

Rapport Duurzaamheidsprofiel Professionele Textielverzorging in Nederland

Hoofdclaims:

Duurzaam wassen door uitbesteden thuiswas:

- ***">17% energie per keer!"***
- ***">24% minder CO₂ uitstoot!"***
- ***"Nu per wasbeurt; >15 L water (meer dan 35%)!"***
- ***"Potentieel meer dan 80% water besparen: 3477 L water per jaar per Nederlander!"***
- ***"Plastic soup: Thuiswas meer dan 33%, professioneel wassen: 0,1%"***
- ***">2x zo milieuvriendelijk dan OPL"***

Subclaims

Professioneel hygiënisch wassen:

- ***">33% energie besparen en >38% minder CO₂ uitstoot. t.o.v. de thuiswas"***
- ***"Potentieel 60% aan CO₂ -reductie t.o.v. de thuiswas! (lage temperatuur)"***

Oplosmiddel Reiniging:

- De huidige professionele textielreiniging heeft gemiddeld een factor 2-3 lagere milieu impact dan de thuiswas.
- "Draagt niet bij aan de plastic soup!"

Inhoudsopgave

1. Waarom dit Rapport?.....	3
2. Doelstelling.....	3
3. Verzamelde gegevens.....	4
3.1 Thuiswas.....	4
3.2 Retail (textielreiniging).....	6
3.3 Industrieel wassen.....	6
4. CO ₂ -uitstoot RTC vs. thuiswas.....	8
4.1 Thuiswas: 96,65 kg CO ₂ -equivalent per persoon per jaar.....	8
4.2 RTC: 62,22 kg CO ₂ per persoon per jaar.....	8
4.3 RTC: Milieu impact gem. een factor 2-3 lager, TNO (2010 + 2012).....	9
5. CO ₂ -uitstoot ITS vs. thuiswas.....	13
5.1 2-3x milieuvriendelijker.....	13
5.2 24,2% vermindering van de CO ₂ -uitstoot.....	13
5.3 3.477 liter waterbesparing.....	14
5.4 Bijdrage van 12% aan het klimaatakkoord.....	15
5.5 60% energie reductie hygiënisch wassen.....	16
6. Industrieel Wassen: 2,2x milieuvriendelijker dan OPL.....	18
6.1 Eigen beheer vs textielservicebedrijf: verbruik van energie en water.....	18
Duurzaamheid van wassen in eigen beheer.....	18
Duurzaamheid van industrieel wassen.....	18
6.2 Duurzaamheidsvergelijking.....	19
6.3 Resultaten overige aspecten.....	19
Productiviteit.....	19
Hygiëne, proces- en kwaliteitscontrole.....	19
Arbo- en veiligheid.....	19
6.4 Conclusie.....	20
7. Bijdrage aan de Plastic Soup verwaarloosbaar.....	21
8. Conclusies.....	23
Referenties.....	23

1. Waarom dit Rapport?

Over het algemeen is iedereen het met elkaar eens dat een focus op het reduceren van de klimaatverandering belangrijk is voor bedrijven. Met het steeds duidelijker worden van klimaatverandering en de recente berichtgeving over de problemen met microplastics in de zee is duurzaamheid een belangrijk aandachtspunt geworden voor het bedrijfsleven. De overheid heeft het doel gesteld om in 2050 een reductie van broeikasgasuitstoot te realiseren van 90% ten opzichte van 1990 [9]. Daarvoor willen ze in 2030 al een reductie hebben bereikt van 49% [9]. In 1990 was de uitstoot 228 Mton CO₂ equivalent per jaar. Om aan dit doel te voldoen, zal dus de uitstoot van broeikasgas met 116 Mton CO₂ equivalent verminderd moeten worden in 2030 [9]. Naast alle bestaande voornemens werd vastgesteld dat er nog 48,7 Mton CO₂ gereduceerd moet worden om dit doel te halen, daarom zijn in het klimaatakkoord een groot aantal maatregelen afgesproken. In dit akkoord is de besparing verdeeld over een aantal sectoren, waaronder de gebouwde omgeving. Onder deze sector valt het energieverbruik van consumenten en dus ook de thuiswas. Deze sector heeft als taak om een extra 3,4 Mton CO₂ te reduceren [9]. De burgers zullen naast de industrie namelijk ook hun verantwoordelijkheid moeten nemen. Dit kan door het isoleren van huizen, maar bij de was liggen ook veel mogelijkheden.

Momenteel wordt ongeveer 5% van alle was gewassen door de professionele textielreiniger. Dat betekent dus, dat 95% nog door de gewone wasmachine thuis gewassen wordt. Hier kan dus nog veel gewonnen worden. Dat de natwassector continu bezig is met duurzaamheid is ook af te leiden aan het feit dat in de afgelopen 10 jaar, het energieverbruik is afgenomen met 25%. In dit rapport zullen we aantonen dat een professioneel wasproces minder energie verbruikt, en dat uitbesteden van de thuiswas tot een significante reductie van de CO₂-uitstoot zou kunnen leiden. De totale uitstoot van CO₂ door het wassen van kleding draagt uiteindelijk maar voor een kleine 1% bij aan de totale uitstoot van CO₂ in Nederland [2]. Het hele klimaatdoel van Nederland gaan we dus niet oplossen, maar dit kan toch voor mooie besparingen zorgen.

2. Doelstelling

Door de informatie in deze brochure zal er een duidelijker beeld geschetst worden van de milieu-impact van de thuiswas en het professioneel wassen. De uitstoot van CO₂ door een gemiddeld persoon zal hierbij als referentie worden gebruikt. Doel is om de CO₂-uitstoot als gevolg van het thuiswassen te vergelijken met die als gevolg van professioneel wassen en professioneel reinigen. Er zal hier onderscheid gemaakt worden in wat er nu al bespaard wordt, en wat in de toekomst mogelijk zal zijn.

3. Verzamelde gegevens

Om de CO₂-uitstoot als gevolg van thuiswassen, professioneel wassen en professioneel reinigen zo correct mogelijk te berekenen, is er zoveel mogelijk gebruikt gemaakt van data uit de literatuur en de resultaten van verschillende TKT-onderzoeken. Hieronder is een samenvatting van de verzamelde gegevens voor 3 verschillende sectoren:

1. Thuiswas
2. Retail/textielreiniging
3. Industrieel wassen

Deze data zullen verderop in het rapport verder toegelicht worden.

3.1 Thuiswas

Voor het energieverbruik van de thuiswas is uitgegaan van de data die gepresenteerd worden in de review: "Water and Energy Consumption in Domestic Laundering Worldwide" [1]. In deze studie wordt uitgegaan van een wasmachine van 5 kg met een gemiddelde belading van 3,7 kg. Deze waarde wordt in 2 eerdere studies ook gebruikt [12, 13]. In [1] wordt ook een gemiddelde temperatuur gegeven voor de thuiswas van 41°C voor Nederland. De gemiddelde wastemperatuur is voor een groot aantal landen weergegeven in de onderstaande tabel. De waarden in deze tabel is samengesteld uit waarden in meerdere publicaties [11, 14, 15].

