

ENZYMER I VASKEMIDDEL



B316A : Stine Mortensen, Erika Hjalgrímsdóttir, Nikolaj Døssing,
Thomas Mølgaard, Iben Engell, Christian Dandanel og Casper Lind



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Titel:

Enzymer i vaskemiddel

Projekt:

P0-projekt

Projektperiode:

September 2016 - Oktober 2016

Projektgruppe:

B316a

Forfattere:

Casper Lind
Christian Dandanel Jørgensen
Erika Hjalgrímsdóttir
Iben Engell Paulsen
Nikolaj Døssing bak
Stine Bothilde Mortensen
Thomas Mølgaard Johannsen

Vejleder:

Morten Simonsen Dueholm

Bivejleder:

Liping Hao

Printet kopier: 4

Sidenumre i alt: 18

Appendix: 15-18

Færdig: 10/10-2016

Første Semester, Teknisk-Naturvidenskabelige
Fakultet ved Aalborg Universitet

Bioteknologi

Strandvejen 12-14

9000 Aalborg

<http://www.tnb.aau.dk>

Abstract:

Global warming is a gradually change in temperature on the Earth's surface, the atmosphere and seas. Global warming creates different problems around the world. There are different causes of the global warming and some of them can be prevented or diminished completely by the exchange of different solutions. In this project Group 316a of Aalborg University will try to compile a problem statement to investigate a way to prevent global warming, by experimental examination of enzymes and extremozymes in cold- and warm water detergent.

Forord

Denne rapport er udarbejdet af gruppe B316a i efteråret 2016 fra d. 1 september til d. 10 oktober. Den er skrevet som en semesterrapport på 1. semester på det Tekniske-Naturvidenskabelige Fakultet på Aalborg Universitet, hvor hovedemnet er enzymteknologi. Der var to forskellige underemner at vælge mellem, hvor der blev valgt at skrive om *Enzymer i vaskemidler*, hvilket omhandler enzyms aktivitet i et koldt- og varmtvandsvaskemiddel. Før problemet undersøges, kommer der en *indledning*, som starter ud med tre afsnit, der forklarer årsagen, problematikken og hvad der kan gøres ved den globale opvarmning. Afsnittene kommer i følgende rækkefølge: *Årsagen til global opvarmning*, *Problemer ved global opvarmning* og *Hvad der kan gøres ved global opvarmning*. Herefter bliver det forklaret, hvor meget der kan bespares på en tøjvask vha. forskellige typer vaskemiddel og hvilke bestanddele, der er i disse vaskemidler. Afsnittene kommer i følgende rækkefølge: *Energiforbrug i tøjvask* og *Vaskemidlers bestanddele*. Enzymer og ekstreme enzymer, som er den bestanddel i vaskemiddel, der bliver kigget på, bliver beskrevet i afsnittene i følgende rækkefølge: *Enzymer* og *Ekstreme enzymer*. Her slutes af med en problemformulering i afsnittet *Problemformulering*. Referencer er sorteret efter forfatter og derefter årstallet udgivelsen af kilden, hvilket er opstillet i en kantet parentes. Ved kilder med flere end to forfattere, skrives den første forfatters navn efterfuldt af det latinske *et al.* Kilderne i afsnittet *Litteratur* er opstillet med forfatter først, dernæst udgivelsesårstal og til sidst titlen. Hvis der er referes til en hjemmeside, så tilføjes URL som det sidste. Figurer uden referencer er lavet af forfatterne af denne rapport. Figure, ligninger og tabeller er nummereret i rækkefølge separat.



Casper Lind



Christian Dandanel Jørgensen



Erika Hjalgrímsdóttir



Iben Engell Paulsen



Nikolaj Døssing Bak



Stine Bothilde Mortensen



Thomas Møgaard Johannsen

Definition

Selvom ordforklaring oftest er placeret bagerst i bøger og andre tidsskrifter, er den i denne rapport placeret forest for at give den fulde forståelse af opgaven.

- **Global opvarmning:** En gradvis ændring i temperaturen ved Jordens overflade, have og atmosfære [Bradford, 2014], [Enrico Marchetti and Freda, 2016].
- **Fossile brændstoffer:** En generel betegnelse for brændbare geologiske aflejringer af kulstof af biologisk oprindelse, herunder kul, olie, naturgas, olieskifer, og tjæresand [Agency, 2006].
- **Ultraviolet stråling (UV-stråling):** Elektromagnetiske stråler med en bølgelængde på ca. 10-400 nm [den store danske, 2009f].
- **Substrat:** Et stof, som et specifikt enzym kan katalysere [den store danske, 2009e].
- **Hydrotermiske væld:** En revne i havbunden, hvor vand ved en temperatur på 20-400 °C strømmer ud [den store danske, 2009d].
- **hypertermofile organismer:** Organismer som veltrives ved høje temperature. [F. Sarmiento and Blamey, 2015]
- **Biohabitat:** Eller biotop er et levested, som bliver defineret af miljøfaktorer [den store danske, 2009a].
- **Biomolekyler:** Molekyle som fremkommer naturligt i levende organismer [Eaton, 2012].
- **Hydrofil:** Er betegnelsen for stoffer, der gerne vil binde sig med vand [den store danske, 2009b].
- **Hydrofob:** Er betegnelsen for stoffer, der ikke vil binde sig med vand [den store danske, 2009c].

Indhold

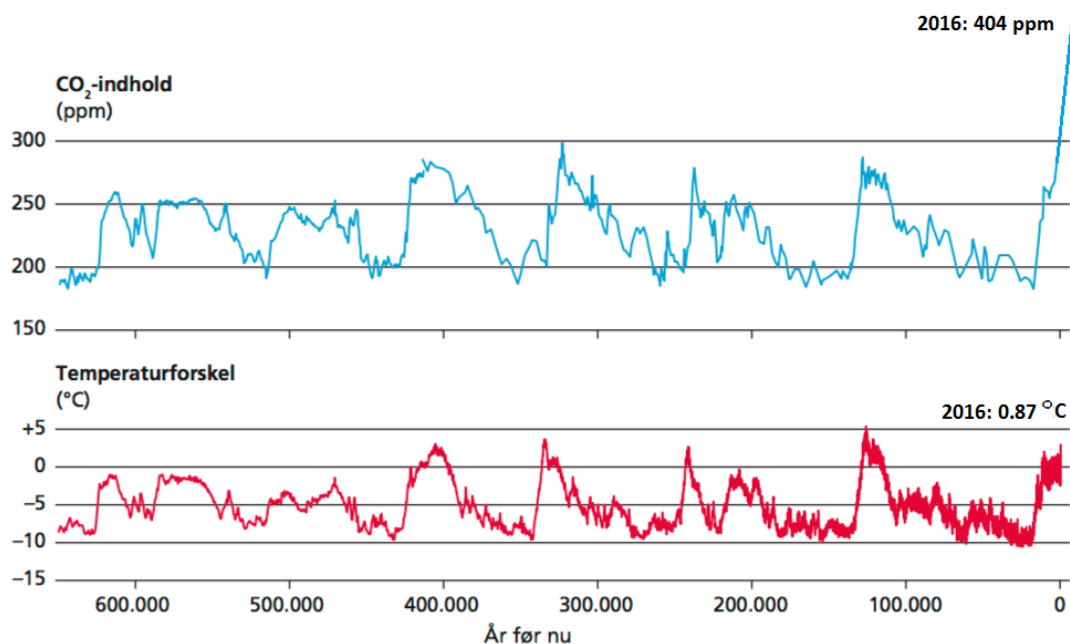
1	Indledning	1
1.1	Årsagen til global opvarmning	1
1.2	Problemer ved global opvarmning	2
1.3	Hvad der kan gøres ved global opvarmning	4
1.4	Energiforbrug ved tøjvask	5
1.5	Vaskemidlers bestanddele	6
1.6	Enzymer	9
1.7	Ekstreme enzymer	10
1.8	Problemformulering	11
2	Appendix A	15

