



En jämförande studie över miljökonsekvenser och ekonomiska potentialer i tvättstugan

Peter Nilsson

Miljöteknik

Examensarbete

Institutionen för ekonomisk och industriell utveckling

LIU-IEI-TEK-A--11/01050--SE

Sammanfattning

I jakten på ett energieffektivare och miljövänligare samhälle behöver varje aspekt av vår vardag ses över. Hur vi tvättar och torkar våra kläder har under en, historiskt sett, kort tid blivit något vi idag låter maskiner göra. Vilka maskiner som används, men också vårt eget beteende, är avgörande när det kommer till att hitta potential för en minskad energianvändning och en lägre miljöpåverkan.

Den gemensamma tvättstugan har blivit en vanlig syn bland landets flerfamiljshus. Den har gett stora delar av befolkningen en god standard med tvättmaskiner, torktumlare och andra applikationer där hushållets tvätt kan tas omhand. Men det har även inneburit att tvättande har centraliserats. Alternativet skulle kunna vara att varje hushåll har egen utrustning i sin lägenhet. I studien frågas vilka följder valet av sättet att tvätta har på miljön och ekonomin.

Därför har två alternativa system för omhändertagning av tvätt jämförts. Det som har undersökts är systemens miljöpåverkan och ekonomiska kostnad utifrån ett livscykelperspektiv. De två alternativen representeras av den gemensamma fastighetstvättstugan samt alternativet att varje enskild lägenhet har sin egen utrustning. Miljöpåverkan har testats genom att en livscykelanalys utförts med hjälp av programmet Simapro 7.1.2, där metoden Eco Indicator 99 har valts. Den ekonomiska kostnaden har jämförts utifrån en livscykelkostnadsanalys där annuitetskostnaden beräknats för de två alternativa lösningarna.

Utöver dessa två huvudpunkter har även hushållens tvättbeteende undersökts i en enkätundersökning samt alternativa lösningar i tvättstugan analyserats.

De slutsatser som dragits har visat att tvättstugan är klart fördelaktig utifrån både ett ekonomiskt och ett miljömässigt perspektiv. Fastighetstvättstugan har för viktiga miljöpåverkande effekter 70-90 % av det tidigare nämnda alternativets miljöpåverkan, och bara ca 40 % av dess annuitetskostnad. Tvättstugan har också potential att sänka sin miljöpåverkan ytterligare. Med både tvättmaskiner som värms delvis med fjärrvärme, samt torktumlare med en värmepump kan miljöpåverkan från användningen av maskinerna sänkas med runda tal 50 respektive 60 % jämfört med standard maskinens. Även en installation av ett automatiskt system för dosering av tvättmedel visar sig ha positiva effekter på miljö samtidigt som tvättstugan fortfarande är mer lönsam att tvätta i än i lägenheten.

Enkätundersökningen pekar på att det finns skillnader i tvättbeteende mellan de två fallen och att hushåll som tvättar i den egna lägenheten, och oftare än ca 3 cykler per vecka, tenderar att tvätta 1 cykel mer per vecka än samma hushåll för tvättstugan.

Nästa steg som bör tas är en utförligare undersökning av hushållens tvättbeteende, och då framförallt de som tvättar i den egna lägenheten. Vidare bör fortsatta undersökningar göras på lågenergialternativen som i den här rapporten sågs ha kapacitet att sänka miljöpåverkan.

Abstract

In pursuit towards a more energy efficient and environmentally friendly society, every aspect of our daily life should be addressed. How we wash and dry our clothes has under a short amount of time become something mechanical power does for us. The performance of the machines we use along with our own behavior is of great importance, when it comes to find potential aspects to reduce energy use and environmental impact.

In this study two alternative solutions in taking care of a households laundry are compared. Collective laundry is being compared to the alternative where every apartment has its own units. For the study the environmental impact and economical cost is sought for each solution. Testing of the environmental impact is achieved by performing a life cycle assessment, short LCA, by using the software SimaPro 7.1.2 where the method Eco Indicator 99 was used. The economical costs were compared using a life cycle cost assessment approach, short LCCA, and by calculating the annuity cost for each alternative.

Apart from these two objectives an attempt was made to study and compare the behavior of households using a survey but also to study adjustments to the collective laundry system, in order to see if improvements on the environmental impact are possible.