Tabel 1 Energy consumption in Europe for domestic laundering according to [1]

Country	T/°C (average) [7, 8]	E/kWh cycle ⁻¹ [7, 8]	T/°C (average) [9]	E/kWh cycle ⁻¹ [9]
Austria	43.0	0.64		
Belgium	42.1	0.62		
France	39.7	0.57	41.8	0.62
Germany	42.2	0.63	45.0	0.69
Netherlands	41.0	0.60		
Switzerland	42.8	0.64		
Greece	41.5	0.61		
Italy	40.4	0.59	42.2	0.63
Portugal;	36.5	0.50		
Spain	33.9	0.44	33.9	0.44
Turkey	42.5	0.63		
Bulgaria	42.4	0.63		
Czech Republic	44.3	0.67	46.0	0.71
Hungary	41.8	0.62	46.1	0.71
Poland	44.0	0.67	47.4	0.74
Romania	42.8	0.64		
Slovakia	43.5	0.66		
Denmark	43.0	0.64		
Finland	45.1	0.69	46.5	0.72
Norway	45.2	0.69		
Sweden	45.3	0.70	47.3	0.74
Ireland	39.7	0.57		
UK	39.0	0.56	40.5	0.59

Het energieverbruik voor het thuiswassen en drogen in Nederland wordt weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Energieverbruik en CO₂-uitstoot als gevolg van het thuiswassen van textiel [2]

E _{wassen} in kWh/kg	E _{drogen} in kWh/kg	E _{totaal} in kWh/kg	E _{primair} in MJ/kg	CO ₂ in kg CO ₂ eq./kg
0,16	0,32	0,48	4,32	0,27

Doordat in [1] geen gegevens vermeld staan betreffende het drogen in Nederland is hier gebruik gemaakt voor data uit Duitsland, waarbij aangenomen wordt dat het droogproces in Duitsland vergelijkbaar is met dat in Nederland.

In tabel 3 wordt een overzicht gepresenteerd van het energieverbruik en de CO₂-uitstoot als gevolg van het thuiswassen in heel Nederland. Na enig rekenwerk, zoals te zien in tabel 4, volgt hieruit dat per persoon ongeveer 352 kg wasgoed per jaar gewassen wordt met een CO₂-uitstoot van 96 kg CO₂-equivalent. Als we de waarde voor het aantal wasbeurten per persoon per jaar uit tabel 4 gebruiken, samen met de waarde van 44 liter/wasbeurt [2] volgt hieruit, dat voor de thuiswas 4.180 liter water per jaar gebruikt. Bovendien draagt het thuiswassen per persoon per jaar tussen de 2 en 20g [5] vezels bij aan de plastic soup. Hiermee is de thuiswas verantwoordelijk voor de meer dan 33% microvezels die zich in de oceaan bevinden d.m.v. de thuiswas [7].

Tabel 3 CO₂-uitstoot en energieverbruik door het thuiswassen van textiel[2]

N per persoon per dag	M in kg per wasbeurt	n	Q in ton/jaar	E _{primair} in TJ/jaar	CO ₂ in ton CO ₂ eq./jaar
0,26	3,7	17.300.000	6.100.000	26266	1.669.000

N = aantal wasbeurten

M = belading machine in kg per wasbeurt

n = aantal Nederlanders in 2018

Q = hoeveelheid gewassen textiel

Tabel 4 Het gewassen textiel (Q) en waterverbruik (W) voor een gemiddeld persoon

N per persoon per dag	N per persoon per jaar	M in kg per wasbeurt	Q in kg per persoon per jaar	W in L per wasbeurt [2]	W in L per jaar
0,26	95	3,7	352	44	4.180

3.2 Retail (textielreiniging)

Voor de data in de Retail berekening zijn de getallen gebruikt voor de reiniging met PER zoals beschreven in het TNO rapport "Duurzaam reinigen" [3] en "Duurzaam reinigen II" [19]. Waarbij voor het omrekenen van verschillende energie-eenheden gebruikt gemaakt is van een rekentool op de site van "klimaatplein"[4]. Uit deze berekening volgt, dat dezelfde hoeveelheid textiel (352 kg per persoon per jaar) 62,22 kg CO₂-equivalenten per persoon per jaar oplevert. Dit betekent dat het proces van de stomerij 35% minder CO₂ uitstoot in vergelijking met de thuiswas. Bij dit getal moet er met een aantal aspecten rekening gehouden worden. De berekening is gebaseerd op de aanname dat het koelwater van de reinigingsmachines gebruikt wordt in het natwasproces op dezelfde locatie Dit is voor de meeste stomerijen stand der techniek [3]. Bij het industriële natwassen is de logistiek wel meegenomen, er is voor gekozen om dit niet te doen voor de stomerij, sinds het overgrote deel van het stoomgoed zelf door de klant gebracht wordt. Bij de stomerij wordt het residu, waar de losgekomen vezels (microplastics) zich in bevinden na de was, verbrand. Dit betekent dat de textielreiniger niet bijdraagt aan de plastic soup.

3.3 Industrieel wassen

Alle data voor het CO₂- en waterverbruik in de industrie komen uit "Duurzaamheid van de professionele textielverzorging" [2]. Hierin is ook een vergelijking gedaan tussen de industrie en de thuiswas. In deze studie is voor het industrieel wassen van het wasgoed dat nu thuisgewassen wordt uitgegaan van een wasproces in een wasbuis met een temperatuur van 40°C. De in deze studie gebruikte data voor het energieverbruik is gebaseerd op een TNO-rapportage uit 2014 [16]. Het effect van de temperatuur op het energieverbruik is te zien in Tabel 5.

Tabel 5 Energieverbruik bij professioneel wassen als functie van de procescondities[2, 16]

Proces	E _{elektrisch} in kWh/kg	E _{gas} in Nm ³ /kg	E in MJ/kg
Wasbuis, 40°C	0,0971	0,0743	3,20
Wasbuis, 60°C	0,0971	0,0772	3,28
Wasbuis, 75°C	0,0971	0,0965	3,89
Wasbuis, 85°C	0,0971	0,1265	4,84
Open-end, 40°C	0,107	0,103	4,56
Open-end, 85°C	0,107	0,176	6,88

Als het halen en brengen van de textiel meegenomen wordt, komt hier een CO₂ besparing uit van het wassen van de textiel door de industrie t.o.v. de thuiswas van meer dan 24%. Het gemiddelde waterverbruik bij industrieel wassen is momenteel 7,6 l/kg [10] wat neerkomt op gemiddeld 28,1 liter per wasbeurt als je dat omrekent naar de gemiddelde omvang van een wasbeurt thuis die 3,7kg bedraagt [1]. Voor de totale omvang van de thuiswas zou dat neerkomen op ongeveer 2.671 liter per persoon per jaar. Er zijn echter waarden voor het industriële waterverbruik gerapporteerd waarbij maar 2 l/kg aan water verbruikt wordt, oftewel 7,4 liter per wasbeurt. Dit zou dan uitkomen op 703 liter per persoon per jaar. De bijdrage van de PTC-industrie aan de plastic soup is verwaarloosbaar met 0,1% [5] t.o.v. die van de thuiswas.

4. CO₂-uitstoot RTC vs. thuiswas

Om een goede vergelijking te kunnen maken tussen het RTC proces en de thuiswas, wordt er gebruik gemaakt van een aantal berekeningen waarbij het gemiddelde zal worden uitgerekend wat 1 persoon in 1 jaar wast. Daarna wordt er gekeken hoeveel energie beide processen gebruiken en wat dat betekent voor de CO₂-emissie. Dit zal resulteren in een waarde die het verschil in de duurzaamheid aangeeft voor de beide processen. Deze berekening gaat er ook vanuit dat het bedrijf het meest efficiënt omgaat met zijn energie door het opgewarmde koelwater van de reinigingsmachines her te gebruiken in de natwasmachines. Het rendement van de opgewekte energie is in deze berekening meegenomen.

