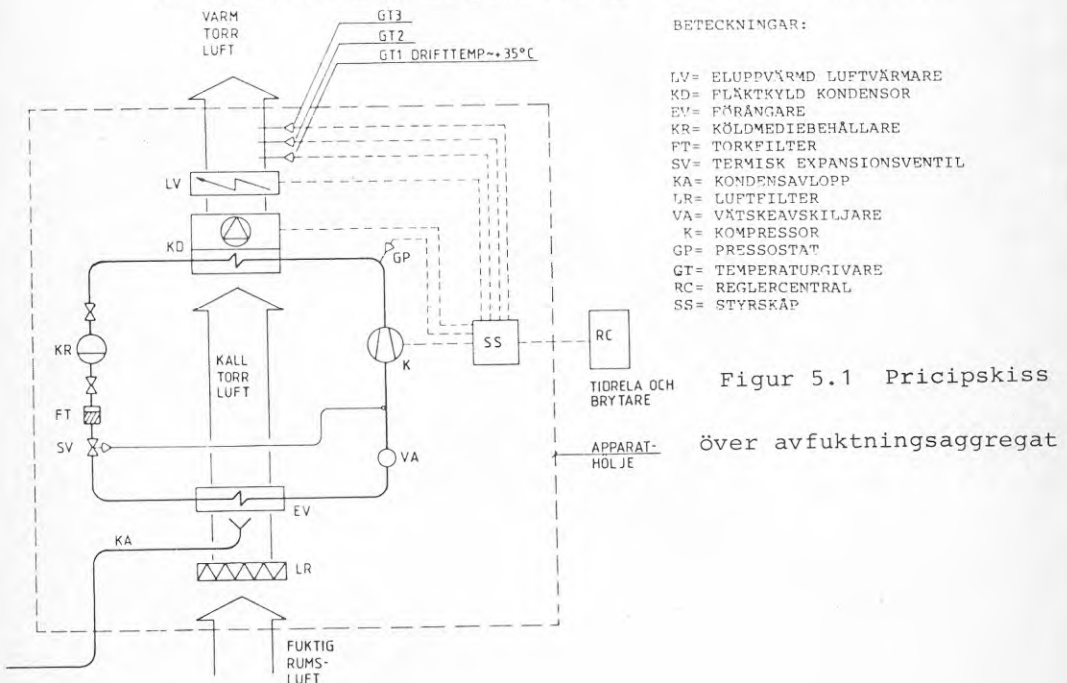
5.1 Tekniska aspekter

Ett planerat utbyte av de gamla HV-torkarna och en introduktion av de nya torksystemen innebär en övergång från en gammal välkänd teknik till något nytt. Det är alltid ett risktagande, då den nya tekniken inte är lika beprövad. Den risken är dock värd att ta då energisparpotentialen är mycket betydande.

De i aggregaten ingående komponenterna är sedan länge väl beprövade. Avfuktarna består i de tre studerade fabrikaten i huvudsak av en kompressor, en förångare, en kondensator och en, i de flesta fall, radialfläkt samt konventionella styr- och reglerutrustningar. Dessa delkomponenter är för det mesta av utländskt fabrikat, medan själva monteringen och sammansättningen sker i Sverige.

Den tekniska kvalitén, tillförlitligheten, tillgängligheten och livslängden kan därför antas vara jämförbara mellan de undersökta aggregaten. Funktionsprincip av avfuktningssystem framgår av nedanstående funktionsbeskrivning och principalschema.

Styrningen av komponenterna i aggregaten sker m h a givare. Pressostaten (GP) övervakar trycket efter kompressorn (K) och bryter strömmen till den när kondenserstrycket blir för högt. Temperaturgivarna GT1-GT3 styr utgående lufttemperatur med hjälp av i- och urkoppling av det eventuellt ingående elvärmebatteriet (LV). GT1 är drifttmostat medan GT2 och GT3 är maxtyster med två olika max-temperaturer. Nedan visas en principskiss över aggregatens funktion.

