



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

ELFORSK 342-054

---

# Rapport

Professionelle tørretumblere: Udvikling  
og afprøvning af testmetoder

December 2016

---

**Titel: Professionelle tørretumblere: Udvikling og afprøvning af testmetoder**

**Udarbejdet for:**

**Udarbejdet af:**

Teknologisk Institut  
Gregersensvej 2  
2630 Taastrup  
Energieffektivisering og Ventilation

December 2016

Forfatter:

Christian Holm Christiansen  
Jørgen Hede Kjeldgaard

## Indholdsfortegnelse

1. Introduktion .....	4
1.1. Ændring af projekternes forudsætninger .....	4
1.2. Ny tilgang .....	4
1.3. Plan for professionelle tørretumblere .....	5
2. Professionelle tørretumblere .....	6
2.1. Kondenstørretumblere .....	6
2.2. Aftrækstørretumblere .....	7
3. Status for ecodesign og standardisering for professionelle/kommercielle vaske- og tørremaskiner .....	8
3.1. Forberedende studier til fælleseuropæiske krav .....	8
3.2. Det europæiske og internationale standardiseringsarbejde .....	8
3.3. Forventning til endelige Ecodesign-krav og standarder .....	9
4. In-situ testprogram .....	10
5. Testresultater .....	12
6. Beregningsmodel til beregningsprogram .....	14
6.1. Energibalance for tørretumbler .....	14
6.2. Beregningsprogram .....	14
6.3. Beregningseksempel – aftrækstørretumbler skiftet til varmepumpetørretumbler 18	
6.4. Inputdata for varmepumpetørretumbler .....	18
7. Referencer .....	22

## 1. Introduktion

Teknologisk Institut har ledet to projekter under Dansk Energis Elforsk-program: **342-054: Positivliste for professionelle tørretumblere** og **344-040: Professionelle energifleksible vaskemaskiner til smart grids**. Projekterne har haft deltagelse af leverandører af vaskemaskiner og tørretumblere til det professionelle marked samt en kommune.

### 1.1. Ændring af projekternes forudsætninger

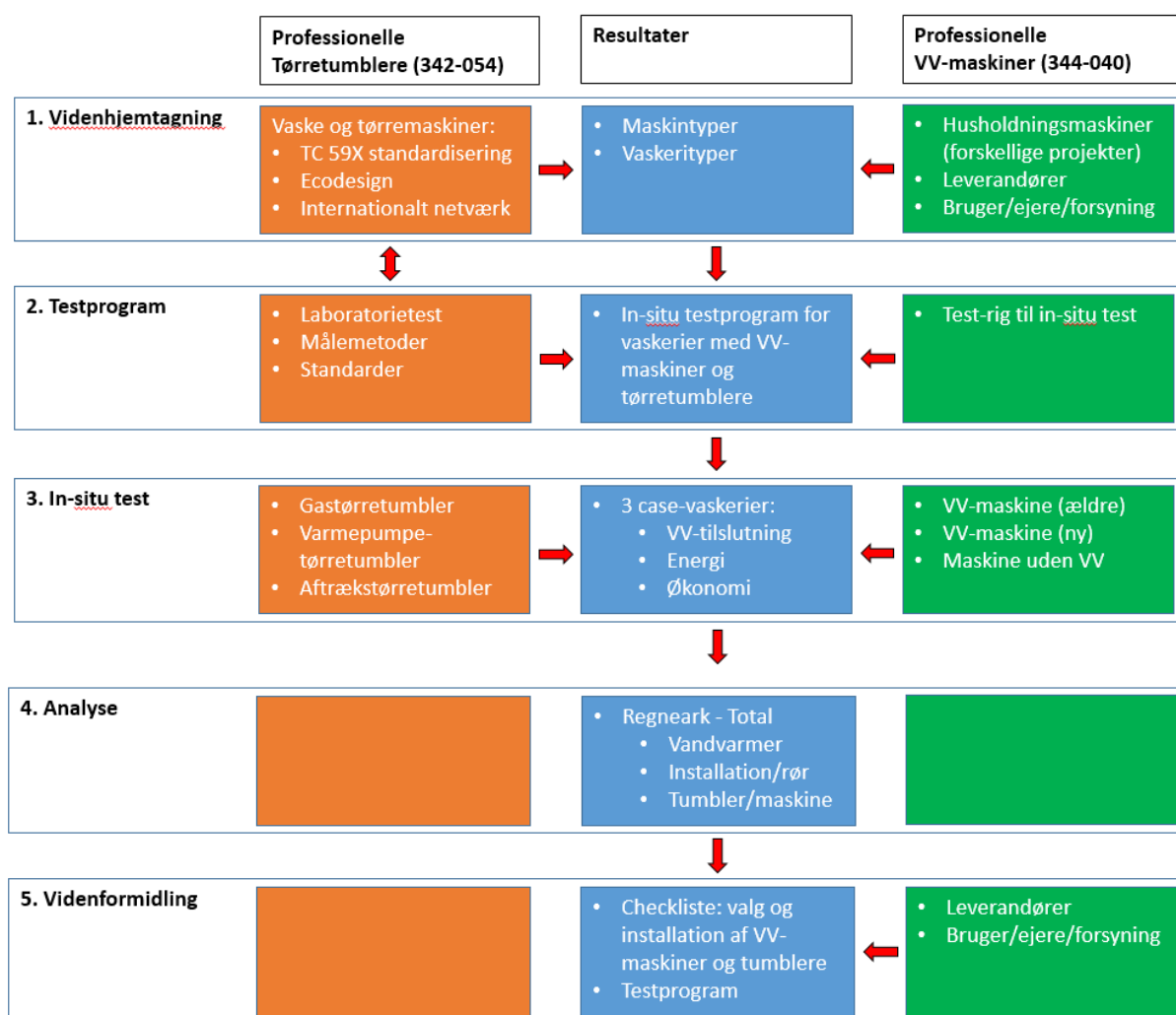
Projekterne har i perioder været sat på hold for fx at kunne drage fordel af nye teststandarder og metoder, som var under udvikling i det europæiske standardiseringssystem. Projekternes forudsætninger har desuden ændret sig undervejs. Dansk Energi ønsker ikke længere at eje og vedligeholde positivlister og Teknologisk Institut har med udgangen af 2013 måttet lukke sit akkrediterede vaskelaboratorium, hvor der skulle have været foretaget forskellige test af produkterne. Det ændrer imidlertid ikke ved, at der fortsat er et behov for at opbygge og formidle viden om professionelle tørretumblers energiforbrug, tørreevne mv. samt varmtvandsbaserede vaskemaskiners evne til at udnytte miljøvenlige energiforsyninger som fjernvarme, varmepumper og solvarme og deltage aktivt som del af et fleksibelt energimarked.