4.1 Thuiswas: 96,65 kg CO₂-equivalent per persoon per jaar

Zoals weergegeven in tabel 4, als we kijken naar 1 gemiddeld persoon kunnen we uitgaan van 0,26 wasbeurten per dag [6]. Per was wordt uitgegaan van een lading van 3,7kg [1], wat ongeveer een 75% belading is van een 5 kg wasmachine. Dit komt overeen met ongeveer 352 kg was per persoon per jaar.

Voor de energiehoeveelheid per kg was gebruiken we (voor Nederland) 0,16 kWh / kg [2]. Dit komt dan uit op 56,32 kWh per persoon per jaar. Voor het drogen gebruiken we de data van Duitsland, doordat de data voor NL niet bekend zijn. We nemen aan dat deze het dichtst bij die van NL liggen. Dit is 0,32 kWh/kg [11] wat uitkomt op 112,64 kWh per persoon per jaar. Bij het bepalen van dit gemiddelde energieverbruik voor het drogen, is gecompenseerd voor het feit dat thuis niet al het wasgoed in een droger gedroogd wordt, maar dat een deel ook aan de lijn gedroogd wordt. Het totale energieverbruik komt dan uit op 168,96 kWh voor wassen en drogen per persoon per jaar.

In Nederland komt momenteel 0,572 kg CO₂ vrij voor de productie van elektriciteit voor 1 kWh [2]. Dit komt dus uiteindelijk uit op gemiddeld 96,65 kg CO₂ per persoon per jaar voor de thuiswas!

4.2 RTC: 62,22 kg CO₂ per persoon per jaar

Voor de professionele reiniging zijn de getallen voor reiniging met PER gebruikt zoals vastgesteld door TNO [3]. Voor een belading van 80% is het energieverbruik 2,88 MJ_{primair} per kg textiel voor een stoom verwarmde machine. Er kan echter bij deze machine ongeveer 1,72 MJ per kg aan warmte teruggewonnen worden door hergebruik van het koelwater in de natwasmachines. Het hiervoor gecorrigeerde energieverbruik komt dan uit op 1,16 MJ per kg wasgoed, wat uitkomt op 408,32 MJ per persoon per jaar (voor 352 kg wasgoed per jaar). Met 38,7 MJ/m³ uit de "Natural gas conversion guide" [18], komt dit overeen met 10,55 m³ gas per persoon per jaar. Dit is equivalent aan 19,94 kg CO₂-uitstoot.[4]

Voor het drogen (elektrisch) kom je uit op een verbruik van 0,15 kWh per kg. De overige gebruikte energie (ook elektrisch) komt uit op 0,06 kWh per kg. Het totale verbruik aan elektrische energie komt dan uit op 0,21 kWh per kg = 73,92 kWh per persoon per jaar. Als we uitgaan van dezelfde waarde voor het aantal kg CO₂-uitstoot per kWh die we ook gebruikt

hebben bij de thuiswas, dan komt dit uit op 42,28 kg CO₂ per persoon per jaar voor de industriële reiniging.

Voor de professionele reiniging komen we dan uit op 62,22 kg CO₂ per persoon per jaar. Dit is dus een besparing van gemiddeld 34,43 kg CO₂ (36%) per persoon per jaar ten opzichte van de CO₂-emissie als gevolg van het thuiswassen! Deze besparing is alleen mogelijk indien het warme koelwater kan worden hergebruikt in het natwas proces. Een eventueel logistiek aandeel door het halen/brengen van het wasgoed is hier niet meegerekend. Het is natuurlijk niet realistisch om te veronderstellen dat de gehele thuiswas in de toekomst chemisch gereinigd gaat worden, deze berekening dient slechts ter illustratie om beide processen met elkaar te kunnen vergelijken. De bijdrage voor de plastic soup van de Retail Textile Cleaners, is 0 doordat de plastic microvezels terecht komen in het destillatieresidu wat verbrand wordt.

4.3 RTC: Milieu impact gem. een factor 2-3 lager, TNO (2010 + 2012)

De informatie voor de vergelijking van de verschillende professionele textielreinigingsprocessen t.o.v. de thuiswas is ook onderzocht in een rapportage van TNO uit 2010 [3] en het vervolg in 2012 [19]. In dit onderzoek heeft TNO een vergelijkende milieu impact analyse gemaakt van de volgende textielreinigingsprocessen:

- Professionele textielreiniging met perchloorethyleen (PER)
- Professionele textielreiniging met koolwaterstof (KWL)
- Professionele natreiniging
- Thuis wassen zoals een gemiddeld huishouden die uitvoert (47% van het wasgoed wordt machinaal gedroogd en 53% aan de lijn)
- Thuis wassen zoals huishoudens die een wasmachine en wasdroger hebben, dit uitvoeren (72,5% van het wasgoed wordt machinaal gedroogd en 27,5% aan de lijn)

In de vervolgstudie [19] is zijn hier nog een aantal anderen aangevoegd, zoals iPura KWL, iPura Siloxaan D5, Siloxaan D5, Rynex E3 en Solvon K4.

De vergelijkingen zijn gemaakt op basis van gelijk wasgoed en gelijke processen (reinigen/wassen en drogen). In de analyse zijn meegenomen de milieueffecten:

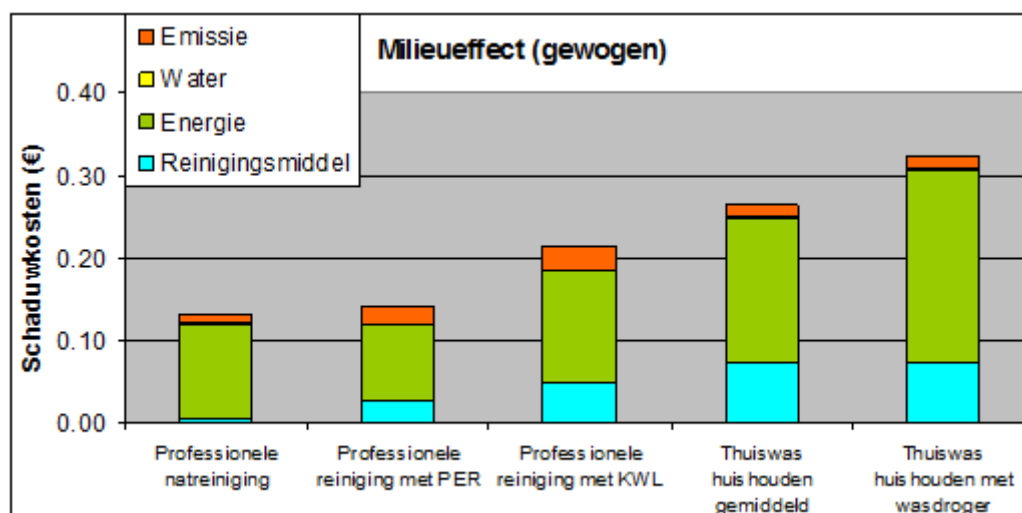
- van de productie van de verbruikte hulpmiddelen (reinigingsmiddel, oplosmiddel, water);
- van de opwekking van de bij de reiniging verbruikte energie;
- van de emissies (water, oplosmiddel, reinigingsmiddel).

De milieu-impact is weergegeven in kosten met behulp van de schaduw prijzen-methode. De totale milieuanalyse is de sommatie van de schaduwkosten van 10 verschillende milieu effecten. Deze kosten geven een indicatie van de maatschappelijke kosten voor het bestrijden van de gevolgen (emissie en uitputting) van materiaalgebruik. De 10 verschillende effecten zijn: Uitputting van abiotische grondstoffen (ADP), Verzuring (AP), Vermesting (EP), Klimaatverandering (GWP), Aantasting ozonlaag (ODP), Humane toxiciteit (HT), Aquatische ecotoxiciteit (FAETP), Marine ecotoxiciteit (MAETP), Terrestrische ecotoxiciteit (TETP) en Fotochemische oxidantvorming (POCP). Het rendement van de stoomopwekking, die gebruikt wordt voor de (indirecte) verwarming in het PER/KWL-proces, wordt geschat op 80% [3]. Het destillaat wordt gekoeld met koelwater, wat wordt opgewarmd van 10 naar 37°C [3]. Dit opgewarmde koelwater, wat na opslag/transport nog een temperatuur heeft van gem.