1 Indledning

Global opvarmning er en gradvis ændring i temperaturen ved Jordens overflade, have og atmosfære [Bradford, 2014], [Enrico Marchetti and Freda, 2016]. Global opvarmning skaber forskellige problematikker i hele verden. Der er forskellige årsager til global opvarmning, og disse kan forhindres eller mindskes ved hjælp af forskellige løsninger.

1.1 Årsagen til global opvarmning

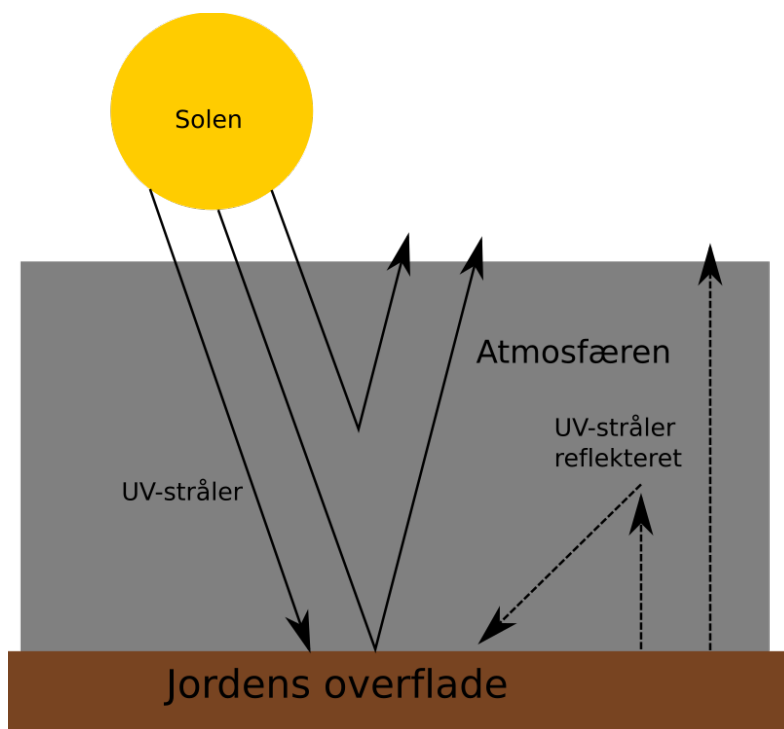
Jorden er blevet opvarmet og nedkølet gennem de sidste hundredtusinde år, hvoraf der er en sammenhæng mellem udslip af bestemte gasser og temperaturstigningen. Disse bestemte gasser, også kaldet drivhusgasser, er bestående af CO_2 , H_2O , CH_4 og N_2O . Den gennemsnitlige temperatur på Jorden er omkring 15°C , men hvis ikke gasserne var til stede på Jorden, så ville Jordens temperatur være omkring -18°C . Derfor er gasserne vigtige for at der kan være liv på Jorden. De sidste 150 år har mennesket brugt mange fossile brændstoffer, hvilket har udledt mange af gasserne, hvormed der er skabt en for stor koncentration i atmosfæren [of University of California, 2007]. Nedenstående figur 1 viser sammenhængen mellem temperaturstigning og CO_2 udslip gennem de sidste 600.000 år [et al., 2008a].



Figur 1: *x*-aksen viser tiden målt i år før år 2007. Den blå graf viser CO_2 -indhold på *y*-aksen målt i millioptendele (ppm). Den røde graf viser temperaturforskel på *y*-aksen målt i celcius grader ($^\circ\text{C}$) [et al., 2008a]. I enden af graferne er CO_2 indholdet og temperaturenforskellen noteret for år 2016 [H. Shaftel, 2016].

Gasserne omtales som drivhusgasser, da de holder på varmen inde i Jordens atmosfære. Denne opførsel

kan dermed sammenlignes med et drivhus, som også holder på varmen. Ved Jordens tilfælde sker det ved at solens UV-stråler rammer og absorberes af Jorden, hvorved Jorden bliver opvarmet. Nogle af disse UV-stråler bliver reflekteret ud af Jordens atmosfære, mens andre bliver absorberet af partikler i atmosfæren, hvilket risikerer at radiere UV-strålerne tilbage på Jorden. Jo flere af disse partikler der er i Jordens atmosfære, desto større bliver opvarmningen af Jorden og dermed også den globale opvarmning (se nedenstående figur 2) [Aerapeutics and Administration, 1998].