### 1.2. Ny tilgang

Det er derfor med accept fra Dansk Energis Elforsk-program besluttet at fortsætte projekterne med et lidt ændret indhold. I stedet for at teste i laboratoriet, er der blevet målt på maskiner in-situ i forskellige case-vaskerier. Til det formål er der udviklet et særligt testprogram. De generelle erfaringerne fra test og installationsløsninger er brugt som grundlag for en generel checkliste til valg af tørretumblere og varmtvandsbaserede vaskemaskiner. På figur 1-1 er vist hvordan de to Elforsk-projekter bidrager til det samlede resultat:

- Et regneark til beregning af energiforholdene for et vaskeri
- En checkliste til valg og installation af tørretumblere og varmtvandstilsluttede vaskemaskiner
- Et testprogram, som kan anvendes til in-situ test

I projekterne er der hjemtaget viden (1) fra en række interessenter herunder bl.a. netværk etableret i forbindelse med det igangværende ecodesign- og standardiseringsarbejde for professionelle maskiner, leverandører, brugere mv. Testprogrammerne (2) er udviklet på baggrund af udkast til standarder, test af professionelle maskiner i laboratoriet (før det blev nedlagt), og i forbindelse med etablering og fintuning af in-situ-testrig. In-situ-test (3) er udført i tre case-vaskerier med forskellige typer tørretumblere og vaskemaskiner. Resultaterne fra in-situ-test er blevet analyseret (4) og er sammen med registreringer af installationerne i case-vaskerierne anvendt til at udforme et beregningsværktøj (regneark) til beregning af energiforholdene i et vaskeri. Resultaterne er desuden formidlet (5) i form af en checkliste og et in-situ-testprogram, der kan anvendes generelt i vaskerier.



**Figur 1-1 Oversigt over bidrag fra Elforsk-projekterne 342-054 og 344-040 til det samlede resultat.**

### 1.3. Plan for professionelle tørretumblere

For de professionelle tørretumblere gennemføres og beskrives følgende:

- Afsnit 2: Forskellige professionelle tørretumbler typer
- Afsnit 3: Status for ecodesign og standardisering for professionelle/kommercielle vaske- og tørremaskiner
- Afsnit 4: In-situ testprogram
- Afsnit 5: Testresultater
- Afsnit 6: Beregningsmodel til beregningsprogram

## 2. Professionelle tørretumblere

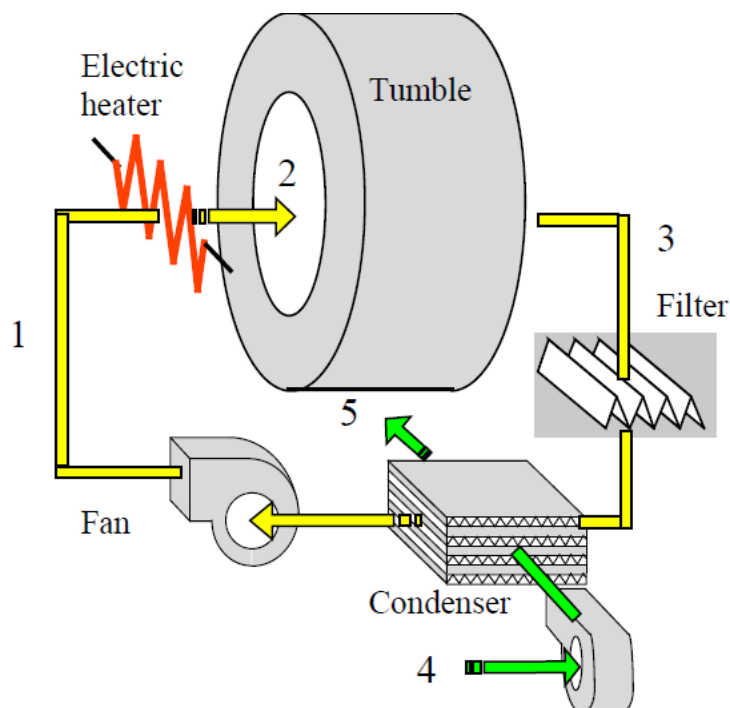
Professionelle tørretumblere til fællesvaskerier, møntvaskerier og til tørreopgaver med lignende tørrebehov har typisk en kapacitet, der ikke overstiger 15 kg tørt tøj. I det følgende gives et overblik over de forskellige teknologier, der anvendes til opvarmning og eventuelt kondensering i tørretumblere.

### 2.1. Kondenstørretumblere

Kondenstørretumblere har vundet indpas i husholdninger, men er bl.a. med introduktionen af varmepumpetørretumblere også rykket ind i fællesvaskerierne.

I kondenstørretumblere afkøles den fugtige opvarmede luft fra tromlen i en varmeveksler/kondenser, så fugten udkondenseres som vand (heraf navnet kondenstørretumbler).

I en traditionel kondenstørretumbler varmes luften op med et elektrisk varmelegeme inden det tilføres tromlen og afkøles, når det forlader tromlen, i en varmeveksler med luft fra opstillingsrummet. Et eksempel er vist i figur 2-1.