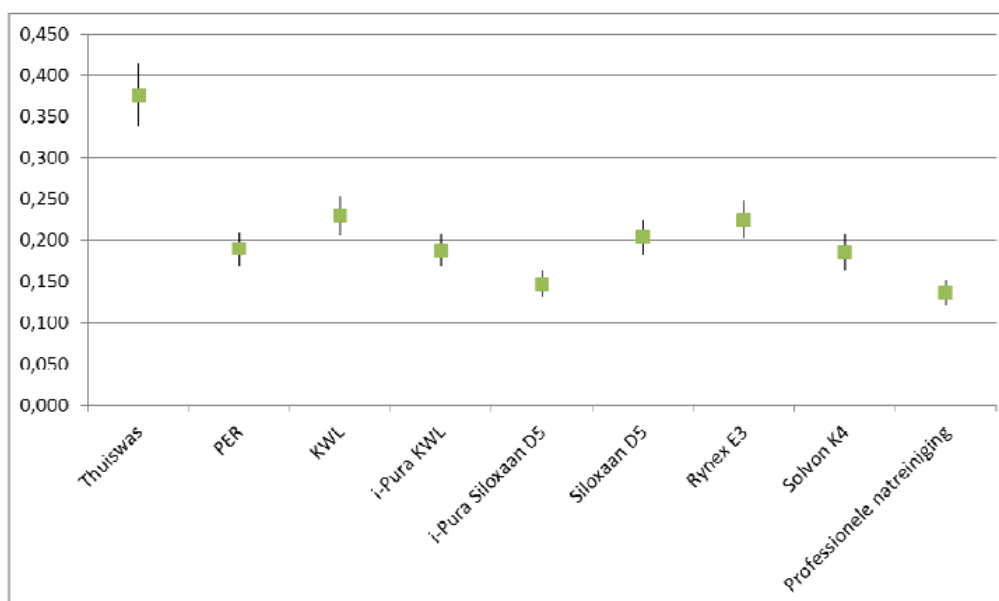
30°C [3], wordt hergebruikt in de natwas. Om dit volledig te hergebruiken is er ca. 3x zo veel natwasproductie nodig als PER productie [3]. Hier zijn de meeste stomerijen op ingesteld [3]. Vrijwel al het gebruikte oplosmiddel wordt teruggewonnen, het enige verlies is het restje PER/KWL wat nog in het wasgoed zit, dit is maximaal 10 g/kg gereinigd wasgoed [3].

Voor de professionele natreiniging is een temperatuur aangehouden van 40°C, dit is dezelfde temperatuur als gekozen is voor de thuiswas. In deze berekening is uitgegaan van een inname temperatuur van 15°C. In de praktijk zal al voorverwarmde koelwater gebruikt worden van de PER/KWL machines. Deze besparing is echter al toegekend aan de PER/KWL machines. Er is in deze studie nog uitgegaan van een stoom verwarmde wasdroger met luchtre circulatie en dus niet de meer energiezuinige gas verwarmde drogers.

De resultaten voor de verschillende processen zijn schematisch weergegeven in de onderstaande figuren. Figuur 1a geeft de schaduwkosten uit het TNO rapport uit 2010 [3], en Figuur 1b zoals die uit het vervolgrapport [19]. Figuur 2 geeft het broeikaseffect weer uitgedrukt in kg CO₂-equivalenten. Uit Figuur 1a en 1b blijkt dat de totale schaduwkosten veroorzaakt door de professionele reinigingsmethoden 40-65% lager zijn dan de gemiddelde situatie van de thuiswas reiniging.

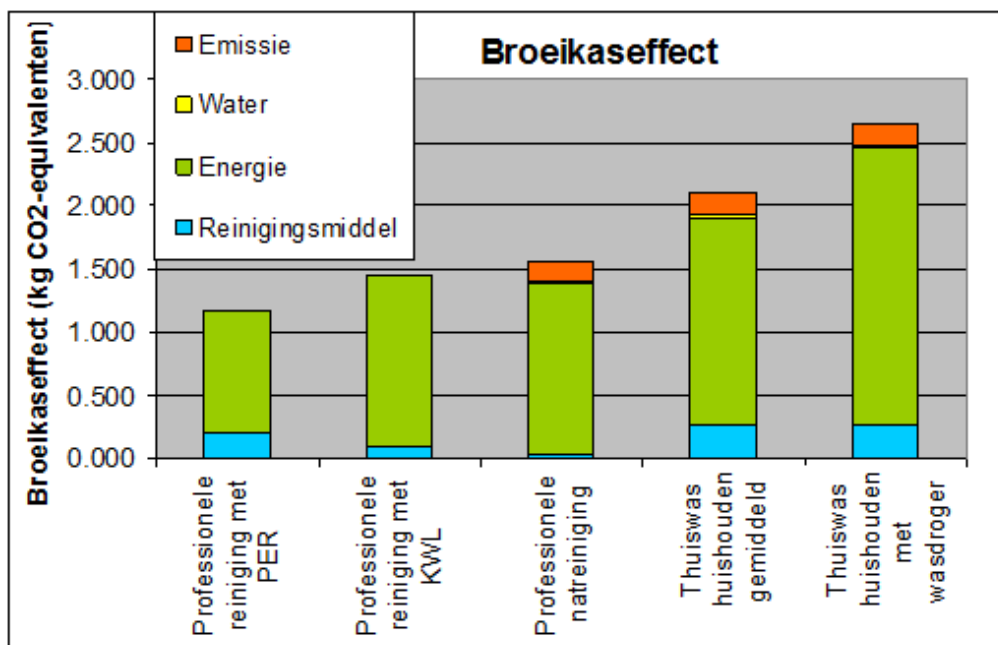


Figuur 1a Totale schaduwkosten van 10 verschillende milieueffecten voor 5 type reiniging voor 4 kilogram wasgoed [3]



Figuur 1b Totale schaduwkosten van 10 verschillende milieueffecten voor reiniging en droging van 4 kilogram wasgoed [19]

Figuur 2 geeft het broeikaseffect weer dat veroorzaakt wordt door de professionele reinigingsmethoden uitgedrukt in CO₂-equivalenten. Uit onderstaande figuur volgt, dat deze 25-45% [3] lager uitvallen t.o.v. de gemiddelde situatie van de thuiswas. Dit komt overeen met de gemiddelde waarden die in hoofdstuk 4.2 berekend zijn.



Figuur 2 Vergelijkende broeikaseffect van 5 typen reiniging van 4 kg wasgoed [3]

De algemene conclusie van de analyse in het TNO rapport [3, 19] is dat de huidige professionele textielreiniging gemiddeld een factor 2-3 lagere milieu impact heeft dan het thuiswassen van textiel. Binnen de professionele reiniging hebben de professionele natreiniging en de reiniging met perchloorethyleen relatief de laagste milieubelasting. Dit geldt voor:

- de milde professionele natreiniging zoals beschreven in ISO 3175-4, die is ontwikkeld voor relatief weinig vervuild gevoelig wasgoed (zoals wol);
- de perchloorethyleen reiniging volgens de laatste stand der techniek (zogenaamde 6e generatie). Hiermee wordt het verlies en de emissie van perchloorethyleen beperkt tot onder de 10 gram per kilogram gereinigd wasgoed;
- de situatie waarin de twee reinigingsmethoden tezamen worden uitgevoerd. Hierdoor kan het bij de perchloorethyleen reiniging gebruikte koelwater en de daarin aanwezige warmte, nuttig worden ingezet bij de natreiniging. In de praktijk komt de combinatie van natreiniging met perchloorethyleen- en/of koolwaterstofreiniging vrijwel altijd voor, omdat hiermee het breedste palet aan wasgoederen kan worden gereinigd.