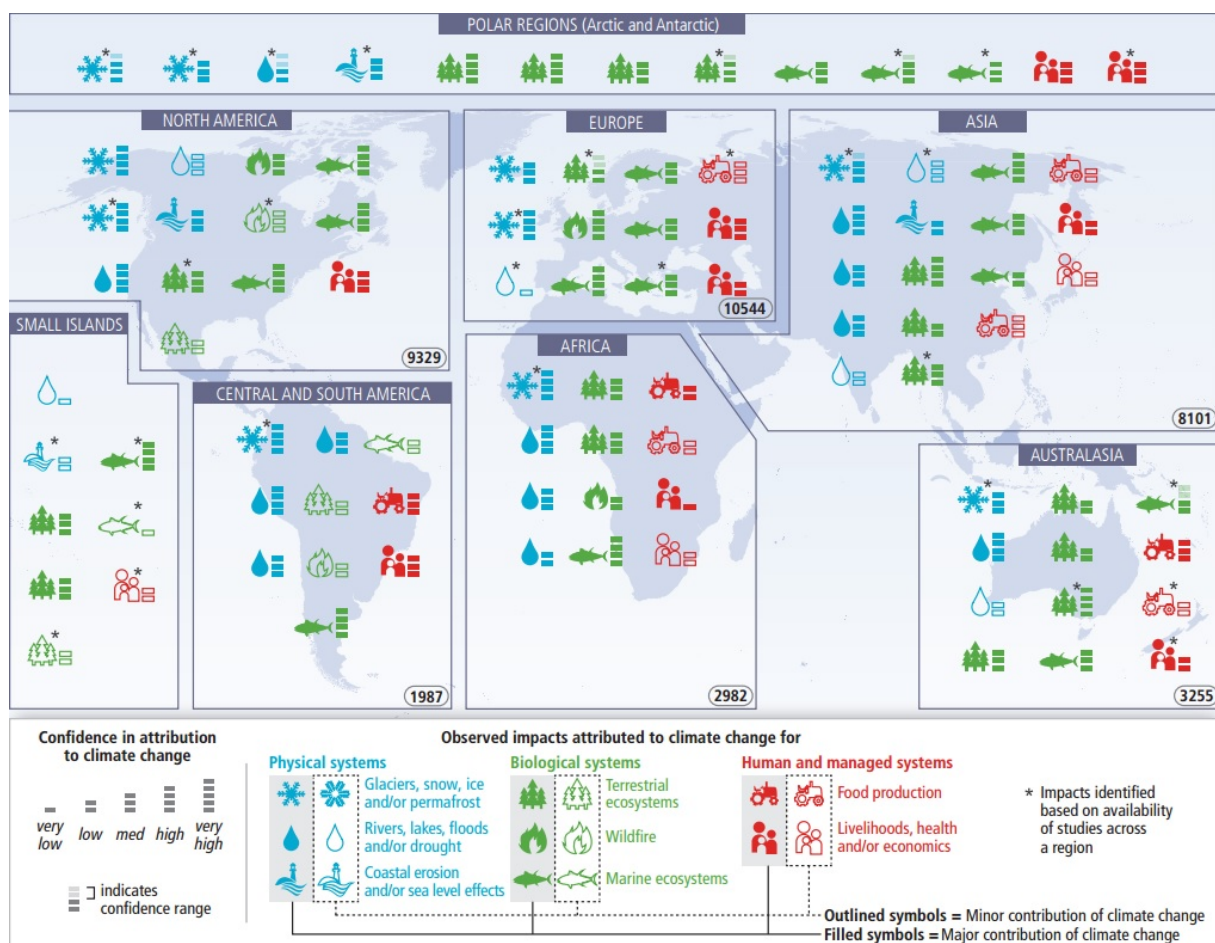


Figur 2: De hele pile demonstrer UV-strålernes retning fra solen. De stiplede pile demonstrer radieret UV-stråler fra Jordens overflade. Dette er lavet vha. Inkscape.

Som set på figur 1 er der en stor ændring i det atmosfæriske CO_2 indhold i 2016 i forhold til de forrige mange tusinde år. Dette er et globalt problem. Hvordan den globale opvarmning er et problem for Jorden forklares i følgende afsnit, hvor de forskellige problemstillinger vedrørende global opvarmning vil forklares.

1.2 Problemer ved global opvarmning

Det hovedsagelige problem, som er en følge af global opvarmning, er klimaforandringer. Klimaforandringerne har mange følgeefferter og der er tydelige problemer på vej. Alt efter hvilket kontinent der tages udgangspunkt i, vil problemerne have forskellige grader af indgreb.



Figur 3: Billedet viser forventede følgeeffekter af global opvarmning på verdensplan. Numrene nede i højre hjørne på de forskellige kontinenter er litteratur, som understøtter de forandringer, som er angivet på kortet. [et al., 2015c].

Ovenstående figur 3 viser tydeligt, at der er tre overordnede problemer. Afhængig af hvilken del af verden, der er tale om, vil problemer have større eller mindre betydning.

Fysiske systemer: Glacier, sne, is, permafrost, tørke, floder, søer, åer, vandstand og kysterosion er alle ting, som er påvirket af global opvarmning. Eftersom der sker temperaturstigninger, vil vandstande og vandmængder ændres i de forskellige kontinenter. I løbet af de sidste 23 år er vandstanden steget med 86.2 mm. [Center, 2016]. Omkring 5 millioner amerikanere bor kun 1,2 meter over vandstanden og kan derfor i løbet af nogle få århundrede ikke længere blive boende der [Assessment, 2016].

Biologiske systemer: Terrestriske økosystemer, pludselig opståede skovbrænde og marine økosystemer er påvirket på en sådan måde, at næsten alle planter, dyr og insekter vil få andre levevilkår. Skovbrænde vil have nemmere ved at opstå på svært tørre områder. Mange dyreracer vil derfor uddø, da de evolutionelt ikke kan følge med i disse ekstreme klimaændringer. Disse dyrearter kan mennesket ikke længere leve af [et al., 2015c].

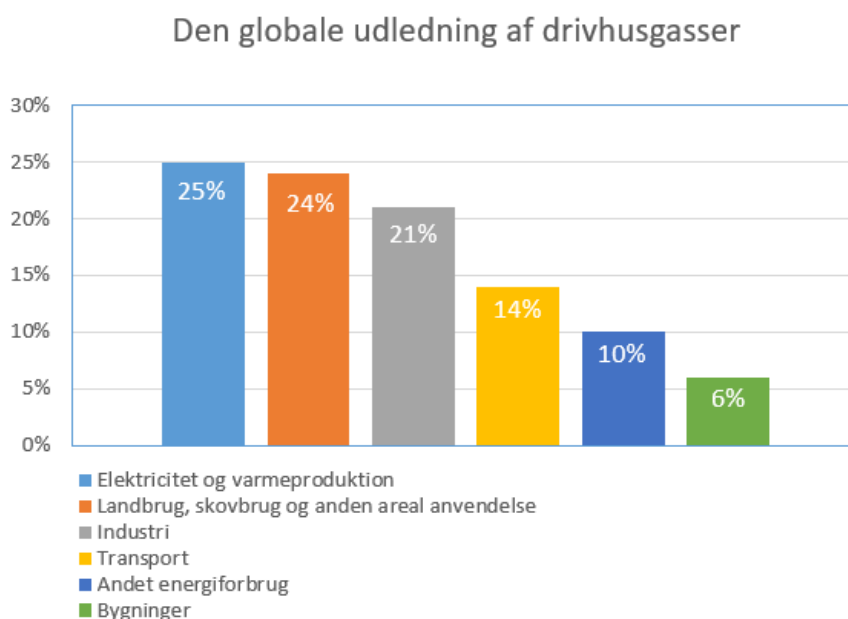
Menneske- og styrersystemer: Fødevarerproduktion, økonomiske og/eller levevilkår. Afgrøder vil have svære levevilkår, hvilket vil gøre fødevarerproduktionen i allerede tørre områder endnu sværere end de er

i forvejen. Økonomiske-/levevilkår vil blive påvirket ved at sygdomme vil blive udbredt nemmere via dyr eller insekter (f.eks. malaria).

Alt dette er ting, der vil kunne forekomme, hvis ikke der bliver taget højde for global opvarmning [et al., 2015c]. I nyere tid er vi dog begyndt at begrænse udledningen af CO_2 , disse begrænsninger beskrives i følgende afsnit.

1.3 Hvad der kan gøres ved global opvarmning

Der er mange faktorer, som forårsager global opvarmning. Den globale udledning af drivhusgasser er på nedenstående figur 4 opdelt i forskellige faktorer.