Conclusions that can be drawn from this study show that a collective laundry system is preferable both from an economical as well as an environmental point of view. A collective laundry system shows, for important environmental effects, to have 70-90 % of the impact from the alternative and also just approximately 40 % of its annuity cost. This system also has potential for improvements through installing washing machines heated partly by district heat, but also from tumble dryers with heat pump technology. Both these changes show potential in reducing the impact from the use phase by half or to 60 % of the standard machines of today. Some potential can also be seen in installing an automatic dosage system for washing detergents.

Further the survey shows that some differences in behavior can be seen between the two types of households, those who have their own units in the apartment tend to use these more frequently than if they would share a collective laundry.

As a next step, I recommend to further study the behavior of household, and especially those with their one equipment in the apartment. Furthermore I suggest continuing to analyze the impact from washing machines and tumble driers using LCA, especially the low-energy solutions.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	i
Abstract.....	iii
1 Introduktion.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte och frågeställning.....	1
1.3 Målgrupp.....	2
1.4 Disposition.....	2
2 Metod.....	3
2.1 FF 1	3
2.2 FF 2	5
2.3 FF 3	5
2.4 FF 4	6
3 Teori.....	7
3.1 Livscykelanalys(LCA)	7
3.2 Livscykelkostnadsanalys (LCC)	11
3.3 Sinners cirkel.....	13
3.4 Torkning av tvätt	13
3.5 Stomljud.....	14
3.6 Byggnationskostnader	15
3.7 Elsystemet idag: varför el på marginalen	15
3.8 Energi och exergi	15
3.9 Tidigare studier.....	15
4 Livscykelanalys	17
4.1 Mål och omfattningsdefinition.....	17
4.2 Inventering av data till LCA.....	17
4.3 Resultat - Livscykelanalys.....	18
5 Livscykelkostnadsanalys	20

5.1	Mål och omfattningsområde.....	20
5.2	Inventering av data till LCC.....	20
5.3	Resultat - Livscykelkostnadsanalys.....	21
6	Enkätundersökning.....	22
6.1	Resultat - Enkätundersökning.....	22
7	Alternativ metoder och maskiner.....	24
7.2	Resultat - Alternativa metoder.....	25
8	Diskussion.....	28
8.1	FF1 – Livscykelanalys.....	28
8.2	FF2 – Livscykelkostnadsanalys.....	30
8.3	FF3 – Enkät.....	30
8.4	FF4 – Alternativa lösningar.....	30
9	Slutsats.....	32
10	Framtida studier.....	33
	Referenser.....	34
	Tryckta källor.....	34
	Muntliga källor.....	36
	Internet källor.....	36
	Använda program.....	37
	Bilaga A - Livscykelanalys.....	1
	Mål och omfattningsbeskrivning.....	1
	Inventeringsanalys – LCA.....	4
	Miljöpåverkansanalys.....	17
	Analysering av resultatet från miljöpåverkansanalysen.....	20
	Känslighetsanalys - LCA.....	21
	Bilaga B – Livscykelkostnadsanalys.....	1
	Mål och omfattningsbeskrivning.....	1
	Inventering - Livscykelkostnadsanalys.....	2

Beräkningar.....	4
Resultat	5
Känslighetsanalys - LCC.....	6
Bilaga C – Enkätundersökning.....	1
Resultat	1
Analysering av resultatet	4
Betydelse av skillnaden i tvättbeteende.....	5
Utformning av enkäten.....	6
Bilaga D – Alternativa metoder och maskiner	1
Fjärrvärmeuppvärmd tvättmaskin	1
Torktumlare med värmepump	3
Automatiskt doseringssystem.....	4
Bilaga E – Produktblad	1

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Människan har i alla tider haft ett behov av att skydda sin kropp mot väder och vind. För det syftet har oftast kläder av olika textilier använts. För att bevara kläderna rena från smuts och odörer har man därmed behövt tvätta dem. Historiskt sett har manuellt tvättande varit det som gällt men i och med industrialiseringen kunde även tvättande mekaniseras.