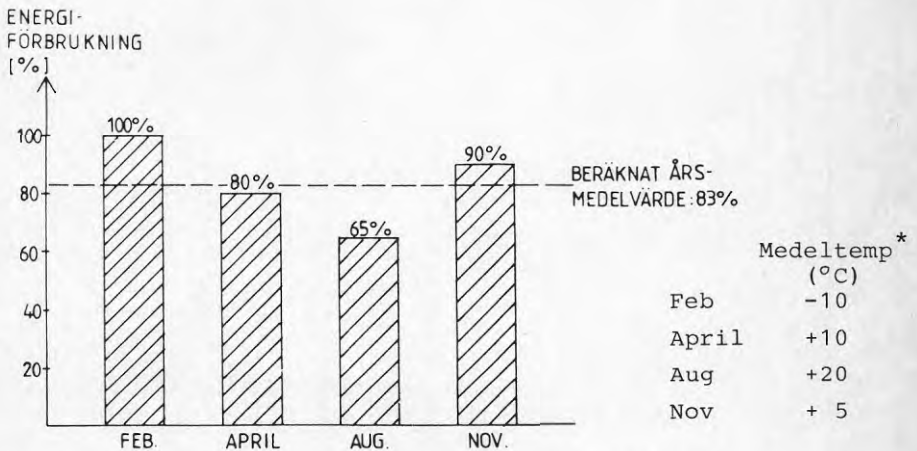


5.2 Ekonomiska aspekter

En förkortad torktid innebär naturligtvis en lägre energiförbrukning och därmed en lägre energikostnad. Man vill således påverka de parametrar som medför en förkortad torktid utan att extra kostnad tillkommer.

Vid installation av någon form av energibesparande torksystem kan ett s k ROT-bidrag erhållas. Det innebär att ett visst räntebidrag utbetalas på en del av det upplånade kapitalet. Då räntebidraget varierar något beroende av om sökanden är ett allmännyttigt bostadsbolag eller privatägt är räntebidraget ej medräknat vid kapitalkostnaden.

I sammanställningen har en jämförelse utförts mellan de fyra ersättningssystemen och HV-aerotempern som referensobjekt. De energiförbrukningar, som använts i föregående tabeller är ett medelvärde under november och december månader för respektive fabrikat. Detta innebär att de olika fabrikaten kan jämföras utan inverkan av årstid. Utifrån mätningarna utförda års-tidsvis kan ett medelvärde för varje årstid bestämmas samt därefter ett årsmedelvärde av energiförbrukningen beräknas. Detta årsmedelvärde har använts vid beräkning av årsenergiförbrukningen vid samtliga undersökta aggregat. Enligt figur 5.2 är årsmedelvärdet ca 93 % av november-värdet.



Figur 5.2 - Energiförbrukningens årsvariation

* Avser mätperioden

Investeringskostnaden har inhämtats från respektive leverantör samt kontrollerats med anbudspriser i samband med upphandling av torkrumsaggregat, som utförts av AB Göteborgshem. Kostnadsnivån avser mars 1985.

Kalkylen har utförts med annuitetsmetoden och har beräknats med en avskrivningstid av 10 år och en realränta av 5 %. Torkrummet har en utnyttningstid av 1 750 timmar per år (750 torkomgångar/år). Utöver energiförbrukningen vid drift av HV-torken tillkommer en stilleståndsförlust av 7 010 kWh per år. Energipriset har för båda energislagen antagits till 0:30 kr/kWh.