Figur 4: Diagrammet viser den procentvise fordeling af drivhusgasser, der udledes fra forskellige faktorer [et al., 2015d]. Dette er lavet vha. Microsoft Excel

De fire største faktorer, som vises på ovenstående figur 4, er følgende:

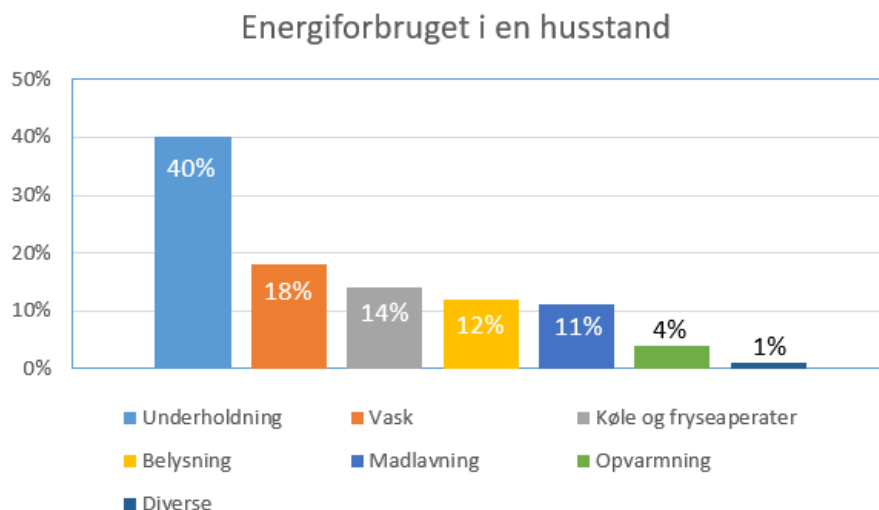
Transport: Forbrug af benzin, diesel, elektricitet, biobrændsel og brint.

Industri: Brug af store maskiner, som kræver meget energi. Disse er nødvendige for masseproduktionen.

Landbrug, skovbrug og anden areal anvendelse: Fødevarerindustrien, idet køer og grise udleder CH_4 .

Elektricitet og varmeproduktion: De private forbrug i hjemmet.

Som det ses på ovenstående figur 4, er 25% af alle drivhusgasser dannet på baggrund af behovet for strøm og varme i en husstand. Energien i en husstand opdeles i yderligere faktorer, se nedenstående figur. 5:



Figur 5: Diagrammet viser fordelingen af energiforbruget i en gennemsnitlig husstand [Energistyrelsen, 2016b] [Energistyrelsen, 2016a]. Dette er lavet vha. Microsoft Excel.

Ovenstående figur 5 viser, at det største energiforbrug i en gennemsnitlig dansk husstand er underholdning, som fylder 40%. Denne faktor indeholder f.eks. fjernsyn, musikanlæg, computer mm. Den næst største faktor er vask på 18%, herunder opvaskemaskine, vaskemaskine og tørretumbler, hvor vaskemaskinen fylder halvdelen af denne post, hvilket giver 9% af det danske energiforbrug i en husstand. Der er mulighed for at reducere disse 9% yderligere og for at gøre dette, kigges der på mængden af energi, som bliver brugt ved denne post.

1.4 Energiforbrug ved tøjvask

I forhold til at reducere udledning af CO₂ er det relevant at se på, hvordan en gennemsnitshusstand kan spare på energien ved at vaske med koldt vandsvaskemidler frem for varmt vandsvaskemidler. Ved brug af koldt vandsvaskemidler vaskes tøj ved koldere temperaturer, som gør det muligt at opvarme vandet mindre og derved spare energi. Ifølge energistyrelsen er det muligt at reducere sit energiforbrug ved tøjvask med 55 % ved at vaske ved koldt vand frem for varmt vand [Energistyrelsen, 2016c].

Ved beregninger på fem forskellige vaskemaskiner (se appendix A), hvor der tages udgangspunkt i energitilførsel til vandet ved opvarmning, er vi kommet frem til følgende resultater: der er en besparelse på 501,59 kr. fra 60°C til 40°C, en besparelse på 752,38 kr. fra 60°C til 30°C og en besparelse på 250,79 kr. fra 40°C til 30°C. Sammenlignes vaskemaskineberegningerne med Elforsk beregningen, hvor beregningen er lavet ud fra energistyrelsens procentvise besparelse (242 kr. pr. år), så kan vi se der er en forskel på resultaterne. Det skal pointeres, at der under vaskemaskineberegningerne er antaget at samtlige liter vand brugt til vask bliver varmet op. Der antages også at der ikke er energitab. Desuden kender vi ikke antagelserne under elforsks beregning af de 200 kWh pr år. Dette kan forklare forskellen på henholdsvis 752,38 kr., 501,59 kr. og 250,79 kr. i forhold til 242 kr.. Det er altså muligt at lave besparelser både

økonomisk og på CO₂-udledning ved at anvende koldtvandsvaskemidler frem for varmtvandsvaskemidler. For at kunne forstå forskellene mellem varmtvandsvaskemidler og koldtvandsvaskemidlers virkning ved forskellige temperaturer, er det relevant at se på, hvilke bestanddele der er i vaskemidler.

1.5 Vaskemidlers bestanddele

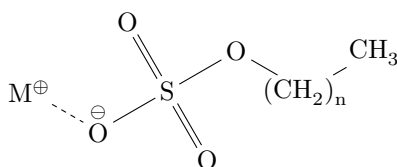
Bestanddelene af et vaskemiddel varierer meget, men et vaskemiddel består typisk af vaskeaktive stoffer, builders, tensider, blegemidler og enzymer (se nedenstående tabel 1) [Koefoed, 2014].

Tabel 1: Vaskemidlers bestanddele er anvist i procent. (a) = [Oi, 2011].

Bestanddele	Procent i vaskemiddel ^(a)	Procent i vaskemiddel ^(a)
Builders	58	59
Tensider	36	32
Blegemidler, enzymer	2,5	3
Parfume, blødemiddel	1,5	2
Andet	2	4

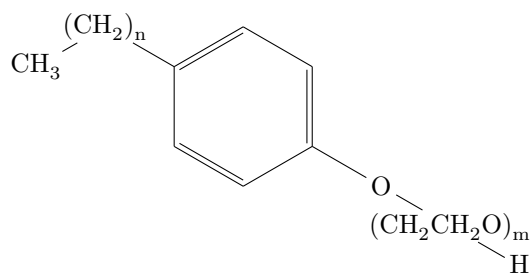
Vaskeaktive stoffer er en generel betegnelse for de mange forskellige kemikalier, som kan benyttes afhængig af vaskemidlets ønskede specialisering. Af vaskeaktive stoffer er blandt andet: builders, alkali, vandfiltreringsmiddel, antiklor, blegemiddel, blødgøringsmiddel, sur-/neutraliseringsmidler, anti-repostionsmiddel, stivelse, optisk hvidt, korrosionshæmmere, parfume, hydrotrope (tensider), konserveringsmiddel (bedre holdbarhed), opløsningsmiddel (homogen blanding) og stabilisatorer.