Tvättmaskiner för hushållet fanns redan på 20-talet i Sverige, men trots det så beräknas det att 1948 hade endast 1 % av befolkningen egen tvättmaskin. Från och med 50-talet så började bostadsbolagen att utrusta nybyggda områden med tvättstugor med maskiner regelbundet och år 1958 anges 30 % haft tillgång till tvättmaskiner i en fastighetstvättstuga (Henriksen, 2004).

Den gemensamma tvättstugan är något som gett en stor del av befolkningen möjlighet att tvätta med modern tvättutrustning. Men tvättstugan har även visats sig kunna vara en källa till osämja mellan hushåll, och hyresgästerna, som grundar sig i att hålla tider och lämna tvättstugan i gott skick.

För att förebygga bråk försöker fastighetsägare med olika metoder som t.ex. genom att införa digitala bokningssystem, införa stortvättstugor med personal eller att installera en tvättmaskin och torktumlare i varje lägenhet (hem & hyra, 2007-2010).

I ett miljömedvetet samhälle är det intressant att undersöka vilka följder valet av tvättform har på miljön. Efter förfrågan ifrån Electrolux Professional Laundry Systems (ELS), Ljungby, har därför detta arbete utförts för att belysa dels miljöpåverkan och den ekonomiska potential som kan skilja mellan två alternativa tvättformer. Tvätt i kollektiv miljö vs tvätt i lägenhet.

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med examensarbetet är att undersöka vilka ekonomiska och miljörelaterade för- och nackdelar en modern gemensam tvättstuga har gentemot att varje enskild lägenhet har sin egen tvättutrustning. För att strukturera upp arbetet har syftet delats upp i ett antal forskningsfrågor (FF).

FF1: Vilka är miljökonsekvenserna med en modern gemensam tvättstuga kopplad till flera lägenheter kontra att varje enskild lägenhet har sin egen utrustning? *Denna fråga hänvisar till den första delen i det ovan beskrivna syftet och ska utreda olikheterna mellan de två fallen. Med frågan ska även de miljöpåverkande faktorerna listas upp och jämföras.*

FF2: Vilken ekonomisk potential finns för fastighetsägare, brukare och leverantör i installation och drift av tvättstugorna? *Har fastighetsägaren någonting att vinna på att införa tvättstugor istället för att låta varje lägenhet ha sin egen maskin.*

FF3: Vilka skillnader finns det i tvättbeteende mellan hyresgäster som i sin lägenhet har tillgång till både tvättmaskin och torktumlare mot en hyresgäst som tvättar i fastighetens gemensamma tvättstuga? *Med den här frågan undersöks ifall det går att uttyda några skillnader i tvättbeteende mellan de två fallen.*

FF4: Vilka alternativa metoder och maskiner skulle utveckla tvättstugan till att bli mer miljövänlig? *Genom forskningsfrågan kan alternativa tekniker för maskiner studeras för att se deras påverkan på tvättstugans miljöpåverkan.*

1.3 Målgrupp

Arbetet är tänkt att tjäna i informationssyfte för konsumenter och investerare som intresserar sig för den miljöpåverkan som tvätt och torkning av kläder bidrar med i flerfamiljsbostäder.

1.4 Disposition

Rapporten består av ett flertal kapitel och bilagor. Här nedan förklaras hur rapporten är uppbyggd och vad varje kapitel tar upp.

Kapitel 1 inleder rapporten med att sammanfatta introduktion, bakgrund och syfte med arbetet.

Kapitel 2 presenterar de metoder som har använts för att besvara syfte och frågeställningar.

Kapitel 3 beskriver den bakomliggande teorin som har använts samt förbereder inför diskussionen.

I kapitel fyra till sju beskrivs kortfattat hur de metoder som använts har byggts upp, för att svara på de fyra forskningsfrågorna, samt presenterar resultatet för varje forskningsfråga.

Kapitel 8 innehåller diskussionen där de metoder och resultat som använts och erhållits diskuteras.

Kapitel 9 presenterar sedan den slutsats som studien har gett utifrån resultat och diskussion.

Därefter presenteras de källor och referenser som använts för att skriva arbetet.

I bilaga A, B, C och D återkommer de modelleringar, beräkningar och insamlade data som ligger till grund till det resultat som presenterats för FF1, FF2, FF3 och FF4.

I bilaga E presenteras delar från de produktblad som studerats under hösten 2010.