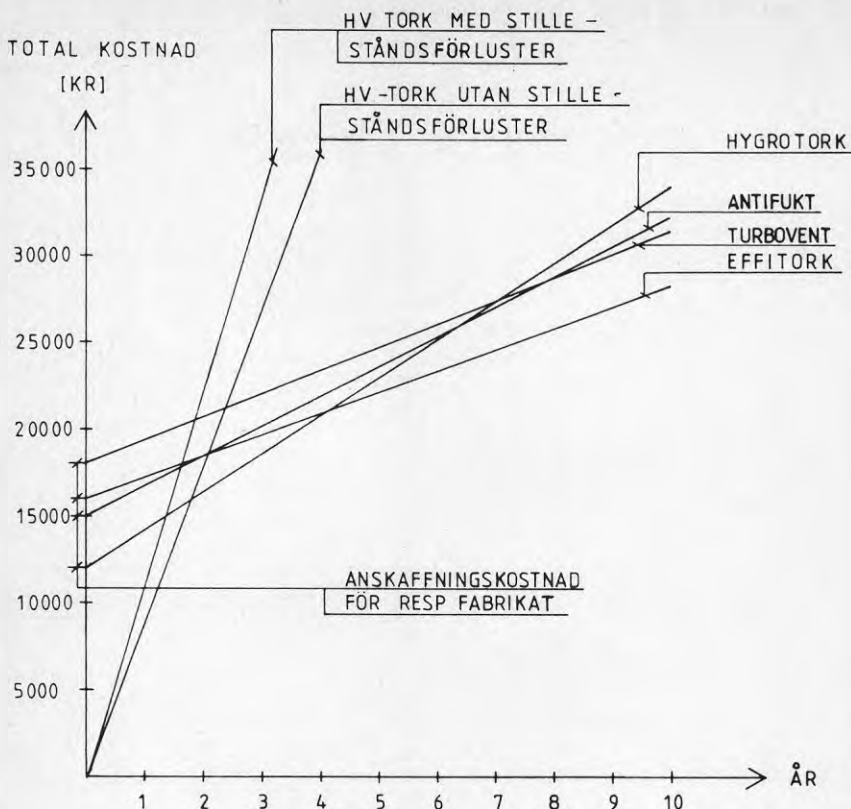
Servicekostnaden avser de faktiska underhålls- och servicekostnader som AB Göteborgshem har haft för respektive torksystem.

Kalkylen har utförts med förutsättningarna begynnelsefukthalt 59 vikt-% och upphängning på "bästa" sätt.

Tabell 5.1 - Sammanställning av kostnader per torkrum

	HV-tork	Antifukt	Effitork	Turbovent	Hygrotork
Energiförbr kWh/år	37 100	4 900	3 600	4 100	7 000
Investering (kr)	--	15 000	16 000	18 000	12 000
Kapitalkostn (kr/år)	--	1 943	2 072	2 331	1 554
Energikostn (kr/år)	11 130	1 470	1 080	1 230	2 100
Servicekostn (kr/år)	50	300	300	300	50
Totalkostn (kr/år)	11 180	3 713	3 452	3 861	3 704

Figur 5.3 på sida 39 visar en kostnadsjämförelse för de nya systemen jämfört med HV-aerotempn.



Figur 5.3 - Utveckling av fasta och rörliga kostnader för de undersökta aggregaten jämfört med hetvattenaerotermer med och utan magnetventil. Förutsättningar enligt ovan.

Av figuren framgår bl a att driftkostnaden för HV-torken redan efter ca 3 år överstiger den totala kostnaden för investering och drift av ett avfuktningssaggregat eller aggregat med styrd frånluft under 10 år.

De fyra kompletteringsaggregaten är svåra att särskilja och de små variationer som framkommit är marginella.

Om HV-torken kompletteras med en magnetventil medför det att stilleståndsförlusterna elimineras. Energiförbrukningen minskar från 36 MWh/år till 29 MWh/år. Energibesparingen jämfört med HV-tork utan magnetventil minskar med ca 20 %, alltså ner till ca 26 MWh per år och torkrum.

Energibesparingen vid installation av avfuktare eller ett aggregat med styrd frånluft varierar kraftigt beroende på hur rationellt hyresgästerna använder tvätt- och torkstugan.

5.3 Sociala aspekter

De krav man främst måste ställa på en gemensam tvättstuga är att den är anpassad till hushållens tvättmängder, tvättbehov och disponibla tid. Dessutom måste utrustningen vara av sådan beskaffenhet att energiförbrukningen blir så liten som möjligt.