Tensider: Dette er sæbemolekyler, der har en hydrofil og hydrofob ende, som bl.a binder fedtet til vandet. Tensider reagerer på overfladen mellem vand og det stof, man ønsker rengjort. Tensider er opdelt i fire undergrupper; Anionisk, nonionisk, kationisk og amphoterisk [Salager, 2002], [Myers, 2002]. *Anioniske tensider* har en negativ ladning, f.eks. Carboxyl RCOO-M^+ , Sulfonate, $\text{RSO}_3\text{-M}^{3+}$, Sulfat $\text{ROSO}_3\text{-M}^+$, hvor R betegner den hydrofobe forbindelse i tensiden og M betegner atomet med den ioniske forbindelse [Salager, 2002], [Myers, 2002].



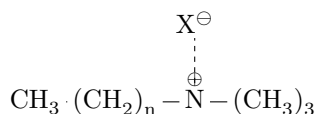
Figur 6: Den kemiske struktur af et anionisk tensid hvoraf $M^\oplus = \text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ og $n = 8-18$, dette er lavet vha. CTANs chemfig package [Myers, 2002].

Nonionisk tensider har ingen ladning, men fungerer stadig ligesom de øvrige på grund af nogle stærke polære grupper (f.eks. sukker) [Salager, 2002], [Myers, 2002].



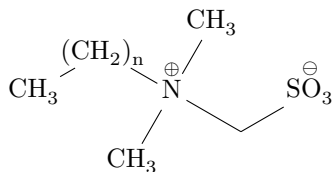
Figur 7: Et eksempel der viser den kemiske struktur af et nonionisk tensid hvoraf $n = 8-18$, m har en positiv værdi. Dette er lavet vha. CTANs chemfig package [Myers, 2002]

kationisk tensider har en positiv ladning [Salager, 2002], [Myers, 2002].



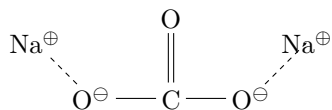
Figur 8: Den kemiske struktur af et kationisk tensid hvoraf $X^{\ominus} = F^{-}, Cl^{-}, Br^{-}, I^{-}, NO_3^{-}$, $n = 8-18$. Dette er lavet vha. CTANs chemfig package [Myers, 2002]

Amphoterisk tensider har en positiv og en negativ ladning, som er forbundet til hovedgruppen [Salager, 2002], [Myers, 2002].



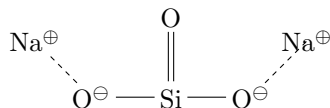
Figur 9: Den kemiske struktur af et amphoterisk tensid hvoraf , $n = 8-18$. Dette er lavet vha. CTANs chemfig package [Myers, 2002].

Builders: er opdelt i alkali, vandfiltreringsmiddel og anti-repositionsmiddel hvilket tilføjes, for at forstærke tensidernes effektivitet [Oi, 2011]. *Vandfiltreringsmidlet;* Hårdt vand indeholder meget calcium og magnesium, hvilket interagerer med tensider på en negativ måde. For at stoppe denne interaktion med tensider tilføjes vandfiltreringsmiddel, hvilket bytter en calcium eller magnesium ion ud med to mindre ladet ioner såsom natrium. Eksempler på disse er følgende; fosfater, zeolitter, natriumcarbonater, ethylendiamintetraeddikesyre (EDTA), nitrilotrieddikesyre (NTA) og natriumsilikater [Oi, 2011] (se nedenstående figur 10).



Figur 10: Natriumcarbonat. Dette er lavet vha. CTANs chemfig package.

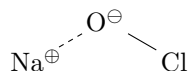
Alkali bidrager ved at hæve pH-værdien til det optimale basiske optimum for tensiderne. Desuden hjælper den også til at nedbryde cellulosiske fibre. Eksempler på disse er følgende; hydroxider, silikater, carbonater og fosfater [Oi, 2011]. *Anti-repositionsmiddel* er et middel, som virker ved at forhindre skidt, som har ageret med tensider, i at binde sig til de overflader, som de netop er fjernet fra. Eksempler på disse er følgende; polycarboxylater, polyacrylater, polyethyleneglycol (PEG), polyasparaginsyre og natriumsilikater [Oi, 2011] (se nedenstående figur 11).



Figur 11: *NatriumSilikat*. Dette er lavet vha. CTANs chemfig package.

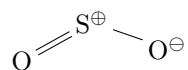
Natriumsilikat har også vandfiltreringsegenskaber.

Blegemiddel: Anvendes for at få et stof til at se mere hvidt og rent ud, og er derfor mest benyttet i hvidvaskemiddel. Derudover nedbryder den de fleste bakterier i tøjjet (indsætter normal kilde her). Der er to typer blegemidler; oxidations- og reduktionsblegemiddel [Oi, 2011]. *Oxidationsblegemiddel* fungerer ved at nedbryde de kemiske bånd i chromophore gruppen, hvilket enten laver et chromophore gruppe, der ikke absorberer synligt lys eller ødelægger chromophore gruppen helt. Denne er baseret på klor. Eksempler på disse er følgende; hydrogenperoxid, hydrogenperoxid, perborater, peroxyssyrer og natriumhypoklorit [Oi, 2011] (se nedenstående figur 12).



Figur 12: *Natriumhypoklorit*. Dette er lavet vha. CTANs chemfig package.

Reduktionsblegemiddel fungerer ved at nedbryde en dobbeltbinding i en chromophore gruppe til en enkeltbinding, hvilket gør, at chromophore gruppen ikke kan absorbere synligt lys. Denne er baseret på svovldioxid. Eksempler på disse er følgende; sulfitter, bisulfitter og svovldioxid [Oi, 2011] (se nedenstående figur 13).



Figur 13: *svovldioxid*. Dette er lavet vha. CTANs chemfig package.

Parfumer: er benyttet til at give vasketøjjet et bedre aromatisk resultat [Oi, 2011].

Blødemiddel: binder sig til hele vasketøjjets overfalde. Blødemidler kan enten være kationiske eller anioniske, hvoraf hovedet binder sig til vasketøjjet og halen fungerer som en blød overflade [Oi, 2011].

Enzymer: Bruges til at ødelægge stoffer til mindre dele, så tensiderne lettere kan fjerne det [EPA, 1999]. Elementerne, som enzymer nedbryder, er følgende: Vand, Protein, Kulhydrat, Fedt og Aske [L.S.Jeppesen, 1997]. Disse elementer fjernes af følgende enzymer: *Proteaser:* virker på proteinpletter som fx blod, græs, kødsaft og mælkebaseret fødevarer. *Amylase* (α og β): klipper stivelsesmolekyler i mindre dele i pletter som ket-chup, frugtpuré, mel og meget mere over. *Lipase:* nedbryder fedt i mindre dele fra pletter fra f.eks. olier og smør. *Cellulase:* denne nedbryder cellulose til mindre kulhydrat dele [og S. Kaur, 2016], [Herlufsen, 2009].