2 Metod

För varje forskningsfråga har olika tillvägagångssätt använts för att få fram resultatet. Under det här kapitlet kommer dessa att presenteras och förklaras.

2.1 FF 1

För att undersöka miljökonsekvenserna med omhändertagningen av textilier har en *livscykelanalys*, LCA, utförts. I en LCA studeras en produkts livscykel och alla relevanta utsläpp som uppkommit summeras. Studerar man två likvärdiga produkter eller system i LCA-studien, kan man använda resultatet till en jämförelse av de två. Man kan därmed få reda på skillnaden i miljökonsekvenser mellan två alternativ. LCA-metoden har valts just för att den tar hänsyn till systemets hela livscykel och summerar dess utsläpp. Risken för att missa någon viktig del av systemets miljöpåverkan blir därför mindre.

2.1.1 LCA

Genom att ha betraktat en tvättmaskin och en torktumlare ur ett livscykelperspektiv kan all den miljöpåverkan som uppkommer från hela produkternas livscykel summeras. Därifrån fås då en uppfattning av de utsläpp som tillkom när man tillverkade och därefter använde produkten.

Utifrån den har sedan de två uppställda fallen jämförts utifrån de utsläpp som uppkom under dess livscykel. De stadier av livscykeln som har undersöks för LCA-studien är:

- Materialframställning till ingående komponenter
- Tillverkning av enheterna
- Distribution från fabrik till användare
- Användning av enheterna
- Resthantering och bidrag från återvinningen av produkterna

När alla förbrukningsvärden har samlats in från ovan angivna livscykelfaser simuleras livscykeln med hjälp av SimaPro.

2.1.1.1 Avgränsningar

Avgränsningar har gjorts då data inte varit tillgängliga eller irrelevanta. De har också behövts för att göra begränsningar på arbetets storlek och analysens djup. En för stor och för djup analys blir lätt svårhanterlig då alltför många processer måste behandlas och ses över. För den här LCA-studien har följande avgränsningar gjorts.

- Livscykelanalysen har bara tagit hänsyn till de maskiner som definierats till respektive system. Övriga applikationer som kan tänkas användas som komplement eller utöver dessa maskiner ses inte över.
- Analysen har inte tagit hänsyn till tillverkningen och användningen av tvättmedel, då användningen av tvättmedel antas vara lika stor för båda systemen.

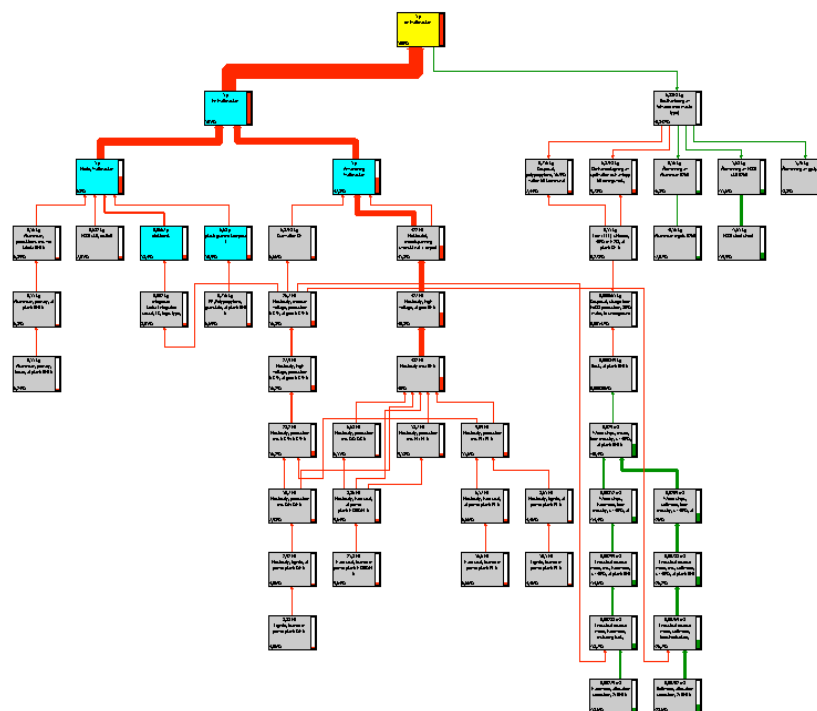
Data över energiförbrukningen vid tillverkningen av hushållsmaskiner har inte varit tillgängliga och har därför baserats på data från fastighetsmaskinernas tillverkning.