De milieu impact van het thuis wassen blijkt relatief het sterkst te worden beïnvloed door de manier van drogen die wordt gehanteerd. Hoe meer wasgoed machinaal gedroogd wordt in wasdrogers, hoe groter de milieu impact. Momenteel wordt gemiddeld 46% van het gewassen wasgoed machinaal gedroogd. Dit percentage vertoont in de tijd een stijgende lijn. Steeds meer huishoudens krijgen namelijk beschikking over een machinale wasdroger. Huishoudens die een machinale wasdroger bezitten drogen hierin gemiddeld 72,5% van het gewassen wasgoed.

5. CO₂-uitstoot ITS vs. thuiswas

5.1 2-3x milieuvriendelijker

In een rapportage van TNO uit 2011 [8] is al een keer een vergelijking gemaakt van de duurzaamheidsaspecten tussen thuiswas en de industriële natwas. Hierbij is gekeken naar werkkleding voor het ziekenhuispersoneel. Hierbij werd het energieverbruik vergeleken als dezelfde kwaliteitseis zou worden gesteld aan beide processen. Dit betekent dat om dezelfde hygiënische kwaliteit te krijgen en bacterie reductie te kunnen garanderen, er voor het thuiswassen een temperatuur van 92°C aangehouden moet worden [8]. Uit dit onderzoek bleek dat het energieverbruik, zoals te zien in tabel 6, voor de thuiswas 2-3 keer hoger is.

Tabel 6 Specifiek energieverbruik (MJ primaire energie per kilo wasgoed) voor natwassen en drogen van twee typen wasgoed[8]

	Thuis	Industriële natwasserij
Dienstkleding ziekenhuis personeel	11,7	4,1
Werkkleding industrie personeel	9,4	4,7

5.2 24,2% vermindering van de CO₂-uitstoot

In het rapport "Duurzaamheid van de professionele textielverzorging" [2] zijn berekeningen gedaan voor de thuiswas in vergelijking met metingen uit de Industriële Textiel Service. In tabel 7 en figuur 3 zijn de waarden te vinden voor de CO₂-uitstoot door de natwasserijsector van de afgelopen jaren. Deze waarden zijn gemeten in het kader van de jaarlijkse monitoring voor de MJA-methodiek [10]. Een redelijke aanname die in [2] gemaakt wordt, is dat dit ongeveer 85% van de totale markt beslaat.

Tabel 7 Historische verloop energieverbruik en CO₂-uitstoot door de professionele textielverzorging[2, 10]

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
E in MJ/kg	5,95	5,77	5,45	5,39	5,27	5,08
E in kWh/kg	0,17	0,16	0,16	0,15	0,16	0,15
E in Nm ³ /kg	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12
CO ₂ in kg CO ₂ eq./kg	0,35	0,34	0,32	0,31	0,31	0,30



Figuur 3 Trend in CO₂-uitstoot door de professionele textielverzorging[2]

Uit deze cijfers is een trend te zien, die als deze zich voortzet, een CO₂-afname laat zien van 0,35kg CO₂ eq./kg in 2012 tot ongeveer 0,18kg CO₂ eq./kg in 2030[2]. Dit zou een reductie van bijna 50% zijn in 2030 t.o.v. 2012 in CO₂-uitstoot.

In [2] werd het energieverbruik en de daaruit resulterende CO₂-uitstoot voor het gemiddelde professionele wasproces in een wasbuis bij 40°C vergeleken met de thuiswas. De resultaten daarvan zijn weergegeven in tabel 8. Hieruit werd geconcludeerd, dat als de consument de was uitbesteedt aan een professionele textielverzorger, het een besparing van 17,5% in energie oplevert en een reductie van 24,2% in de CO₂-uitstoot.

Tabel 8 Energieverbruik en CO₂-uitstoot hygiënisch thuis wassen vergeleken met professioneel wassen[2]

	Eelektrisch in kWh/kg	E _{gas} in Nm ³ /kg	E _{logistiek} in MJ/kg	E in MJ/kg	Besparing in %	CO ₂ in kg CO ₂ eq./kg	Besparing in%
Professioneel 40°C	0,0971	0,0743	0,34	3,57	17,5	0,21	24,2
Thuiswassen	0,48			4,32		0,27	

5.3 3.477 liter waterbesparing

Voor de thuiswas is een waterverbruik genoteerd van 44 liter per wasbeurt [2,17]. Er is voor deze waarde uitgegaan dat de waarde voor Duitsland, zoals te zien in onderstaande tabel 9, vergelijkbaar is met die van Nederland. De verschillende kolommen corresponderen met verschillende artikelen waar deze data uit verzameld zijn door [2]. De data voor Duitsland komen uit [17].

Tabel 9 Overview of water consumption in domestic laundering in l/cycle worldwide [2]

Country	Water/L cycle ⁻¹	Water/L cycle ⁻¹	Water/L cycle ⁻¹	Water/L cycle ⁻¹
Australia	60			
Canada	144			
China	99			
Japan	120		110	
Korea	140			
Turkey	60			
USA	144	157	160	
Europe			75	
Germany				44

Uit de MJA-monitoring, komt een gemiddeld waterverbruik van 7,6 liter per kg, wat uitkomt op 28,3 liter per wasbeurt. Als we weer uitgaan van 0,26 wasbeurten per persoon per dag [6], komt dat uit op ongeveer 95 wassen per jaar. Dat betekent dat er momenteel door het professioneel wassen van textiel gemiddeld meer dan 1.491 l water per persoon per jaar bespaard kan worden. Uit metingen bij bedrijven [10], blijkt dat dit getal zelfs zou kunnen teruglopen tot 5 of zelfs 2 l/kg. Met een tunnelwasser die 2 l/kg gebruikt, zou dat 7,4 liter per (thuis)wasbeurt van 3,7 kg zijn wat een besparing zou opleveren van $44 - 7,4 = 36,6$ liter per wasbeurt (83,2%). De waterbesparing kan in potentie dus zelfs oplopen tot meer dan 80%. De resultaten van deze berekening zijn te zien in tabel 10. Dit betekent dat als in de loop van tijd overal de nieuwste tunnelwassers staan met een watergebruik van 2 l/kg, dan kan er per jaar 3.477 liter water per persoon bespaard kan worden!

Tabel 10 Potentieel voor waterbesparing bij vervanging van het thuiswassen van textiel door professioneel wassen [2].

	W in l/kg	M wasbeurt in kg	W in l/wasbeurt	Besparing in l/wasbeurt	Besparing in %
Thuis-was			44,0	0,0	0,0
FTN 2016	7,6	3,7	28,3	15,7	35,8
Professioneel 40 °C	5	3,7	18,5	25,5	58,0
Potentie	2	3,7	7,4	36,6	83,2

W = waterverbruik

5.4 Bijdrage van 12% aan het klimaatkkoord

In tabel 11 is de CO₂ besparing weergegeven bij verschillende percentages van thuiswas die door de professional wordt gedaan. Hierin wordt de thuiswas vergeleken met de professionele was in een wasbuis op 40°C. Als de consumenten besluiten om het thuiswassen van textiel voor 100% uit te besteden aan de professionele textielverzorgers, dan levert dat een reductie op van meer dan 400.000 ton CO₂-equivalenten aan uitstoot.