Enzymer spiller altså en stor rolle i vaskemidlets rensende effekt. Udover enzymeres rensende effekt, er de også meget miljøvenlige ift. tensider, som er syntetisk fremstillet, hvorimod enzymer er fremstillet af bakterier og svampe. Selvom enzymerne samarbejder med tensiderne, så kan tensidernes tilstedeværelse denaturerer nogle af enzymerne og dermed reducere den rensende effektivitet.

I dette projekt fokuseres der på enzymer, derfor bliver enzymer forklaret yderligere i kommende afsnit.

1.6 Enzymer

Enzymer til vaskemiddel udgør 37% af industriproducerede enzymer, og af disse enzymer, ses en stigning i koldtvands enzymer.[P. Deb, 2012] I Danmark år 1960 startede enzymproduktionen med fokus på det industrielle. Her begyndte markedsføringen af enzymer i vaskepulver. Enzymer fungerer hyppigst ved en lavere temperatur, omkring de 35-40°C, hvor deres funktion varierer maginalt [F. Sarmiento and Blamey, 2015].

Enzymer er proteiner, som opfører sig som katalysatorer. Dette gør, at reaktionen som enzymer bliver tilsat til, kræver mindre aktiveringsenergi for at ske [Henrik Parbo and Mortensen, 2007]. Dette gøres ved at binde sig og ændre andre stoffer. De fremmer kemiske reaktioner, uden selv at blive brugt i processen. De ændrer altså kun på det molekyle, de midlertidigt er bundet fast på, uden selv at ændrer sig. De mindste enzymer består af 50 aminosyrer. Det betyder at enzymeres mindste størrelse er på 7000 μm . De største enzymer består af flere tusinde aminosyrer, og derfor kan størrelsesforskellen på enzymer være meget stor. Enzymer er specifikke, dvs. de kun kan fremme/nedbryde én eller få andre specifikke processer. Et enzym i kroppen der nedbryder kulhydrater, kan fx ikke nedbryde fedt eller proteiner. Der er to forhold som især påvirker enzymeres funktion, nemlig pH-værdi og temperatur. Hvis der sker ændringer i pH-værdien, påvirker det enzymeres evne til at fungere. Hvis der tages udgangspunkt i kroppen, fungerer de fleste enzymer bedst inde i cellerne ved en pH-værdi omkring 7. Forskellige enzymer fungerer ved forskellige temperaturer. Men hvis der igen tages udgangspunkt i kroppen, fungerer enzymer bedst ved en temperatur omkring de 37°C [og C. Østergaard, 2012].

I dette projekt vil der blive set på enzymer i vaskemidler, som er nødsaget til at kunne katalysere i meget barske miljøer. Disse enzymer kaldes ekstremenzymer. Her ses på hvorledes enzymer fungerer i vaskemidler ift. ekstreme enzymer ved forskellige temperaturer og pH-værdier. I det kommende afsnit vil der blive beskrevet, hvad ekstreme enzymer er. Det er dermed relevant at se på, hvordan enzymer fungerer i vaskemidler i forhold til ekstreme forhold fra omgivelserne og hvad ekstreme enzymer er.

1.7 Ekstreme enzymer

Hvor end der kigges på kloden, ses der liv overalt. Selv i de varme hydrotermiske væld, på bunden af havet og til de koldeste steder på Antarktis, lever der ekstremofile organismer. De har tilpasset sig det biohabitat, de lever i. Disse særlige habitater betyder, at ekstremofiler kan leve i alt fra: f.eks ekstreme temperaturer, højt saltindhold, syre- eller baseholdigt miljø, høj stråling, lav vandaktivitet, ekstreme tryk, et miljø med højt metallisk indhold eller andre ekstreme miljøer. Under disse ekstreme forhold er de stadig i stand til at katalysere kemiske reaktioner, eftersom enzymerne ændrer deres struktur, så de er i stand til at klare det barske miljø, som de udsættes for. Der findes halofile bakterier, der kan tilpasse sig det ekstremt høje saltholdige miljø, som bl.a eksisterer i Great Salt Lake. Halofile bakterier overlever på to forskellige måder. Den ene måde er, at de overlever ved at producere biomolekyler, for at opretholde en højt osmotisk tryk inde i cellen. Denne proces koster energi og bakterierne er derved nødt til at optage ekstra næring. Den anden måde er, at ændre deres enzymstruktur, så enzymerne ikke denatureres ved klimaforandringerne. Der findes også hypertermofile organismer, som har et temperaturoptimum ved 100 °C. Disse bakterier trives ved høje temperaturer, da de har varmetilpassede enzymer. Det er denne slags enzymer, der bl.a bruges i vaskemidler .

Psykofile enzymeres optimum spektrum er koldt- til neutraltempereret miljø. Denne form for miljø ses i Norden. Dette specifikke tempereringsoptimum fjerner behovet for varmetilførelse, hvilket med fordel kan udnyttes i nordisk industrialisering. [F. Sarmiento and Blamey, 2015]. Dette vil både være fordelagtigt for miljø og økonomi og af denne grund vil der blive kigget nærmere på enzymerne i vaskemiddel. Eksempler på enzymer der forekommer i koldtvandsvaskemiddel ses på tabel 2.

Tabel 2: Tabellen viser et udvalg af enzymer der forekommer i koldt vandsvaskemidler. (a) - [et al., 2008b], (b) - [et al., 2006], (c) - tekv-produkt3, (d) - [et al., 2015b], (e) - [et al., 2015a].

Navne	Type	pH optimum	Temperatur optimum opgivet i °C
Acinetobactor sp. ^(a)	Lipase	3-9	10-30
Aspergillus niger; MTCC 2594 ^(b)	Lipase	4-10	4-60
Stenotrophomonas maltophilia MTCC 7528 ^(c)	Alkaline, Protease	10	20
Amyloliuefaciens Bacillus ^(d)	Alkaline, Protease	11	20-60
Clostridium perfringens ^(e)	α -amylase	6-7	15
Bacillus ^(e)	α -amylase	6-7	10-15
Nocardiopsis ^(e)	α -amylase	7-8.5	0-15
Pseudoalteromonas arctica ^(e)	α -amylase	7-8.5	0-15
Pseudoalteromonas haloplanktis ^(e)	α -amylase	7	30

1.8 Problemformulering

Global opvarming er et problem på verdensplan. En del af problemet kan løses ved at nedsætte energiforbruget ved private husstande. Dette kan gøres ved at nedsætte af energiforbruget ved tøjvask. For at nedsætte energiforbruget ved en tøjvask, kan der gøres brug af et koldt vandsvaskemiddel i stedet for et varmt vandsvaskemiddel, hvilket sænker temperaturen for en vask. Det at skifte fra varmt vandsvaskemiddel til koldt vandsvaskemiddel kan medføre spørgsmål, såsom hvor effektivt koldt vandsvaskemiddel er i forhold til varmt vandsvaskemiddel. Dette kan gøres ved at kigge på hvordan ekstreme enzymer fungerer ift. mere almindelige enzymer ved forskellige temperature og pH-værdier. Dermed vil der undersøges følgende i dette projekt:

-Hvad er de optimale forudsætninger for et effektivt koldt- og varmt vandsvaskemiddel i forhold til pH og temperatur?