- Det tvättbeteende som har antagits har varit en förenklad bild av hur man idag tvättar. Den har också begränsats till att ta med enbart 40 och 60°C temperaturprogram.
- Den resthanteringsprocess som antagits är en förenklad bild av verkligheten.

2.1.1.2 SimaPro

I den här studien har mjukvaran SimaPro använts. För att ge lite information om vad SimaPro är för program, hur det används och vem det används utav följer här en beskrivning.

SimaPro är en programvara som utvecklas av PRé Consultants, Nederländerna. Programmet används som ett verktyg för att på ett smidigt sätt kunna utföra, studera och modifiera en livscykelanalys. Användandet av SimaPro går ut på att man bygger sig ett system av processer och produkter. Till dessa processer kopplar man sedan befintliga processdata eller materialdata från någon av alla databaser som finns. När man så har byggt upp sitt system kan man börja utföra simuleringarna. Då används alla de processdata och materialdata som kopplats ihop till en livscykel för att beräkna den slutliga miljöpåverkan för systemet. Genom att använda sig av funktionen "nätverk" kan man se sitt system i en trädstruktur som bygger på alla processer och underprocesser som systemet använder sig av.



Figur 1- Exempelbild på trädstruktur i SimaPro

Resultatet kan sedan presenteras i de olika miljöpåverkningskategorierna antingen via en påverkans- eller skadeanalys.

För att göra det behövs databaser utifrån vilka man kan hämta processer som innehåller information om material, energislag och tillverkningsprocesser. SimaPro är världsledande som LCA mjukvara och används av industrin, forsknings grupper och konsultföretag i över 80 länder(SimaPro, u.å.).

2.2 FF 2

För undersökningen utav den ekonomiska potentialen har en *livscykelkostnadsanalys*, LCC, utförts som likt den tidigare nämnda LCA-studien utgått från ett livscykelperspektiv. Här har istället de kostnader som uppkommer under produktens livstid summerats och jämförts, alternativen emellan. Genom att alla relevanta kostnader under produkternas hela livscykel summerats, har man sett till att inte missa någon kostnad som eventuellt kunde ha gett utslag på totalkostnaden.

2.2.1 LCC

De relevanta kostnaderna för att besvara forskningsfrågan har varit de kostnader som uppkommit för inköpare och ägare av produkten under dess användning. Inga kostnader från den tidigare produktionen har då behövts ta hänsyn till. De olika kostnaderna har summerats här nedanför:

- Inköp och installationskostnader
- Driftskostnader
- Underhåll och reparationskostnader
- Resthanteringskostnader

Kostnader uppkommer på olika sätt och vid olika tidpunkter. Vissa är årligt återkommande medan vissa är engångskostnader. För att få en jämförbar kostnad mellan två system som har olika livslängder har den så kallade *annuitetsmetoden* använts, där man fördelar alla kostnader över produktens livslängd. Mer om annuitetsmetoden kan läsas i 3.2.2.1.

2.2.1.1 Avgränsningar

LCC-studien har också den behövt avgränsningar. En avgränsning gjordes redan i formuleringen, nedan har de avgränsningar som gjorts presenterats

- LCC-studien inkluderar inga kostnader för nybyggnation eller renovering av de lokaler tvättmaskinen och torktumlaren står i. Därmed finns inte kostnaden för uppförande av fastighetstvättstugan eller våtrummet i lägenheten med i den beräknade årliga kostnaden.
- Kostnaden för tvättmedel belastar i grundfallet enbart användaren där kostnaden kan variera mycket beroende på tycke och smak. Dock kan användandet av tvättmedel antas vara lika för hushåll tvättandes i fastighetstvättstugan som i lägenheten. Därmed tas inte kostnaden för tvättmedel med i den årliga kostnaden för LCC-studien. Däremot så behandlas kostnaden i FF4, där det automatiserade systemet dels innebär att ny utrustning krävs men även att ett bestämt tvättmedel används till alla tvättcykler.