Deze 400.000 ton CO₂-equivalent aan reductie van broeikasgasuitstoot zou dan 12% voor zijn rekening nemen van de additionele reductie van 3,4 Mton CO₂-equivalent reductie van broeikasgas uitstoot in de gebouwde omgeving zoals overeengekomen in het klimaatakkoord.

Tabel 11 Energiebesparing en CO₂-reductie als een gedeelte van de thuiswas professioneel gewassen zou worden[2]

% thuis was -> professioneel		Q in ton per jaar	E in TJ/jaar	Besparing in TJ/jaar	CO ₂ in ton CO ₂ /jaar	Besparing CO ₂ in ton CO ₂ /jaar
5 %	Professioneel 40 °C	304002	1084	229	63242	20225
	Thuis	304002	1313		83467	
10%	Professioneel 40 °C	608004	2168	459	126483	40450
	Thuis	608004	2627		166934	
15%	Professioneel 40 °C	912006	3252	688	189725	60675
	Thuis	912006	3940		250400	
20%	Professioneel 40 °C	1216008	4336	917	252967	80901
	Thuis	1216008	5253		333867	
50%	Professioneel 40 °C	3040021	10840	2293	632417	202251
	Thuis	3040021	13133		834668	
75%	Professioneel 40 °C	4560031	16260	3439	948625	303377
	Thuis	4560031	19699		1252002	
100%	Professioneel 40 °C	6080041	21680	4586	1264833	404503
	Thuis	6080041	26266		1669336	

5.5 60% energie reductie hygiënisch wassen

Om dezelfde hygiënische kwaliteit te krijgen is voor het hygiënisch thuis wassen een hoge temperatuur noodzakelijk van 92°C. Bij het professionele proces is dezelfde kwaliteit te behalen met een lagere temperatuur. Hierdoor levert het professioneel wassen van textiel, dat vraagt om een hygiënische behandeling, momenteel al een energiebesparing op van 33,2% en een reductie van 38,6% in de CO₂ uitstoot, oftewel een reductie van de broeikasgas uitstoot van 64.000 ton CO₂-equivalent per jaar [2].

In tabel 12 is te zien, dat indien de professionele wassector voor dit hygiënische pakket volledig zou overstappen naar hygiënisch wassen op lage temperaturen, wat nu met de nieuwste processen al technisch mogelijk is, dat zou resulteren in een energiebesparing van 56,5 % en een reductie van 60,0% in de CO₂-uitstoot, oftewel een reductie van de broeikasgas uitstoot van 100.000 ton CO₂-equivalent per jaar [2].

Tabel 12 Potentiële energiebesparing en reductie CO₂-uitstoot door professioneel hygiënisch wassen bij 40°C[2]

	Eelektrisch in kWh/kg	E _{gas} in Nm ³ /kg	E _{logistiek} in MJ/kg	E in MJ/kg	Besparing in %	CO ₂ in kg CO ₂ eq./kg	Besparing in%
Professioneel wasbuis 40°C	0,0971	0,0743	0,34	3,57	56,5	0,21	60,0
Hygiënisch thuis wassen	1,037			8,19		0,52	

6. Industrieel Wassen: 2,2x milieuvriendelijker dan OPL

In het project Thuis II, een TNO project uit 2011, is een duurzaamheidsvergelijking opgesteld tussen het wassen op locatie (OPL: On Premise Laundry) en het wassen in een industrieel textielservicebedrijf. Aanleiding voor dit project is dat is vastgesteld dat er in veel zorginstellingen deels in eigen beheer gewassen wordt, terwijl er ook vaak een contract is met een textielservicebedrijf. De situatie die vaak aangetroffen wordt is dat het platgoed uitbesteed aan een textielservice bedrijf wordt en dat vooral de bovenkleding van bewoners in eigen beheer gewassen wordt. Om te inventariseren of het duurzamer is om de bovenkleding ook uit te besteden aan een textielservice bedrijf, is dit onderzoek uitgevoerd.

Van de totale hoeveelheid wasgoed die jaarlijks voor zorginstellingen wordt gewassen, wordt 40% uitbesteed aan een textielservicebedrijf. Ongeveer 60% (circa 50 miljoen kg) wordt nog in eigen beheer gewassen.

6.1 Eigen beheer vs textielservicebedrijf: verbruik van energie en water

Duurzaamheid van wassen in eigen beheer

Door middel van vaststelling van apparatuur, energieverbruik van apparatuur en beladingsgraad is bij iedere locatie het verbruik van energie en water per kg wasgoed bepaald. Vastgesteld is dat de beladingsgraad voor witte en bonte was rond de 60% lag. De beladingsgraad van fijnwas was circa 37%. De op basis van deze gegevens vastgestelde energieverbruiken per kg wasgoed zijn weergegeven in Tabel 13. De verbruiken zijn uitgedrukt in primaire energie.

Tabel 13 Energieverbruik voor wassen en drogen van één kg wasgoed bij de OPL locaties

Locatie	Specifiek energieverbruik (MJ primaire energie/kg)			Totaal gemiddeld
	Wassen	Drogen	Totaal	
1	4,0	3,0	7,0	7,8
2	2,3	3,0	5,3	
3	3,7	6,4	10,1	
4	3,3	6,4	9,7	
5	1,8	3,0	4,8	
6	3,6	6,4	10,0	

Zoals te zien is er een grote diversiteit vastgesteld wat verbruik van primaire energie door de was- en droogprocessen. Dit is terug te voeren op de werkprocessen en de gebruikte apparatuur, met name de energiebron die voor warmteopwekking ingezet wordt. In termen van primaire energie is vooral opwekking van warmte door elektriciteit zeer ongunstig. Dit zien we dus bij locaties 1, 3, 4 en 6. Bij locaties 2 en 5 zijn de drogers gasgestookt en wordt het warme water voor de wasmachines met een externe gasgestookte boiler verwarmd. Deze locaties zijn ook de enige locaties waar onthard water gebruikt wordt voor het wassen. Voor het spoelen gebruiken geen van de locaties onthard water. Het waterverbruik ligt bij een eigen beheer situatie rond de 25 kg per liter.

Duurzaamheid van industrieel wassen

Door TNO en de gebruikersgroep zijn energieverbruiken vastgesteld voor was- en droogprocessen in een textielservicebedrijf. Voor het platgoed is uitgegaan van een wasbuis

met een 75°C wasproces, warmteterugwinning en persontwering. Voor het drogen van het platgoed is uitgegaan van een gasmangel. Voor platgoed dat op deze wijze gewassen gedroogd wordt is het totale primaire energieverbruik vastgesteld op 4,1 MJ/kg. Voor de persoonlijke kleding is uitgegaan van open-end machines met een wasproces van 55°C, stoomverwarming centrifuge en drogen in een gasdroger of gasfinisher. De verbruiken van gas en elektra en de omrekening naar primaire energie zijn gebaseerd op ervaringsgetallen uit de branche en berekeningen van TNO Industrie & Techniek. Voor bovenkleding die via open-end machines wordt gewassen en wordt gedroogd in een voldroger of gasfinisher is het totale primaire energieverbruik vastgesteld op 4,7 MJ/kg. In een industriële situatie ligt het waterverbruik rond de 12 liter/kg voor de genoemde textielpakketten.