Litteratur

- [Aeriatrics and Administration, 1998] Aeriatrics, N. and Administration, S. (1998). Global warming.
- [Agency, 2006] Agency, U. S. E. P. (2006). fossil fuel. <http://llk.dk/zi0xhx>.
- [Assessment, 2016] Assessment, S. L. R. . N. C. (2016). Climate change: Vital signs of the planet: Sea level. <http://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>.
- [Bradford, 2014] Bradford, A. (2014). What is global warming?
- [Center, 2016] Center, N. G. S. F. (2016). Climate change: Vital signs of the planet: Sea level. <http://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>.
- [den store danske, 2009a] den store danske, G. (2009a). biotop. http://denstoredanske.dk/Natur_og_milj%C3%B8/%C3%98kologi/biotop.
- [den store danske, 2009b] den store danske, G. (2009b). hydrofil, <http://llk.dk/j4wxpg>.
- [den store danske, 2009c] den store danske, G. (2009c). hydrofob, <http://llk.dk/8m62wk>.
- [den store danske, 2009d] den store danske, G. (2009d). hydrotermiske væld. <http://llk.dk/sqq47i>.
- [den store danske, 2009e] den store danske, G. (2009e). substrat. <http://llk.dk/sv1j4w>.
- [den store danske, 2009f] den store danske, G. (2009f). Uv-stråling, <http://llk.dk/e623cj>.
- [Eaton, 2012] Eaton, A. (2012). biomolekyle, <http://llk.dk/bvjhu2>.
- [Energistyrelsen, 2012] Energistyrelsen (2012). Fakta om tøjvask. <http://web00.rackhosting.com/forbruger/el/vask/vaskemaskiner/fakta>.
- [Energistyrelsen, 2016a] Energistyrelsen (2016a). Elmodelbolig statistik. <http://statistic.electric-demand.dk/Account/LogOn?ReturnUrl=%2fNEM%2fSelectDevices%2f6>.
- [Energistyrelsen, 2016b] Energistyrelsen (2016b). Hvor meget el bruger du? <http://llk.dk/p8nuem>.
- [Energistyrelsen, 2016c] Energistyrelsen (2016c). Vaskemaskiner. <http://llk.dk/embsoq>.
- [Enrico Marchetti and Freda, 2016] Enrico Marchetti, P. C. and Freda, D. (2016). Climate change impact on microclimate of work environment related to occupational health and productivity. pages 338–342.
- [EPA, 1999] EPA, U. I. (1999). Catalogue and assessment of components and ingredients in laundry detergent formulations.
- [et al., 2015a] et al., J. K. V. (2015a). An exceptionally cold-adapted alpha-amylase from a metagenomic library of a cold and alkaline environment.
- [et al., 2015b] et al., L. V. (2015b). Advances in protease engineering for laundry detergents.

- [et al., 2015c] et al., M. (2015c). Climate change 2014 synthesis report summary for policymakers. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf. pages 1 – 7.
- [et al., 2015d] et al., M. (2015d). Climate change 2014 synthesis report summary for policymakers. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf. page 47.
- [et al., 2008a] et al., M. H. (2008a). *Klima Ændringerne*, page 29. Forlaget Hovedland.
- [et al., 2006] et al., N. S. (2006). Efficacy of lipase from aspergillus niger as an additive in detergent formulations: a statistical approach.
- [et al., 2008b] et al., N. S. (2008b). Two step purification of acinetobacter sp. lipase and its evaluation as a detergent additive at low temperatures.
- [F. Sarmiento and Blamey, 2015] F. Sarmiento, R. P. and Blamey, J. M. (2015). Cold and hot extremozymes: industrial relevance and current trends.
- [Frimmer, 2015] Frimmer, M. (2015). Hvad koster 1 kwh (pris per kwh) – prisen på strøm. <https://monera.dk/artikel/el/hvad-koster-1-kwh-pris-per-kwh>.
- [H. Shaftel, 2016] H. Shaftel, R. J. o. L. T. (Oktober 5, 2016). Carbon dioxide. <http://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>.
- [Henrik Parbo and Mortensen, 2007] Henrik Parbo, A. N. and Mortensen, K. K. (2007). *Kend Kemien 2*. Nordisk Forlag A/S.
- [Herlufsen, 2009] Herlufsen, K. (2009). Hvad er der i vaskepulver. <http://samvirke.dk/forbrug/artikler/vaskepulver.html>.
- [Koefoed, 2014] Koefoed, H. M. K. (2014). Vask ved 15, 40 eller 60 grader? <https://monera.dk/artikel/el/hvad-koster-1-kwh-pris-per-kwh>.
- [L.S.Jeppesen, 1997] L.S.Jeppesen (1997). *Levnedsmiddelkemi*. Erhvervsskolernes Forlag.
- [Myers, 2002] Myers, D. (2002). *Surfaces, Interfaces, and Colloids: Principles and Applications, Second Edition*. John Wiley Sons, Inc.
- [of University of California, 2007] of University of California, S. (2007). What is a greenhouse gas? <http://beacon.berkeley.edu/GHGs.aspx>.
- [og C. Østergaard, 2012] og C. Østergaard, L. A. N. (2012). Mikrobiologi - hånden på hjertet.
- [og S. Kaur, 2016] og S. Kaur, G. S. D. (2016). *Agro-Industrial Wastes as Feedstock for Enzyme Production*. Academic Press.
- [Oi, 2011] Oi, M. (2011). Emission scenario document on the chemicals used in water based washing operations at industrial and institutional laundries.

[P. Deb, 2012] P. Deb, S. A. Talukdar, K. M. P. K. S. o. S. A. S. (2012). Production and partial characterization of extracellular amylase enzyme from bacillus amyloliquefaciens p-001.

[Salager, 2002] Salager, J. (2002). Surfactant types and uses.

[Skousen, 2016a] Skousen (2016a). Asko w6445w. <http://llk.dk/kp2gva>.

[Skousen, 2016b] Skousen (2016b). Blomberg bwg486w0. <http://llk.dk/z9pn8l>.

[Skousen, 2016c] Skousen (2016c). Electrolux ewc1350. <http://llk.dk/5iygdm>.

[Skousen., 2016] Skousen. (2016). Siemens wm14w447dn. <http://llk.dk/gcl5p8>.