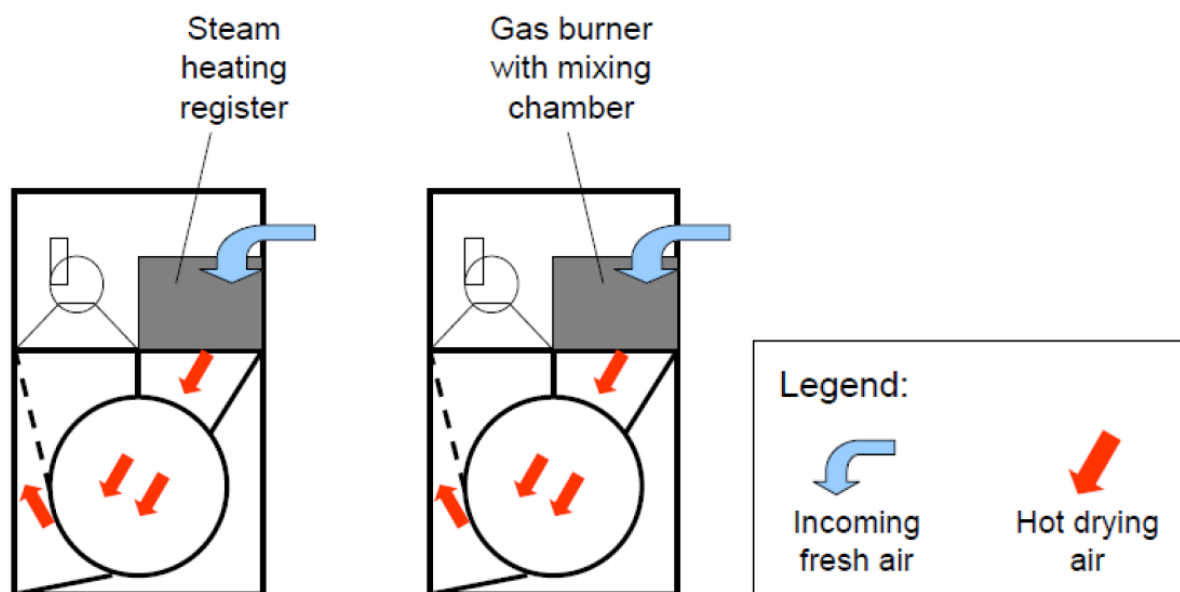
**Figur 2-1 Principskitse af kondenstørretumbler [1]**

I varmepumpetørretumbleren sker opvarmning og afkøling med en varmepumpekreds i et lukket kredsløb. Kondenstørretumblere kan også forsynes med andre varmekilder end el.

## 2.2. Aftrækstørretumblere

Aftrækstørretumblere trækker kontinuerligt luft ind fra omgivelserne, opvarmer luften og tilfører den til tromlen. Den resulterende varme og fugtige luft ventileres ud af tromlen ved hjælp af et aftræk til det fri (deraf navnet aftrækstørretumbler). Eksempel er vist i figur 2-2.

Aftrækstørretumblere kan være opvarmet med et elvarmelegeme, men også med andre varmekilder. Ved andre varmekilder er det mest almindelige, at elvarmelegeme er udskiftet med en varmeveksler, men for gasforsynede tørretumblere eksisterer også systemer, hvor røggassen blandes direkte med luften. Varmt vand til varmeveksleren kan være baseret på fjernvarme, solvarme eller en ekstern varmepumpe. Det har vist sig, at de varmevekslerforsynede aftrækstørretumblere typisk er designet til en høj fremløbstemperatur (70-80°C) for at kunne tørre tøjet indenfor rimelig tid. Mange danske fjernvarmeværker leverer imidlertid en fjernvarmetemperatur på 60-70°C og med temperaturløst i veksler mv. bliver fremløbstemperaturen til tørretumbleren endnu lavere. Normalt opererer solvarmeanlæg eller varmepumper heller ikke med høje temperaturer, så de varmevekslerforsynede tørretumblere er generelt mindre egnede til danske forsyningsforhold.



Figur 2-2 Eksempler på aftrækstørretumblere [1]

### **3. Status for ecodesign og standardisering for professionelle/kommercielle vaske- og tørremaskiner**

#### **3.1. Forberedende studier til fælleseuropæiske krav**

Europa-Kommissionen entrerede med Öko instituttet i Tyskland og konsulentfirmaet Bio Intelligence Service i Frankrig med henblik på at gennemføre en udredning for professionelle vaske- og tørremaskiner samt opvaskemaskiner i henhold til Ecodesign Directive 2009/125/EC med det formål at forbedre de miljømæssige og energimæssige ydeevner for produkterne. Udredningsarbejdet startede i 2010 med et interessentmøde i Paris. Udredningen med forslag til Kommissionens videre arbejde blev færdig i 2011 [1].

Teknologisk Institut deltog aktivt i udredningsarbejdet og kunne bidrage med resultater fra test af professionelle vaskemaskiner udført i instituttets vaskelaboratorium og finansieret af Dansk Energi gennem projektet PSO 339-016 Positivliste for professionelle vaskemaskiner startet i 2007 [2]. Udredningsgruppen gjorde udstrakt brug af disse målinger idet fabrikanterne ikke ønskede at give oplysninger om deres egne målinger før hen mod afslutningen af udredningsarbejdet hvor de frygtede at miste indflydelse på formuleringen af udredningsrapporterne.

Udredningen foreslår bl.a. at Kommissionens kommende retningslinjer for og krav til disse maskiner skal bygge på målinger, der er foretaget efter officielle, anerkendte standarder.

#### **3.2. Det europæiske og internationale standardiseringsarbejde**

Europas standardiseringsorgan CEN/CENELEC hvor Teknologisk Institut deltog var allerede opmærksom på at få startet opbygningen af standarder i så god tid at udkastene kunne spille sammen med de kommende udkast til Kommissionens forordninger på området. På mødet i CENELEC TC 59X i Brussels 2009 blev der på forslag fra Italien og Danmark oprettet en undergruppe TC 59X WG 1.12 Commercial laundry machines dvs. vaskemaskiner og tørretumblere og en tilsvarende TC 59X WG 2.1 for Commercial dishwashers.

I november 2013 indkaldte Kommissionen til møde om det første udkast til forordning på området. Udkastet opstillede meget specifikke krav til testbetingelser og krav til ydeevner for produkterne. De fremmødte nationale repræsentanter suppleret af fabrikant- og brugerrepræsentanter vurderede at testbetingelser og ydeevnekrav ikke tog hensyn til de ønsker og behov, der er repræsenteret i de brede og forskelligartede anvendelsesområder. Kommissionens folk blev bedt om at gentænke udkastet, så der blev mulighed for mere fleksibilitet og tilpasning.