6.2 Duurzaamheidsvergelijking

Als we nu deze getallen voor wassen en drogen vergelijken met tabel 2 stellen we vast dat over het algemeen de industriële was- en droogprocessen aanzienlijk zuiniger zijn. Echter, met de juiste apparatuur is het mogelijk in een eigen beheer situatie om de industriële verbruiken zeer dicht te benaderen. Dit is echter niet als representatief te zien en zal bij veel locaties niet te realiseren zijn. Gasgestookte drogers en gebruik van met gas voorverwarmd water zullen in veel locaties niet mogelijk zijn vanuit veiligheidsoverwegingen danwel bouwtechnische redenen. Op basis van het gemiddelde energieverbruik van de locaties kan gesteld worden dat wassen en drogen in eigen beheer gemiddeld 1,7 keer zoveel milieubelasting veroorzaakt per kg wasgoed t.o.v. een industriële situatie met uitschieters tot 2,2 keer zoveel milieubelasting. Tevens ligt het waterverbruik in de eigen beheer situatie twee keer hoger.

6.3 Resultaten overige aspecten

Naast energieverbruik is er ook gekeken naar een aantal aspecten dat belangrijk zijn voor de kwaliteit van het totale proces.

Productiviteit

De combinatie van werkprocedures en apparatuur leidt bij de bezochte locaties tot een productiviteit van iets meer dan 6 kg wasgoed per gewerkt uur. Deze parameter kende zeer weinig spreiding.

Hygiëne, proces- en kwaliteitscontrole

Hygiëne is een combinatie van werk- en wasprocessen. Wat betreft hygiënezorg is een grote diversiteit aangetroffen op de bezochte locaties. Hiermee samenhangend dient opgemerkt te worden dat geen van de bezochte locaties een kwaliteitssysteem heeft vastgelegd. Ook wordt er geen administratie bijgehouden van de activiteiten. Gebruik van onthard water vergemakkelijkt de vlekverwijdering, vermindert de slijtage van het textiel en is ook beter voor de apparatuur en is dus een belangrijke randvoorwaarde voor goede wasprocessen; dit werd slechts beperkt ingezet bij de bezochte locaties.

Arbo- en veiligheid

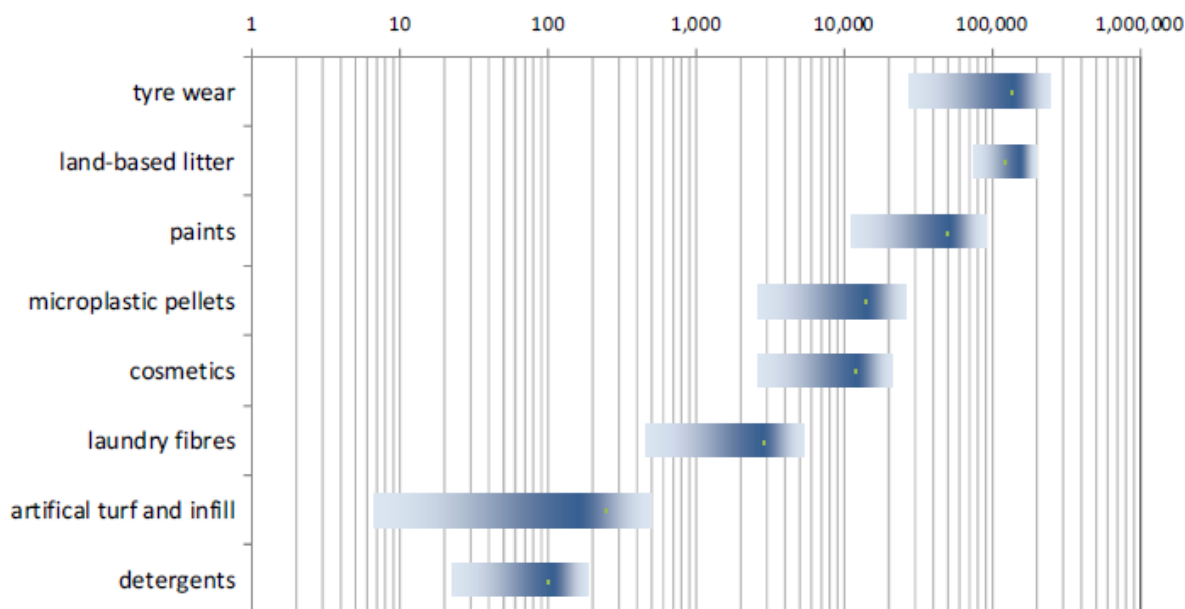
Bij de bezochte locaties staan de grotere machines opgesteld op een verhoging om in- en uitladen te vergemakkelijken. Het uitladen van machines met een capaciteit van 13 kg en groter wordt vaak als zwaar ervaren, vooral bij de natte was uit de wasmachines. In de vaak krappe ruimtes vormen de containers wasgoed snel een belemmering van de vluchtwegen.

6.4 Conclusie

Er is vastgesteld dat “wassen in eigen beheer” een grote diversiteit kent wat betreft apparatuur, wasprocessen en verbruik van energie en water. Gemiddeld veroorzaakt wassen in eigen beheer 1,7 keer zoveel milieu-impact per kg wasgoed vergeleken met industrieel wassen, met daarbij uitschieters tot 2,2 keer zoveel milieu-impact. Onthard water voor wassen werd in slechts 33% van de gevallen gebruikt en voor het spoelen helemaal niet. De productiviteit ligt bij 6,3 kg wasgoed per gewerkt uur en kent weinig spreiding over de 6 locaties. De hygiënezorg – toch niet onbelangrijk in zorginstellingen – was wisselend en niet gebaseerd op kwaliteitssystemen, daar deze volledig ontbraken net als administratie van handelingen om borging te garanderen.

7. Bijdrage aan de Plastic Soup verwaarloosbaar

In een studie van de OSPAR, een commissie die zich inzet voor het beschermen en behouden van de Noord - Oost Atlantische oceaan, uit 2017 [5] wordt een overzicht gegeven van de origine van de microdeeltjes (microplastic) die in de zee belanden. De deelnemende landen aan dit onderzoek zijn: België, Denemarken, de Europese Unie, Finland, Frankrijk, Duitsland, IJsland, Ierland, Luxemburg, Nederland, Noorwegen, Portugal, Spanje, Zweden, Zwitserland en het Verenigd Koninkrijk. De microplastics-bronnen omvatten meerdere segmenten waaronder vezels die vrijkomen uit de was (laundry fibres). Het dekt ook de uitstoot van groter plastic afval dat weggegooid wordt in de natuur. De geschatte bronemissies worden weergegeven in figuur 4. Bij de thuiswas zullen heel veel kleine vezels in het afvalwater terecht komen. Dit komt omdat bij elke wasbeurt er kleine vezels van je kleding zullen afbreken. Omdat de wasmachine thuis geen filter heeft, zullen die allemaal in het riool terecht komen.



Figuur 4 Estimated emissions of microplastics in OSPAR catchments (tonnes / year). The bars represent the uncertainty margins of the emission, white dots represent the midpoint [5]

In een studie van de IUCN (International Union for Conservation of Nature), Zwitserland [7] werd vastgesteld dat het thuis en professioneel wassen van textiel voor bijna 35% (34,8%) bijdraagt aan de hoeveelheid microvezels die in het ecosysteem belanden. Hiervan draagt het industrieel reinigen nauwelijks iets bij. Dit is maar ong. 0,1% [5] van het totaal! Deze waarde is gebaseerd op een schatting dat ongeveer 9 ton synthetische vezels per jaar door de industrie worden bijgedragen (vergeleken met de ong. 8.500 ton welke gegeven is in tabel 14). De aanname is dat dit komt doordat de industriële reiniging beschikt over filters, die katoen en plastic vezels zo veel mogelijk uit het afvalwater proberen te halen. Volgens deze studie draagt een persoon per jaar door het doen van de was tussen de 2 en 20g [5] vezels

bij aan het oppervlaktewater. Het totaal aan vezel emissie wat per jaar wordt uitgestoten is te zien in tabel 14. Deze waarden zijn een gemiddelde over alle deelnemende landen. Men neemt aan dat ongeveer 2/3 van de vezels achterblijven in de riooldrab, welke weer terug de natuur in kunnen komen als deze drab over het land wordt verspreid.