I detta projekt har intresset främst varit inriktat på ett energisnålare torksystem, men man har även blivit uppmärksam på vad en rationell uppläggning och utnyttjande av tvättstugan kan innebära ur energibesparingssynpunkt. En stor del av torktiden beror just på hur välplanerad tvättstugan är, hur den gör mest nytta och kräver minsta möjliga insatser från hushållet i form av tid, pengar och arbete. Energiförbrukning och torktid kan således inte ensidigt bedömas enbart utifrån torkaggregatets effektbehov och övriga tekniska egenskaper utan att hänsyn tas till den mänskliga faktorn. Människor uppför sig inte på ett standardiserat sätt.

Det finns stora variationer i läge, storlek, utrustning och användningssätt av en tvättstuga. Detta beror till stor del på antalet hushåll som skall använda tvättstugan. I vissa fall har man tillgång till tvätt- och torkstuga ett helt dygn medan i andra fall endast i några få timmar. I de tvättstugor där tvättpassen är korta och kravet på en kort torktid mycket stort skulle man kunna tänka sig att acceptera en högre kostnad för en kortare torktid än i tvättstugor med ett tvättpass på ett dygn.

Ett mer rationellt sätt att tvätta och torka, med möjligheter till effektiv centrifugering och upphängning, ger förutsättningar för ett billigare aggregat. Ett mindre rationellt sätt däremot innebär att ett dyrare aggregat får köpas in för att klara av att torka tvätten vid alla förutsättningar och med en torktid under 2.5 timmar.

Kravet på den nya torktekniken är alltså en torktid av max 2.5 timmar. För att klara denna torktid bör i samband med en planerad installation av ett nytt torksystem ett samspel mellan en upprustning och en genomtänkt planering samt ett rationellt utnyttjande av hela tvättstugan uppstå.

Även förvaltningstekniska och organisatoriska rutiner måste anpassas till det nya torksystemet. I de gamla rutinerna sker ofta en automatisk avstängning av hela tvättstugan ca 1 timme efter tvättpassets slut för att även kunna torka den tvätt som tvättas under det sista torkpasset. I många fall har tvätten inte torkat på denna tid utan hyresgästerna låter tvätten självtorka i torkrummet över natten. Vid introduktion av dessa nya torksystem finns inte denna möjlighet kvar då ventilationen i rummet har stängts av. Man bör därför förmodligen förlänga den automatiska avstäng-

ningen av torkrummet till ca 2 timmar efter tvättpassets slut.

I många tvättstugor finns i dag torkrum som står oanvända. I stället för att utan tanke på behovet sätta in ett nytt aggregat i varje rum bör det övervägas att göra ett större torkrum av två små, eller helt enkelt använda något av dem till annat ändamål. På detta sätt kan en bättre lönsamhet ofta uppnås.

I tvättstugan skall centrifugen placeras så att man mycket enkelt kan flytta tvättgodset från tvättmaskinen till centrifugen. Ett bra komplement är att byta ut de lågvarviga tvättmaskinerna (ca 400 r/min) till högvarviga (ca 1 000 r/m) men för den skull skall ej de separata centrifugerna (ca 1 600 r/min) uteslutas.

Även torkrummets övriga utrustning skall ses över. Upphångningsanordningen skall vara utförd på ett sådant sätt att upphängning av tvättgodset ej kan ske över en lina. Nya dubbla linor bör alltså sättas upp i samband med installation av nytt torkaggregat. Dessutom skall en lättåskädlig plan över var i torkrummet tvättgodset skall hängas för att få bästa resultat finnas i varje torkrum.

I och med att ett nytt torksystem introduceras aktualiseras även behovet av god information till hyresgästerna.

Att låta hyresgästerna förstå hur det nya systemet fungerar innebär en från början positiv inställning till förnyelsen, vilket i sin tur kan medföra ett mer rationellt sätt att tvätta och torka sitt tvättgods.