Det medførte, at man valgte en ny måde at opstille forordningerne på. Fordi der er så få tilgængelige testresultater til rådighed, har man valgt i første omgang kun at opsætte krav til hvilke parametre, der skal måles for de enkelte produkter. Når dette er accepteret af deltagerlandene, skal de eksisterende udkast til teststandarder tilrettes af CEN/CENELEC, hvorefter man vil bede branchen om at foretage en række test og samle dataene i en database til brug for opstilling af et endeligt udkast til forordning.



Der er arbejdet intenst i CENELEC TC 59X WG 1.12 for at få standarderne færdige. Den Danske Forbrugerkomite deltager fra Danmark i arbejdet repræsenteret ved Jørgen Hede Kjeldgaard. Den internationale standardiseringsorganisation IEC ønsker at køre et parallelt løb så identiske internationale standarder kan blive færdige samtidig. Arbejdet er i princippet afsluttet. Ikke helt afklaret er dog brug af bomuld/polyester som testmateriale i stedet for det bomuldsmateriale, der anvendes ved test af husholdningsmaskinerne. CENELEC TC 59X WG 1.12 har opbygget sine standarder for professionelle vaske- og tørremaskiner med udgangspunkt i de standarder, der er opstillet for husholdningsmaskiner. En tysk baseret organisation VDMA – ETCT European Industrial Textile Care Technology, som har store industrielle maskiner og anlæg som speciale, ønsker at opstille en standard i CEN-regi, som de ønsker anvendt på maskiner fra de helt store anlæg og ned til relativt små maskiner. En udfordring bliver så at beslutte ved hvilke maskinstørrelser, der skiftes fra den ene til den anden standard. Alternativt vil Kommissionen eventuelt beslutte at CEN-standarder skal anvendes ved test på stedet, in-situ test, medens CENELEC-standarder skal anvendes ved test i laboratorier.

### 3.3. Forventning til endelige Ecodesign-krav og standarder

Kommissionen udsendte i efteråret 2015 sit seneste udkast til et såkaldt "Standardisation request", som redegør for hvilke parametre, som skal kunne måles efter standardiserede betingelser på hvilke produkter. Dette udkast skitserer formentlig meget præcist de parametre som der vil blive opstillet krav til i den endelige udgave af forordningen.

Det er for **vaskemaskiner, barrierevaskemaskiner og tunnelvaskemaskiner:**

- Energiforbrug
- Vandforbrug
- Vaskeevne
- Skylleevne
- Centrifugeringsevne
- Tidsforbrug
- Vasketemperatur

Det er for **tørretumblere og gennemgangstørretumblere:**

- Energiforbrug
- Tørreevne
- Tidsforbrug
- Tørretemperatur
- Kondenseringseffektivitet.

Standardudkastene vil formentlig kunne være brugbare til måling af vaske- og tørremaskiners data i løbet af 2017. Indsamlingen af data og finpudsning af standardudkastene er allerede i gang på nogle områder. Efter yderligere et til to år vil Kommissionen formentlig kunne udforme en forordning. I Kommissionens sprogbrug er store/professionelle/kommercielle/industrielle vaske- og tørremaskiner betegnet som "non-household washers" og "non-household dryers". En simpel måde at adskille dem fra husholdningsvaske- og -tørremaskiner, som allerede er dækket af standarder og forordninger.

## 4. In-situ testprogram

Som nævnt i afsnit 1.1 er egentlige laboratorietest i vaskelaboratoriet stoppet i slutningen af 2013.

For at opnå kvantitative informationer for vaske- og for tørremaskiner til brug for nærværende projekter er det derfor valgt at udforme in-situ testmetoder til anvendelse på eksisterende fællesvaskerier. Metoderne er udformet så de så tæt som muligt følger retningslinjer i de eksisterende standarder EN60456 for husholdningsvaskemaskiner og EN60121 for husholdningstørretumblere. Disse standarder er også basis de EN-standarder som CE-NELEC i øjeblikket er i gang med at opstille for de professionelle maskiner.

### For tørretumbleren gælder, at den modtager:

X kg tørt tøj med Y kg vand dvs. med et fugtindhold (en restfugt efter centrifugering) i procent som er  $Y/X*100$

Den modtager luft (indtagsluft) fra omgivelserne med given temperatur og fugt

Desuden modtager den el-energi til det mekaniske arbejde som er rotation af tørretromlen og drift af luftblæsere samt energi til opvarmning af den luft der anvendes til tørringen af tøjet. Energi til opvarmning af tørreluften kan være

- El-energi
- Gas-energi
- Varmtvands-energi
- Damp-energi

### Tumbleren afgiver:

X kg tøj med fugtighed på ca. 0% Desuden afgiver den udblæsningsluft med en vis temperatur og fugt og endvidere varme til omgivelserne fra tumblerens varme overflade og fra evt. køling med omgivelsesluft. Desuden afgiver en kondenserende tumbler en vis procentdel af fugten i tøjet som kondensvand

### Præparering af tøj og bestemmelse af fugtindhold:

Ved in-situ test af tørretumblere er anvendt vaskelaboratoriets bomuldstøj som det er specificeret i to nævnte standarder. Det er akklimatiseret i et klimastyret rum ophængt på tørrestativer ved en temperatur på 20 C og en luftfugtighed på 65% i et døgn og har derved opnået en fugtighed i tøjet som defineres som 0% og som er den tilstand hvor tøjets masse som tørt tøj bestemmes. (Hvis man ikke har adgang til et præcist styret klimarum kan der anvendes den såkaldte bone dry metode til at bestemme tøjets masse ved bone dry tilstanden og derefter omregne til massen ved akklimatisering)

Ude på vaskeriet vaskes tøjet i en relevant vaskemaskine, skylles og centrifugeres. Ved hjælp af en medbragt præcis vægt bestemmes tøjets masse og dermed dets fugtindhold inden tørretumblingen starter og igen straks efter at tørringen i tumbleren er gennemført.

### **Målinger:**

El-forbruget måles med særlige elmålere som funktion af tiden. Temperaturen i tøjet måles med forud programmerede dataloggere også som funktion af tiden. Omgivelsestemperatur og -luftfugt måles med mellemrum.