Tabel 14 Estimated laundry fibre emissions [tonnes/year] in the OSPAR Maritime Area for the reference year 2015 [5]

	OSPAR countries	OSPAR catchment
fibres in laundry effluent	10,400 (1,600-19,200)	8,500(1,300-15,700)
fibres directly to surface water	1,100 (160-1,900)	800 (120-1,400)
fibres in STP effluent	2,600 (410-4,800)	2,200(340-4,000)
total laundry fibre emission to water	3,700 (570-6,800)	2,900 (460-5,400)
fibres in sewage sludge	6,700 (1,000-12,400)	5,600 (880-10,300)

8. Conclusies

De algemene conclusie is dat de huidige professionele textiel reiniger op veel aspecten beter presteert op het gebied van duurzaamheid, dan de thuiswas. Voor professioneel wassen is een reductie van de CO₂-uitstoot van 24,2% mogelijk t.o.v. de thuiswas.

Als we kijken naar de werkkleding die hygiënisch schoon moet zijn, is het wassen in een industriële wasmachine (wasbuis) zelfs 2 tot 3x milieuvriendelijk t.o.v. thuis wassen. Momenteel is het wassen van hygiënisch textiel goed voor een besparing van meer dan 33% energie en meer dan 38% CO₂ eq. Dit getal kan nog verbeterd worden. Als alle textiel die hygiënisch schoon moet zijn met een proces gereinigd wordt wat gebruik maakt van een lagere temperatuur, dan kan dat tot een reductie leiden van meer dan 56% energie en 60% CO₂-uitstoot.

Het proces van de stomerij is een factor 2 milieuvriendelijker dan het thuiswassen. Dit is vooral te danken aan het feit dat de verliezen van het oplosmiddel geminimaliseerd zijn. Innovaties op textielreinigingsgebied hebben ertoe geleid dat tegenwoordig een groot deel van het wasgoed door professionele textielreinigers op zeer milde wijze nat (met water en zeep) gereinigd wordt. Deze wijze van reiniging is inmiddels beschreven in de internationale standaard ISO 3175-4. Deze reinigingsmethode blijkt een relatief zeer lage milieubelasting te hebben en het gebruik draagt daarom bij aan een verlaging van de totale milieubelasting. Als puur de CO₂ uitstoot bekeken wordt van de textielreiniging in de twee processen, PER vs. de thuiswas, komt dat uit op 36% minder CO₂ uitstoot. Wel is de waarde van 36% sterk afhankelijk van de mogelijkheid van de reiniger om zijn energie optimaal te gebruiken, en het koelwater van de reinigingsmachines in te zetten in een ander proces.

Voor het waterverbruik wordt er momenteel al bijna 1.500 l water per persoon per jaar bespaard door de textiel die door de professional gewassen wordt. Als er uiteindelijk gebruik gemaakt wordt van de meest recente tunnelwassers welke 2 l/kg kan halen, dan kan er tot wel 3.477 liter water bespaard worden per persoon per jaar t.o.v. de thuiswas. Dit is hoofdzakelijk te danken aan het feit dat in de industrie veel water gerecycled kan worden, in sommige gevallen wordt 70 – 85% van het water hergebruikt.

De bijdrage van het wassen aan de plastic soup, is voor de industrie te verwaarlozen, wij nemen aan dat dit te wijten is aan het gebruik van filters, welke niet worden gebruikt in de thuiswas. Als gevolg van het thuiswassen komt er per jaar 2 – 20 g plastic microfibers per persoon via het riool in de zee terecht welke voor bijna 35% bijdragen aan de microplastics in de oceaan.

Referenties

- [1] Henk Gooijer, Rainer Stamminger, Water and Energy Consumption in Domestic Laundering Worldwide- A Review, Tenside Surf. Det. 53 (2016), 402-409
- [2] H. Gooijer, Duurzaamheid van de professionele textielverzorging, TKT-rapport, 22-02-2019
- [3] A.W. Wijkema, R.N. van Gijlswijk, Duurzaam reinigen – Vergelijkende analyse van de milieubelasting van textielreiniging bij huishoudens thuis en bij professionele reinigers, TNO-rapport 30-03-2010
- [4] <https://www.klimaatplein.com> geraadpleegd op 20 februari 2019
- [5] OSPAR - Assessment document of land based inputs of microplastics in the marine environment
- [6] Watergebruik thuis 2010, Henk Foekema, Lisanne van Thiel, C7455, 28-10-2011, TNSNipo
- [7] Boucher, J. and Friot D. (2017). Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: IUCN. 43pp.
- [8] A.W. Wijkema, Wassen van bedrijfs- en dienstkleding: vergelijkende duurzaamheidsanalyse tussen thuiswas en industriële natwas, TNO-rapport 3-5-2011

- [9] <https://www.klimaatakkoord.nl/klimaatakkoord/vraag-en-antwoord/wat-is-het-doel-van-het-klimaatakkoordSER> geraadpleegd op 20 februari 2019
- [10] MJA-monitoring Industriële natwasserijen, 2017
- [11] Schmitz, A. and Stamminger, R.: Usage behaviour and related energy consumption of European consumers for washing and drying, *Energy Efficiency* 7(2014) 937–954. DOI:110.1007/s12053-014-9268-4
- [12] Pakula, C. and Stamminger, R.: Electricity and water consumption for laundry washing by washing machines worldwide, *Energy Efficiency* 3 (2010) 365– 382. DOI:10.1007/s12053-009-9072-8
- [13] Kruschwitz, A., Karle, A., Schmitz, A. and Stamminger, R.: Consumer laundry practices, *Int. J. Consumer Studies* 38 (2014) 265–277. DOI:10.1111/ijcs.12091
- [14] Stamminger, R. and Schmitz, A.: Dossier Rainer Stamminger Part 1: Consumer behaviour, Household Appliance and Technology Section, Institute for Agricultural Engineering, University of Bonn (May 2013).
- [15] Pakula, C. and Stamminger, R.: Dossier Rainer Stamminger Part 2: Energy Efficiency Potential of Temperature and Load Reduction an Automatic Laundry Washing Process, Household Appliance and Technology Section, Institute for Agricultural Engineering, University of Bonn (October 2013).
- [16] A.W. Wijkema, Milieuverantwoord, hygiënisch wassen, Vergelijkende analyse van de milieubelasting van verschillende hygiënische textielreinigingsmethoden, TNO-rapport, 9 december 2014
- [17] Berkholz, P., Brueckner, A., Kruschwitz, A and Stamminger, R.: Verbraucherverhalten und verhaltenabhaengige Einsparpotentiale beim Betrieb von Waschmaschinen, Schriftenreihe der Haushaltstechnik Bonn, Band 1/2007.
- [18] International Gas Union (IGU), "Natural gas conversion guide" (2012)
- [19] A.W. Wypkema, R. N. van Gijlswijk, Duurzaam reinigen II. Vergelijkende vervolganalyse van de milieubelasting van textielreiniging bij huishoudens thuis en bij professionele reinigers, TNO-rapport, april 2012