2.3 FF 3

I FF3 har de eventuella skillnaderna i tvättbeteende mellan hyresgäster som tvättar i den egna lägenheten mot de hyresgäster som tvättar i fastighetens gemensamma tvättstuga utretts. Skillnaden har undersökts genom en enkätundersökning där hyresgäster ifrån båda grupperna utfrågats.

För att sedan undersöka vilken effekt en eventuell skillnad i tvättbeteendet bidrar med i form av miljöpåverkan, har en simulering i SimaPro gjorts. Därifrån har sedan betydelsen av en skillnad utvärderats.

2.4 FF 4

För att minska miljöpåverkan från fastighetstvättstugan finns flera tänkbara scenarion. Ifall dessa är praktiskt genomförbara är dock ofta osäkert. Därför har vid utvärderingen till FF4 först fokuserats på de områden som är centrala för den totala miljöpåverkan från tvättstugan.

Identifieringen av dessa intressanta områden, där en förbättring av tvättstugan är önskvärd, har skett på främst två sätt. Först har tidigare LCA-studier studerats. Därefter har problemområden som stötts på under utförandet av livscykelanalysen och som visat sig vara intressanta att förbättra observerats.

Utifrån de problemområden som tagits fram har sedan lösningar föreslagits. Dessa lösningar sätts sedan i relation till "dagens standardteknik" genom att använda SimaPro eller LCC-beräkningar. Därmed så kan effekterna från alternativens reducering av miljöpåverkan bättre tydliggöras.

3 Teori

I det här kapitlet kommer teorin som behövs för att förstå sig på processen och diskussionen att presenteras.

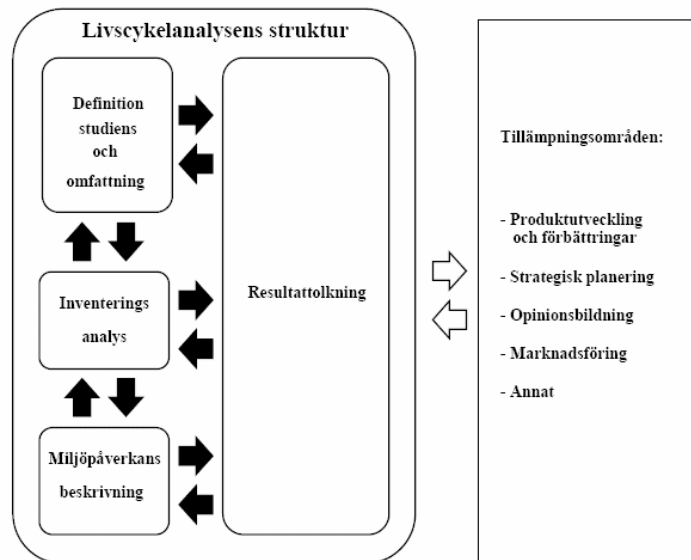
3.1 Livscykelanalys(LCA)

Livscykelanalys är en metod som utvecklats för att tillfredsställa det ökande intresset av att bättre kunna förstå och hantera miljöpåverkan från en produkt. En LCA kan bland annat vara till hjälp vid; identifiering av förbättringsmöjligheter på den miljömässiga prestanda för en produkt, informationsunderlag för beslutsfattare (vid t.ex. strategisk planering, prioriteringar etc.) och marknadsföring(t.ex. vid miljöuttalande eller framtagna av miljövarudeklarationer) (SIS-EN ISO 14044).

En LCA kan beskrivas som en process som summerar de resurs- och miljökonsekvenser som kan kopplas till en produkts eller tjänsts aktiviteter genom hela dess livscykel. Livscykeln innefattar anskaffningen av de råmaterial som behövs, produktion, användning samt slutbehandlingen av produkten. LCA-studien delas upp i fyra olika faser som beskrivs här nedan (SS-EN ISO 14044).

- mål- och omfattningsdefinition
- inventeringsanalys
- miljöpåverkansbedömning
- tolkning av resultat

De fyra faserna och interaktioner mellan faserna tydliggörs i Figur 2



Figur 2: Bild på ingående faser i en LCA; SS-EN ISO 14040

3.1.1 Mål- och omfattningsdefinition

Med måldefinitionen menas att produktsystemet som ska studeras beskrivs, men även varför studien görs och till vilken målgrupp som den är riktad till. Dessutom ska det även framgå ifall studien är tänkt att användas i jämförande syfte (SS-EN ISO 14044).