2 Appendix A

Hvis der ses på en gennemsnitsfamilie på 2,2 personer og med en vasketøjsmængde på ca. 600 kg vasketøj pr år, fås et samlet forbrug på 200 kWh pr. år på tøjvask. (Elforskberegningen) Ved reducere af vaskene til lavere temperaturer reduceres samtidig energiniveauet til 90 kWh pr. år [Energistyrelsen, 2012]. Prisen på elektricitet er ca. 2,20 kr. pr. kWh [Frimmer, 2015], hvilket giver en besparelse på 242 kr. pr. år.

$$200 \text{ kWh} \cdot \frac{55}{100} \% = 110 \text{ kWh} \quad (2.0.1)$$

Herefter tages de 110 kWh og ganges med prisen for 2,20 kr. pr. kWh

$$110 \text{ kWh} \cdot 2,20 \frac{\text{kr.}}{\text{kWh}} = 242 \frac{\text{kr.}}{\text{år}} \quad (2.0.2)$$

Der tages udgangspunkt i en gennemsnitsfamilie på 2,2 personer og med en vasketøjsmængde på 600 kg vasketøj pr. år. Desuden kigges der på fem vilkårlige vaskemaskiners kapacitet for at finde frem til et årligt antal vaske pr. år (se nedenstående figur 14).

Navn	Blomberg BWG486W0	Asko W6445W	Electrolux EWC1350	Whirlpool AWOD6024	Siemens WM14W447DN
billede					
Pris	7.699,-	6.999,-	4.349,-	2.271,-	4.599,-
Energi- klasse	A+++	A+++	A	A++	A+++
kWh/år	195	195	126	170	122
Årlig vandfor- brug	10560 L	12100 L	8299 L	9272 L	8800 L
Kapacitet	8 kg	8 kg	3 kg	6 kg	7 kg

Figur 14: 5 vaskemaskiner er fremvist. Øverst står navnet på vaskemaskinerne, som er sammenlignet på henholdsvis pris, energiklasse, årligt vandforbrug og kapacitet. [Skousen, 2016b], [Skousen, 2016a], [Skousen, 2016c], [Skousen., 2016].

Først findes antal vaske pr. vaskemaskine. Det antages at vaskemaskinen bliver fyldt op ved hver vask: (vaskemaskineberegningen)

$$\frac{600}{8} = 75 \text{ vask}$$

$$\frac{600}{8} = 75 \text{ vask}$$

$$\frac{600}{3} = 200 \text{ vask}$$

$$\frac{600}{6} = 100 \text{ vask}$$

$$\frac{600}{7} = 85,7 \approx 86 \text{ vask} \quad (2.0.3)$$

Tages der et gennemsnit af dette fås:

$$\frac{75 + 75 + 200 + 100 + 86}{5} = 107,2 \approx 108 \text{ vask} \quad (2.0.4)$$

Ud fra de samme vaskemaskiner findes der et gennemsnit for vandforbruget pr. år:

$$\frac{10560 L + 12100 L + 8299 L + 9272 L + 8800 L}{5} = 9806,2 \frac{L}{aar} \quad (2.0.5)$$

Vandforbruget for hver vask er således:

$$\frac{9806,2 L}{108 \text{ vask}} = 90,8 \frac{L_{vand}}{vask} \quad (2.0.6)$$

Mængden af energi, som skal tilsættes vand, for at varme det op er beskrevet ud fra følgende udtryk:

$$E = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (2.0.7)$$

Hvor E er energitilførelsen i joule (J), m er massen i gram (g), c er varmekapaciteten for vand ved 20°C og ΔT er temperaturændringen i celcius grader (°C). I forhold til vaskene antages det her, at al den vand som bruges ved en vask bliver opvarmet. Energitilførelsen er således:

$$E = 90,8 \frac{L}{vask} \cdot 4,185 \frac{kJ}{kg \cdot C} \cdot (30C - 20C) = 3799,9 kJ$$

$$E = 90,8 \frac{L}{vask} \cdot 4,185 \frac{kJ}{kg \cdot C} \cdot (40C - 20C) = 7599,8 kJ$$

$$E = 90,8 \frac{L}{vask} \cdot 4,185 \frac{kJ}{kg \cdot C} \cdot (60C - 20C) = 15199,6 kJ \quad (2.0.8)$$

Forskellen af tilført energi for at varme vand op til 60°C i stedet for 40°C er således:

$$15199,6 kJ - 7599,8 kJ = 7599,8 kJ \quad (2.0.9)$$

Det er interessant at vide, hvad den økonomiske besparelse er for en vask, derfor omregnes enhederne til MJ og derefter til kWh.

$$3799,9 kJ \cdot 0,001 = 3,7999 MJ$$

$$7599,8 kJ \cdot 0,001 = 7,5998 MJ$$

$$15199,6 kJ \cdot 0,001 = 15,1996 MJ \quad (2.0.10)$$

1 kWh svarer til 3,6 MJ, så den videre omregning foregår som følger:

$$\frac{3,7999 MJ}{3,6 MJ} = 1,056 kWh$$

$$\frac{7,5998 MJ}{3,6 MJ} = 2,111 kWh$$

$$\frac{15,1996 MJ}{3,6 MJ} = 4,222 kWh \quad (2.0.11)$$

Forskellen på at vaske ved hhv. 30°C, 40°C og 60°C er således:

$$\begin{aligned}
 4,222 \text{ kWh} - 2,111 \text{ kWh} &= 2,111 \text{ kWh} && (60^\circ\text{C til } 40^\circ\text{C}) \\
 4,222 \text{ kWh} - 1,056 \text{ kWh} &= 3,167 \text{ kWh} && (60^\circ\text{C til } 30^\circ\text{C}) \\
 2,111 \text{ kWh} - 1,056 \text{ kWh} &= 1,056 \text{ kWh} && (40^\circ\text{C til } 30^\circ\text{C}) \tag{2.0.12}
 \end{aligned}$$

Prisen for 1 kWh er på ca. 2,20 kr. i Danmark. Besparelsen pr. vask er derfor:

$$\begin{aligned}
 2,111 \text{ kWh} \cdot 2,20 \frac{\text{kr.}}{\text{kWh}} &= 4,64 \frac{\text{kr.}}{\text{vask}} && (60^\circ\text{C til } 40^\circ\text{C}) \\
 3,167 \text{ kWh} \cdot 2,20 \frac{\text{kr.}}{\text{kWh}} &= 6,97 \frac{\text{kr.}}{\text{vask}} && (60^\circ\text{C til } 30^\circ\text{C}) \\
 1,056 \text{ kWh} \cdot 2,20 \frac{\text{kr.}}{\text{kWh}} &= 2,32 \frac{\text{kr.}}{\text{vask}} && (40^\circ\text{C til } 30^\circ\text{C}) \tag{2.0.13}
 \end{aligned}$$

Besparelsen pr. år er dermed:

$$\begin{aligned}
 4,64 \frac{\text{kr.}}{\text{vask}} \cdot 108 \text{ vaske} &= 501,59 \text{ kr.} && (60^\circ\text{C til } 40^\circ\text{C}) \\
 6,97 \frac{\text{kr.}}{\text{vask}} \cdot 108 \text{ vaske} &= 752,38 \text{ kr.} && (60^\circ\text{C til } 30^\circ\text{C}) \\
 2,32 \frac{\text{kr.}}{\text{vask}} \cdot 108 \text{ vaske} &= 250,79 \text{ kr.} && (40^\circ\text{C til } 30^\circ\text{C}) \tag{2.0.14}
 \end{aligned}$$