På basis af dette kan bestemmes hvor meget energi og hvor lang tid der bruges pr. kg vand der fjernes fra tøjet. Det vil sige bestemme kapaciteten og effektiviteten for en given tumbler der er installeret, som den er på stedet. Det er vigtigt for udnyttelse af tiden og energien i de pågældende installation. Desuden findes også den maksimale temperatur som tøjet udsættes for. Dette er vigtigt for at vurdere hvor højt et trin temperaturen kan stilles på for at undgå beskadigelse af sarte tekstiler.

Hvor der har været tale om gasforsynede tørretumblere er gasforbruget målt med en akkrediteret kalibreret, temperaturkompenserende gasmåler som har visning i normalkubikmeter.

Der har ikke i disse projekter været målt på dampopvarmede tørretumblere.

## 5. Testresultater

Der er foretaget målinger på forskellige vaskerier. Vi refererer tre cases:

### Case 1: Et stort fællesvaskeri

Aftrækstørretumbler med **elopvarmning**, kapacitet 8 kg, produceret 2015  
Indstilling til bomuld, dvs. maksimal tørretemperatur

Gennemsnitsresultater ved tørring af 6,8 kg bomuld med start-fugt 51%:

Elforbrug pr fjernet vand: 1,14 kWh/kg

Tidsforbrug pr fjernet vand: 9,9 min/kg

Maksimal temperatur i bomuldstøjet (ved afslutning): 44 °C

Volumen flow gennem tumbler: 296 m<sup>3</sup>/time

Omgivelser i vaskerilokale: 16 °C og 46% RH

Luftindtag: 12 °C og 56 % RH pga. at luftindtag er blandet ude- og inde-luft

Bemærkninger:

En hurtig tørreproces.

Aftrækket fra tumbleren ledes direkte ud af bygningen i et rør. Luftindtaget er luft fra rummet blandet med noget ude-luft. Det betyder at tumbleren afhængig af blandingsforholdet vil trække en vis mængde opvarmet luft ud af vaskeriet, som er opvarmet med en naturgaskedel.

### Case 2: Et mindre fællesvaskeri

Kondenserende tørretumbler med **varmepumpe**, kapacitet 8 kg, produceret 2013  
Indstilling til bomuld, dvs. maksimal tørretemperatur

Gennemsnitsresultater ved tørring af 7,0 kg bomuld med start-fugt 48 %

Elforbrug pr fjernet vand: 0,465 kWh/kg

Tidsforbrug pr fjernet vand: 13,5 min/kg

Omgivelser: 22 °C og 51 % RH

Bemærkninger:

En noget langsommere tørreproces. Men til gengæld et energiforbrug der kun er ca. 40 % af forbruget i case 1. Kondensstørretumbleren trækker desuden ikke opvarmet luft ud af vaskeriet, men hvis kondenseringsgraden ikke er høj for det vand der fjernes fra tøjet vil tumbleren tilføre endnu mere fugt til luften i vaskeriet. Det kan stille krav til mere affugtning eller udluftning.

### Case 3: Et lille fællesvaskeri

Aftrækstørretumbler med **gasopvarmning** (bygas), kapacitet 8 kg, produceret. 2011  
Indstilling til bomuld, dvs. maksimal tørretemperatur

Gennemsnitsresultater ved tørring af 6,5 kg bomuld med start-fugt 55 %

Elforbrug pr fjernet vand: 0,063 kWh/kg

Gasforbrug pr fjernet vand: 0,211 m<sup>3</sup>/kg eller 1,14 kWh/kg ved nedre brændværdi 5,4 kWh/normalkubikmeter.

Tidsforbrug pr fjernet vand: 11,1 min/kg

Omgivelser: 21 °C og 51 % RH

Bemærkninger:

En mellemhurtig tørring i denne installation. Energiforbruget i kWh pr. kg fjernet vand er omtrent som i case 1. Forskelle i økonomien mellem case 1 og case 3 vil afhænge af installationsomkostningerne og opnåelig energipris.

## 6. Beregningsmodel til beregningsprogram

### 6.1. Energibalace for tørretumbler

#### Tørretumbleren modtager:

- X kg tørt tøj med Y kg vand dvs. med restfugt i %:  $Y/X \cdot 100$
- Indtagluft med given temperatur og fugt
- Energiforsyning:
  - o El
  - o Gas
  - o Varmt vand
  - o Damp

#### Tumbleren afgiver:

- X kg tørt tøj med ca. 0 kg vand
- Udblæsningsluft med en vis temperatur og fugt
- Varme til omgivelserne fra tumblereens varme overflade og fra evt. køling med omgivelsesluft

#### Ventilationstab for aftrækstørretumblere:

- $X \text{ m}^3$  luft pr time ventileres gennem aftrækstørretumbleren
- Årsmiddeltemperatur i opstillingsrummet Y i °C
- Årsmiddeltemperatur for udeluft Z i °C
- Driftstid for tørretumbleren T i minutter
- Lufts varmekapacitet C i kJ/kg/K, ~1,2
- Lufts massefylde M i kg/m<sup>3</sup>, ~1 udgift.

Ventilationstab i kWh =  $(X/3600) \cdot M \cdot C \cdot (Y-Z) \cdot (T/60)$

### 6.2. Beregningsprogram

I beregningsprogrammet indtastes karakteristiske værdier for tørretumbleren, som værdierne bestemt i kapitel 5. Desuden indtastes driftsmønster, opvarmningsform og energipriser. Beregningsprogrammet beregner derefter energiforbrug og energi. De forskellige indtastnings- og resultat sider ses på figurerne 6-1 til 6-6.

I figur 6-1 indtastes jf. afsnit 6.1 ovenfor tørretumblereens fyldning (vægt uden fugt) og restfugt (før tumbling). Hvis der ikke er viden om restfugt, kan der anslås en værdi fx 50%. Derefter indtastes de karakteristiske værdier for tørretumblereen:

- Tid [min/kg]
- Elforbrug [kWh/kg]
- Varmeforbrug (gas/fjernvarme) [kWh/kg]

Alle de karakteristiske værdier er i forhold til "fjernet vand" (fyldning x restfugt).

I beskrivelsen her er der anvendt inputdata fra tørretumbleren i Case 1 i kapitel 5 (målte værdier). Hvis der ved siden af elforbruget havde været et varmekonsum for tumbleren baseret fx på fjernvarmeforsynet veksler eller gas skal det også indtastes her. Som mellemregning vises den samlede tid for en tumbling.