5.4 Användarens krav på förbättring av dagens och utveckling av morgondagens tvätttorkaggregat

Som det redan tidigare har framgått är det viktigaste målet med denna rapport att underlätta valet av "rätt" tvätttorksystem. Projektets och mätningarnas uppläggning samt dess genomförande har skett i nära samarbete med dels AB Göteborgshems driftledning samt dels med berörda fabrikanter för respektive torksystem. Det har även erbjudits goda möjligheter för oss att studera hyresgästernas (dvs brukarnas) reaktioner, kommentarer och beteenden i samband med introduktionen av de nya torkmetoderna. Under arbetets gång har således i takt med projektets fortskridande även en växande trend av våra kunskaper och erfarenheter kunnat noteras. Detta har så småningom lett till att väsentliga förbättringar på flera viktiga punkter, såväl beträffande torkmetod som torkaggregat, kunnat genomföras. Detta har skett främst på initiativ av beställarens driftledning. Dessutom har även en önskelista och kravspecifikation i syfte att förbättra och förenkla den nya torkmetoden börjat utkristaliseras.

Här nedan följer en förteckning innehållande de viktigaste punkterna av denna önskelista. I förteckningen har ej tagits hänsyn till den inbördes rangordningen och angelägenhetsgraderingen mellan punkterna.

Listan kommer förhoppningsvis att tjäna som diskussionsunderlag i syfte att förbättra dagens och utveckla morgondagens tvättorkaggregat.

Önskelista

- I samband med introduktion av nya metoder görs alltid jämförelse mellan den nya och den gamla metoden. Det är därför viktigt, att torktiden -som är en av de viktigaste parametrarna - ej överskrider 2 timmar och 30 minuter (m a o den gamla torktiden).
- Den totala energiförbrukningen skall vara så låg som möjligt.
- Kompakt utförande och så lätt vikt som möjligt ger självklara fördelar.
- Så låg ljudnivå som möjligt är ett viktigt krav.
- Aggregatet skall kunna placeras tätt mot bakväggen i förhållande till luftströmmens flödesriktning. På detta sätt kan hela utrymmet utnyttjas. Kravet gör, att aggregat med luftinsug baktill bedöms som mindre lämpliga.
- Höljet utfört av rostfri plåt och samtliga komponenter utförda av korrosionsbeständiga material medför visserligen en merkostnad men kan ändå betraktas som en klok investering.
- Kondensvattenavloppet skall vara så högt placerat som möjligt. På detta sätt kan även långt bort belägna befintliga avlopp nås med erforderligt självfall.
- Utblåsningshastigheten skall vara hög i syfte att uppnå turbulent luftströmning och därmed bättre torkeffektivitet. Detta kan uppnås genom minskning av utblåsningsarean, vilket dock medför en högre ljudnivå och högre fläkttryck. Ett optimum bör därför eftersträvas mellan parametrarna: hög utblåsningshastighet, acceptabel ljudnivå och fläkttryck.
- Insugningshastigheten skall vara låg och därmed insugningsarean stor.
- Filtret skall ha så stor area som möjligt så att risken för igensättningar minskar. Någon form av veckat filter, vilket ökar filterarean är således ett steg i rätt riktning. Filtret skall vara placerat högt så nära bekväm manöverhöjd som möjligt. Det skall vara lätt åtkomligt för inspektion, rengöring och byte. Frontplacerade filter har således klara fördelar. Genom att placera ett finmaskigt nät (förslagsvis av den typ som finns i torktumlare)

framför filtret kan hyresgästerna själva klara av att ta bort föroreningarna, vilket minskar intervallerna för filterbyte.

Det sistnämnda önskemålet kunde väsentligt underlättas genom komplettering med en enkel filtervakt som sedan länge använts inom ventilationstekniken. Filtervakten skulle ge signal vid behov av filterrengöring.

Rena filter ökar kapaciteten, minskar energikostnaden och ger kortare torktid.

- I samband med aggregatets placering skall finnas valfrihet mellan placering på stativ mot golv (t ex benställning) eller konsol mot vägg. I båda fallen skall åtkomlighet finnas och plats för städning, aggregatets rengöring och service.
- Strömbrytaren skall vara placerad vid utgången.
- Driftindikering önskas genom t ex en lampa som lyser när aggregatet är i drift.
- Det skall vara lätt att installera aggregatet.

Tydliga och lättfattliga installationsinstruktioner skall medfölja leveransen.