### Data for tørretumblere

Tørretumbler, hoveddata	
Fyldning (vægt af tøj uden fugt) [kg]	6,8
Restfugt (før tumbling) [%]	51
Tid [min/kg]	9,9
Tid [min]	34
Elforbrug [kWh/kg]	1,14
Varmeforbrug (gas/fjernvarme) [kWh/kg]	0

**Figur 6-1 Beregningsprogram – Tørretumbler, hoveddata**

Tørretumbleren i Case 1 er af aftrækstypen. I figur 6-2 skal der i rullemenuen vælges om tumbleren er af aftrækstypen eller er kondenserende. Er den af aftrækstypen indtastes aftræksflowet (der kan også indtastes nul, hvis bidraget ikke ønskes medtaget i beregningerne). Elforbrug og evt. varmekonsum vises som mellemregning i kWh pr. tumbling.

Tørretumbler, mellemregninger	
Type	Aftrækstørretumbler ▼
Aftræksflow [m <sup>3</sup> /h]	296
Elforbrug [kWh/tumbl.]	3,95
Varmeforbrug (gas/fjernvarme) [kWh/tumbl.]	0,00

**Figur 6-2 Beregningsprogram – Tørretumbler, mellemregninger**

For senere at kunne beregne det ekstra energiforbrug til rumopvarmning, der er som følge af at aftræksluften (ventilationstab), skal rumtemperatur og udetemperatur indtastes. Programmet regner generelt på hele året (365 dage), så der skal indtastes årsmiddeltemperaturer, se figur 6-3. Rumtemperaturen kan fx sættes til 20 °C og udetemperaturen til 8 °C.

Der udover skal antal tørremaskiner i vaskeriet og det gennemsnitlige antal daglige tumblinger indtastes (årgennemsnit).

**Antal maskiner og tumblinger (der regnes med 365 dage pr. år)**

Rumtemperatur (årsmiddel fx 20°C)	<input type="text" value="20"/>
Udetemperatur (årsmiddel fx 8°C)	<input type="text" value="8"/>
Antal maskiner [stk.]	<input type="text" value="1"/>
Antal tørretumblinger [stk./dag]	<input type="text" value="3"/>

**Figur 6-3 Beregningsprogram – Antal maskiner og tumblinger**

Forsyning til rumopvarmning indtastes under opvarmningsform, se figur 6-4. Feltet er kun vigtigt for aftrækstørretumblere. Der kan vælges mellem følgende forsyningsarter, hvor der er besluttet følgende faste marginalvirkningsgrader:

- Fjernvarme: 100%
- Naturgas: 95%
- El: 100 %

Benyttes der varmepumpe til rumopvarmning, kan det indregnes i elprisen, se figur 6.5 feltet: "Varme, rumopvarmning (aftræksluft)".

**Opvarmningsform**

Forsyning, rumopvarmning

**Figur 6-4 Beregningsprogram - Opvarmningsform**

Det er muligt at regne med energipriser for tre forskellige forbrug. Der kan være én energipris for varmen til rumopvarmning og en anden for varme til tørretumbleren fx hvis rumvarmen er baseret på fjernvarme og tørretumbleren er forsynet med bygas. Derudover kan elprisen indtastes.



Energipriser		
Varme, rumopvarmning (aftræksluft)	0,70	kr./kWh
Varme, tørretumbler	0,00	kr./kWh
El, tørretumbler	2,20	kr./kWh

**Figur 6-5 Beregningsprogram - Energipriser**

Energiforbruget fordelt på de tre typer forbrug vises sammen med det samlede energiforbrug og den samlede energiudgift på figur 6-6.

Energiforbrug og energiudgift		
<b>Tørretumbler</b>		
Varme, tørretumbling	0	kWh/år
Varme, rumopvarmning (aftræksluft)	742	kWh/år
EL, tørretumbling	4.329	kWh/år
<b>I alt</b>	<b>5.071</b>	<b>kWh/år</b>
<b>I alt</b>	<b>10.043</b>	<b>kr./år</b>

**Figur 6-6 Beregningsprogram – Energiforbrug og energiudgift**

### 6.3. Beregningseksempel – aftrækstørretumbler skiftet til varmepumpetørretumbler

Med udgangspunkt i eksemplet fra afsnit 6.2 med én aftrækstørretumbler i et mindre vaskeri, der i gennemsnit kører tre gange om dagen, og med en fjernvarmepris på 0,7 kr./kWh og en elpris på 2,2 kr./kWh er der udarbejdet et beregningseksempel på udskiftning til en kondensstørretumbler af varmepumpetyperen. For varmepumpetørretumbleren er anvendt de karakteristiske værdier for Case 2 i kapitel 5 (målte værdier). Alle inputdata til beregningen af varmepumpetørretumbleren fremgår af afsnit 6.4.

Der fås følgende resultater:

Type	Pr. tumbling		Pr. år			
	Tid [min]	Elforbrug [kWh]	Ventilationstab [kWh]	Elforbrug [kWh]	Samlet energiforbrug [kWh]	Samlet udgift [kr.]
Aftræk	34	3,95	742	4.329	5.071	10.043
Varmepumpe	47	1,61		1.766	1.766	3.885
<b>Besparelse</b>	<b>-13</b>	<b>2,34</b>	<b>742</b>	<b>2.563</b>	<b>3.305</b>	<b>6.158</b>

**Figur 6-7 Beregningseksempel – aftrækstørretumbler skiftet til varmepumpetørretumbler**

I dette tilfælde en årlig besparelse på kr. 6158,-. Det fremgår også, at der er en besparelse i ventilationstab på 742 kWh og at varmepumpetørretumbleren er ca. 13 minutter længere om at gøre arbejdet.

### 6.4. Inputdata for varmepumpetørretumbler

Figur 6-8 til 6-13 viser inputdata for varmepumpetørretumbleren i beregningseksemplet afsnit 6.3.

## Data for tørretumblere

### Tørretumbler, hoveddata

Fyldning (vægt af tøj uden fugt) [kg]	6,8
Restfugt (før tumbling) [%]	51
Tid [min/kg]	13,5
Tid [min]	47
Elforbrug [kWh/kg]	0,465
Varmeforbrug (gas/fjernvarme) [kWh/kg]	0

Figur 6-8 Varmepumpetørretumbler – Tørretumbler, hoveddata

### Tørretumbler, mellemregninger

Type	Kondenstørretumbler
Ikke relevant	0
Elforbrug [kWh/tumbl.]	1,61
Varmeforbrug (gas/fjernvarme) [kWh/tumbl.]	0,00

Figur 6-9 Varmepumpetørretumbler – Tørretumbler, mellemregninger

**Antal maskiner og tumblinger (der regnes med 365 dage pr. år)**

Ikke relevant	<input type="text" value="20"/>
Ikke relevant	<input type="text" value="8"/>
Antal maskiner [stk.]	<input type="text" value="1"/>
Antal tørretumblinger [stk./dag]	<input type="text" value="3"/>

**Figur 6-10 Varmepumpetørretumbler – Antal maskiner og tumblinger**

**Opvarmingsform**

Forsyning, rumopvarmning

**Figur 6-11 Varmepumpetørretumbler – Opvarmningsform**

**Energipriser**

Varme, rumopvarmning (aftræksluft)	<input type="text" value="0,70"/>	kr./kWh
Varme, tørretumbler	<input type="text" value="0,00"/>	kr./kWh
El, tørretumbler	<input type="text" value="2,20"/>	kr./kWh

**Figur 6-12 Varmepumpetørretumbler - Energipriser**

<b>Energiforbrug og energiudgift</b>		
<b>Tørretumbler</b>		
Varme, tørretumbling	0	kWh/år
Varme, rumopvarmning (aftræksluft)	0	kWh/år
EL, tørretumbling	1.766	kWh/år
<b>I alt</b>	<b>1.766</b>	<b>kWh/år</b>
<b>I alt</b>	<b>3.885</b>	<b>kr./år</b>

**Figur 6-13 Varmepumpetørretumbler – Energiforbrug og energiudgifter**

## 7. Referencer

[1] Preparatory Studies for Eco-design Requirements of Energy-using Products Lot 24: Professional Washing Machines, Dryers and Dishwashers, Final Report, Part: Washing Machines and Dryers, Task 4: Technical Analysis of Existing Products, Öko-Institut & Bio Intelligence Service, May 2011

[2] Grundlag for positivlister på større professionelle vaskemaskiner til brug i fællesvaskerier og almenyttigt boligbyggeri, Bilag 1, Elforsk, Projektnr. 339-016, PSO 2007

## Bilag 1 Oprindelige projektbeskrivelser

Fra de oprindelige projektbeskrivelser:

### **342-054: Positivliste for professionelle tørretumblere**

I samarbejde med de vigtigste producenter og importører udvikles og afprøves testmetoder, der kan kortlægge energiforbrug, tørreevne m.v. i professionelle tørretumblere. Der udføres tests på modeller på det danske marked, og resultaterne offentliggøres som en let tilgængelig positivliste på Dansk Energis hjemmeside.

### **344-040: Professionelle energifleksible vaskemaskiner til smart grids**

I forlængelse af Teknologisk Instituts tests af eldrevne professionelle vaskemaskiner ([www.faellesvaskeri.dk](http://www.faellesvaskeri.dk)) gennemføres i dette projekt en tilsvarende test af vaskemaskiner samt evt. opvaskemaskiner og tørretumblere, der er baseret på indtag af varmt brugsvand eller opvarmning med varmeveksler. Der skal udvikles testmetoder til at vurdere energieffektivitet, vasketid og vaskekvalitet for maskiner, der anvender varmt vand, og disse vaskeriers potentiale for at kunne udnytte varmelager kortlægges. Desuden vurderes, i hvilket omfang opbygningen af lokale varmelagre kan integreres i en Smart Grid-strategi fra lokale netselskaber. Varmtvandsbaserede maskiner kan udnytte miljøvenlige energiformer så som fjernvarme, varmepumper og solvarme. Formidlingen af de kommende testresultater aftales med Dansk Energi ved projektets afslutning

Med reference til projektnumrene kan der findes flere detaljer om de oprindelige projekter på hjemmesiden [elforsk.dk](http://elforsk.dk)

## **Bilag 2 Vejledning til brug ved valg af vaskemaskine/-program til anvendelse i fællesvaskerier, møntvaskerier og til vaskeopgaver med lignende vaskebehov**

Den følgende vejledningstekst er udarbejdet i 2010 som del af PSO-projektet 339-016 og var en del af grundlaget for optagelse på positivlisten for professionelle vaskemaskiner på hjemmesiden faellesvaskeri.dk. Faellesvaskeri.dk er ikke længere aktiv, men vejledningen er generel og parametrene kan indgå i en hver vurdering af vaskemaskiner til professionelt brug.

### **Vejledning**

Vejledning til brug ved valg af vaskemaskine/-program til anvendelse i fællesvaskerier, møntvaskerier og til vaskeopgaver med lignende vaskebehov.

### **Hvad kan være vigtigt i en vask?**

En vask bygger på anvendelse af: Vand, kemi i form af bl.a. vaskemiddel, temperatur og mekanisk bearbejdning, som skal afpasses efter tøjtype, hvor snavset tøj er og hvilken type snavs, der er tale om.

Under vasken løsnes snavset i forskellig grad fra tøj og en stor del af smuds, bakterier, vira, husstøvmider, vaskemiddelrester osv. skylles ud under vaskeprogrammets skylleoperationer.

**Pletter** (områder, som har fået farve af snavset), kan bleges ved at bruge vaskemiddel med blegeeffekt, hvis tøj og tøjets eventuelle farve kan tåle det.

Dette er væsentligt for indtrykket af om tøj bliver rent.

**Bakterier og vira**, som ikke bliver skyllet ud ved skylleoperationerne, kan delvis passiveres ved den kombinerede anvendelse af vaskemidler og temperatur afhængig af hvilke typer bakterier og vira, der er tale om.

Dette er væsentligt for eventuel sygdomsspredning. Her vil kravene være højere ved fællesvask, møntvask o.l. end ved vask indenfor en husstand/familie, men lavere end kravene ved visse vaske på f.eks. hospitaler.

**Vaskemiddelrester** fjernes i højere grad jo mere effektive skylleoperationer der anvendes.

Dette kan være vigtigt for visse allergikere med overfølsomhedsreaktioner.