- Det skall vara lätt att utföra service på aggregatet. Ett minimum av servicebehov för aggregat och ett väl utbyggt servicenät från leverantör värderas högt av brukaren.

Leverantören skall kunna erbjuda servicekontrakt mot rimliga kostnader.

- Luftomsättningen i torkrummet skall vara så stor som möjligt samtidigt som bästa möjliga avfuktning uppnås.

Vid låg relativ fuktighet låter man därför endast en del av luftflödet passera genom förångaren, medan resten av luften passerar förbi. På detta sätt uppnås en optimal avfuktning samtidigt som en maximal luftomsättning upprätthålls i torkrummet.

- Det är rekommendabelt med temperaturdifferensmätare, som visar in- och utgående luftens temperatur och skillnaden mellan dessa.
- Värmebatteriet bör ej vara större än 3 kW. Denna storlek förefaller vara tillräcklig för normala torkrum.
- Det skall finnas grundvärme i torkrummet dimensionerat för en temperatur av ca 20°C (dvs för normal rumstemperatur).

- Leverantören skall sälja ett helt komplett torksystem med funktionsgaranti. där bl a uppsättning av nya linor med fastsättningsanordningar för tvättgods samt planering av torkrummet för optimalt utnyttjande och med hänsyn till de lokala förutsättningarna ingår.

Tydliga och lättfattliga drift- och skötselinstruktioner, vilka förvaras i torkrummet samt information till hyresgästerna skall ingå i åtagandet, likaså anvisningar för upphängning av tvättgods på "bästa sätt".

- Cirkulationsfläkt(ar) skall vara förreglad(e) med torkaggregatet.
- Aggregatets förångnings- och kondenseringstemperatur samt köldmediets påfyllningsnivå skall vara lätt kontrollerbara.

6 REFERENSER

T1:1980, Gemensam närtvättstuga
Britt Pedersen, Byggforskningsrådet 1980

Torkning av tvätt, Kenneth Arvidsson
Projektarbete M3, Chalmers Tekniska Högskola

Avfuktningsteknisk handbok, Knut Claesson
Corroventa AB, 1985

Diverse informationsblad från olika fabrikanter av
tvättorkutrustning

Electrolux Wascator AB, Information angående definition av normalt tvätt

BILAGA 1 - Tvättgodsets sammansättning enligt definitionen på s k normaltvätt (Electrolux Was-cator AB)

Tvättgodset, vars sammansättning är en s k normaltvätt, innehåller:

Veckobelastning för ett genomsnittshushåll (2,3 personer)

Vittvätt	3,0 kg
Kulörtvätt (50 % bomull, 50 % blandtextilier)	4,0 kg
Fintvätt (100 % blandtextilier)	2,7 kg
Handtvätt	<u>0,3 kg</u>
Summa	10,0 kg

Blandtextilierna består av 35 % bomull och 65 % polyester. Detta innebär att veckobelastningen är:

Bomull	6,65 kg
Polyester	3,05 kg
Ylle	<u>0,30 kg</u>
Summa	10,00 kg

Tvättgodset, som torkas i torkrummen, består av bomull och polyester. Yllet torkas oftast ej i torkrummen.

Andelen frotté antas vara ca 20 % av de 5 kg bomull, som tvättas i vit- och kulörtvätt.

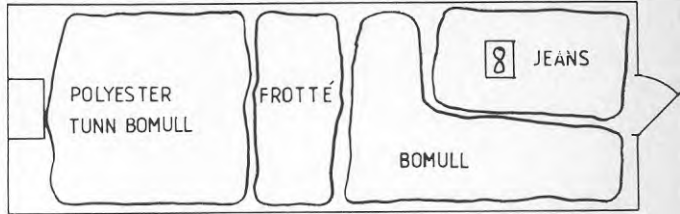
Bomull	5,65 kg
Frotté	1,00 kg
Polyester	3,05 kg

Vägning av tvättgodset, som i fortsättningen skall användas som experiment, gav torr vikt:

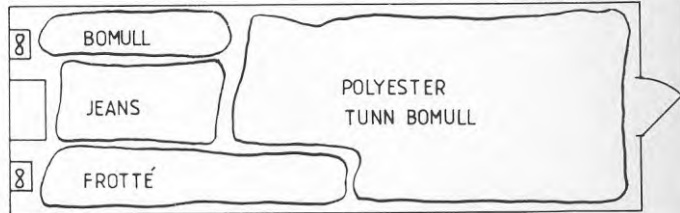
Bomull	5,61 kg
Frotté	1,01 kg
Polyester	<u>3,20 kg</u>
Summa	9,82 kg

BILAGA 2 - Upphängning enligt "bästa" sätt enligt
fabrikanten för respektive aggregat

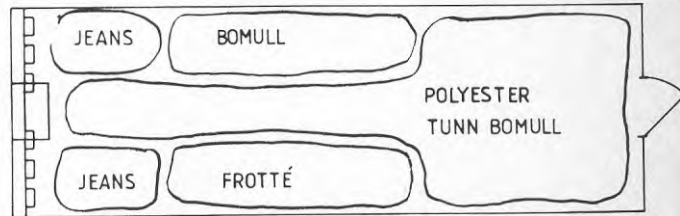
Antifukt



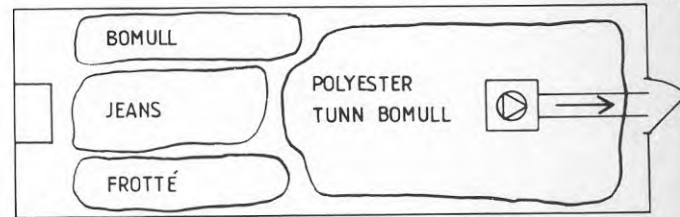
Effitork



Turbovent



Hygrotork



BILAGA 3 - Sammanställning över hur förutsättningarna kombinerats vid de olika torkomgångarna för respektive aggregat. Åtta varianter har studerats här.

Variant	Vägning efter		Upphängning		Begynnelsefukthalt			Mätningar har utförts på aggr
	60 min	130 min	Enl schema	"Bästa" sätt	Centr tvättm (95 %)	Medel (59 %)	Centr sep (35 %)	
1		x	x			x		Alla
2		x	x		x			Turbovent
3		x	x				x	Hygrotork
4	x	x	x			x		Antifukt Hygrotork
5		x		x		x		Antifukt Hygrotork Effi-tork Turbovent
6		x		x	x			Lika pkt 5
7		x		x			x	Lika pkt 5
8	x	x		x		x		Antifukt Hygrotork Effitork

BILAGA 4

Sammanställning över torktider för de åtta olika varianterna på förutsättningskombinationer samt för respektive aggregat

Försök Fabrikat Variant	Fukthalt (vikt-%) vid			Torktid till 6 vikt-% (torrt) (min)
	0 min	60 min	130 min	
HV-tork 1	58,9		8,0	140
Anti- fukt 1	58,9		16,8	167
" 4	58,9	24,9		135
" 5	58,9		5,8	129
" 6	90,6		14,8	162
" 7	35,4		1,0	90
" 8	58,9	15,1	3,5	118
Hygro- tork 1	58,9		15,2	165
" 3	36,6		4,1	120
" 4	58,9	26,3	9,1	143
" 5	58,9		6,0	130
" 6	86,5		18,2	175
" 7	36,2		4,8	122
" 8	58,9	24,7	5,7	128
Effi- tork 1	58,9		19,2	175
" 5	58,9		5,2	125
" 6	83,0		13,9	155
" 7	35,6		2,1	94
" 8	58,9	23,5	3,9	120
Turbo- vent 1	58,9		9,5	145
" 2	88,3		18,4	175
" 5	58,9		6,3	132
" 6	87,0		16,5	167
" 7	43,0		3,1	108

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 831488-5
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Göteborgs-
hem, Göteborg.**

R124: 1985 F124 V111 III 1011 A RASZA, A WINDBERG

R124: 1985

ISBN 91-540-4472-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705124

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 30 kr exkl moms