**Husstøvmider** dør ifølge Astma og allergiforbundet ved vasketemperaturer i tøj "højere end 55 grader C ". Dvs. at husstøvmider der har været over den temperatur ikke kan formere sig. Men deres efterladenskaber i vasketøjet er allergifremkaldende. De kan udtyndes med effektive skylleoperationer.



Dette er vigtigt for visse allergikere og astmatikere.

En vaskemaskine/-program (forstået som en vaskemaskine med et indlagt vaskeprogram) bruger:

**Vand** (som måles i liter)

**Energi** (dvs. elektrisk energi eller anden form for energi, som måles i kilowatt-timer, kWh)

**Tid** (som måles i minutter fra programstart til programslut), og yder:

**Vaskeevne** (som bestemmes ved at måle, hvor rent tøj ser ud i forhold til tøj fra en referencemaskinevask. Måles ved lysrefleksion)

**Vasketemperatur** (som er den højeste temperatur vasketøjet har haft under vasken. Måles f.eks. med en temperatur-datalogger indsyet i tøj)

**Skylleevne** (hvor godt tøj er skyllet. Bestemmes ved at måle koncentrationen af vaske-middelrester i vandet i tøj efter sidste centrifugering i forhold til koncentrationen i vandet i tøj fra en referencemaskinevask) Jo lavere tal jo bedre. Hvis maskinen skyller lige så godt som referencemaskinen bliver tallet 1

**Centrifugeringsevne** (hvor mange vægtprocent vand, der er tilbage i tøj efter sidste centrifugering. Måles ved vejning af tøj før vask og efter centrifugering)

Centrifugeringsevnen er vigtigt, hvis tøj efterfølgende bliver tørre-tumblet (eller på anden måde bliver tørret indendørs under anvendelse af varme), idet tørretumbleren kan bruge op til 3 til 5 gange så meget energi til at tørre tøj, som vaskemaskinen bruger til at vaske samme portion tøj.

Ved forskellige typer af vaskeopgaver stilles forskellige krav/forventninger til en vaskemaskine/-program (forstået som en vaskemaskine med et indlagt vaskeprogram).

De forskellige typer vaskeopgaver kan optræde ved:

- Vask i en husstand/familie
- Vask i fællesvaskeri, møntvaskeri o.l.
- Vask i institutioner
- Vask på hospitaler
- Specielle vaskeopgaver

De forskellige krav/forventninger kan formuleres med krav til største- eller mindsteværdier og/eller de kan vurderes relativt på en skala

## Anvendelse i fællesvaskerier, møntvaskerier o.l.

For vaskemaskine/-program (forstået som en vaskemaskine med et indlagt vaskeprogram) til anvendelse i fællesvaskerier, møntvaskerier og lignende er det opfattelsen hos leverandører og teknikere bag fællesvaskeri.dk, at nedenstående krav/vurderingsskalaer er hensigtsmæssige:

Klassegrænser 2010-03

Klasser	Energi	Vand	Tid	Centrifugeringsevne	Vaskeevne	Skylleevne
	kWh/kg	Liter/kg	Min	%		
1	< 0,30	< 14	< 72	< 56	> 0,80	< 1,9
2	< 0,25	< 12	< 64	< 52	> 0,88	< 1,7
3	< 0,22	< 10	< 56	< 48	> 0,92	< 1,5
4	< 0,19	< 8	< 48	< 44	> 0,96	< 1,3
5	< 0,16	< 6	< 40	< 40	> 1,00	< 1,1

Tabellen læses således at f.eks. for klasse 4 er energiforbruget pr kg vasketøj mindre end 0,19 kWh og større end eller lig med 0,16 kWh. Tilsvarende gælder for vaskeevneklasserne at f.eks. for klasse 3 er vaskeevnen større end 0,92 og mindre end eller lig med 0,96. Jo højere klasse som vaskemaskinens resultat ligger i for det enkelte forbrug eller for den enkelte præstation jo bedre.

Den resultatværdi der anvendes til indplacering af en vaskemaskine/-program i klasserne er en vægtet værdi der beregnes således:

Vægtet værdi = ((værdi ved 60 °C program, fuld last) x 3 + (værdi ved 60 °C program, halv last) x 2 + (værdi ved 40 °C program, halv last) x 2) / 7

Skylleevneresultatet bestemmes dog kun ved 60 C program, fuld last og anvendes direkte.

For at opnå en Smiley-vurdering som i tabellen nedenfor, skal en maskine/program mindst have resultater i det sæt klasser, som er vist. For oversigtens skyld er vist både klasse tallet og den grænse som hører til klassen.

Hvis en vaskemaskine f.eks. har en vaskeevne som er mindre end 0,88 kan den ikke få højere vurdering end Minimum ligegyldigt hvor gode resultater den har på andre områder. For at være egnet som fællesvaskerimaskine/-program skal den mindst have resultater i det sæt klasser, som er kaldt Minimum.

Krav til Smiley ifølge klassegrænser 2010-03

Vurdering	Energi	Vand	Tid	Centrifugeringsevne	Vaskeevne	Skylleevne
	kWh/kg	Liter/kg	Min	%		
Minimum	2 < 0,25	1 < 14	1 < 72	2 < 52	1 > 0,80	1 < 1,9
☺	3 < 0,22	2 < 12	1 < 72	3 < 48	2 > 0,88	2 < 1,7
☺☺	3 < 0,22	2 < 12	1 < 72	4 < 44	3 > 0,92	3 < 1,5
☺☺☺	4 < 0,19	3 < 10	2 < 64	4 < 44	4 > 0,96	4 < 1,3
Super ☺	5 < 0,16	4 < 8	2 < 64	5 < 40	5 > 1,00	5 < 1,1

For alle niveauer gælder:

Den højeste vasketemperatur målt i tøjet ved en vask skal svare til den nominelle temperatur på programmet med en tolerance på 10 %.

40 °C programmet skal således have en højeste vasketemperatur målt i tøjet i området 36 til 44 grader C.

For 60 °C programmet skal den nedre grænse dog være "højere end 55 grader C " af hensyn til husstøvmiderne. Den øvre grænse ifølge 10 % reglen er her 66 grader C.