När omfattningen av LCA-studien beskrivs bör man fokusera på det som krävs för att måldefinitionen ska uppfyllas. Först definieras det objekt som ska studeras samt dess funktioner. Därefter behöver LCA-studien i många fall begränsas till att enbart omfatta de mest signifikanta delarna av miljöpåverkan. Avgränsningar måste därför undersökas för systemet ur geografiskt, tidsmässigt och tekniskt perspektiv (Lindahl et al., 2002).

3.1.1.1 Funktion och funktionell enhet

En viktig del av omfattningsbeskrivningen är just beskrivandet av funktionen för den valda produkten, det vill säga dess prestanda. Den funktionella enheten kvantifierar sedan produktens funktioner och behöver överensstämja med studiens mål och omfattning. Den funktionella enheten måste vara tydligt definierad och mätbar för att klara av att användas som referens till normaliseringen av in- och utflöden (SS-EN ISO 14044).

För att enheten ska vara så jämförbar som möjligt bör den tillgodose tre egenskapskategorier hos produkten eller tjänsten: kvantitet, hållbarhet och kvalitet (Lindahl et al., 2002):

- Med kvantitet menas att enheten ska användas för att beräkna hur stora in- och utflöden av energi och materia som krävs för att produktens eller systemets funktion.
- Hållbarheten syftar på hur lång den tekniska och faktiska livslängden på funktionen är.
- Den kvalitativa egenskapskategorin ska ställa krav på hur väl produkten eller systemen ska uppfylla funktionen.

3.1.1.2 Systemgränser

Systemgränserna är nödvändiga för att avgöra vilka enhetsprocesser som tas med i LCA-studien. I många fall finns inte resurser eller tid för att göra en komplett studie och man kan därför avgränsa sig mot flöden som inte påverkar slutresultatet signifikant nog. Alla systemgränser som har satts bör dock tydliggöras och motiveras (SS-EN ISO 14044).

Tydliggörandet av produktens livscykel kan göras genom att använda följande avgränsningar (Lindahl et al., 2002):

- mot natursystemet
- mot andra produkter
- geografiska
- tidsmässiga

Det underlättar att beskriva systemavgränsningarna med ett flödesschema, där alla relevanta enhetsprocesserna ingår (SS-EN ISO 14044).

3.1.1.3 Kvalitet på data

För att korrekt kunna tolka de resultat studien ger och för att de ska vara tillförlitliga är det viktigt att beskriva vilka kvalitetskrav på data som ställs. De krav som ställs på data bör inkludera följande parametrar (SS-EN ISO 14044):

Geografisk täckning – Det geografiska område som data är insamlad ifrån (lokalt, regionalt, nationell, kontinental eller global).

Tidsrelaterad täckning – Den tidsperiod ifrån vilken data maximalt får härstamma ifrån samt under hur lång tid data bör insamlas (t.ex. under ett års tid).

Teknologisk täckning – Vilken typ av teknologi har använts när data om processen samlades in och vilken status har den.

3.1.2 Inventeringsanalys (LCI)

Nästa steg i LCA-studien är inventeringsfasen. Den innebär att samla in all data för enhetsprocesserna inom systemets gränser. Data som kan vara uppmätt, beräknad eller uppskattad används sedan för att kvantifiera enhetsprocesserna in och utflöden. För att underlätta insamlandet bör man först skapa ett processträd, där de ingående enhetsprocessernas inom systemets gränser finns med. Datakällan ska alltid anges och för signifikanta uppgifter bör man även detaljerat beskriva insamlingsmetoden, samt tidpunkten för när det gjordes. Ytterligare bör man även, för att undvika missförstånd, beskriva varje enhetsprocess så att t.ex. dubbelräkning undviks. Inventeringsanalysen kan sammanfattas i följande punkter (SS-EN ISO 14044):

- **Insamling av data:** Datainsamlingen kan förberedas med att skapa ett processträd för att underlätta den senare datainsamlingen.
- **Beräkning av data:** Beräkningarna som gjorts dokumenteras och en kontroll av datavaliditeten görs. Här relateras även data som insamlats till varje enhetsprocess samt till den funktionella enheten. Slutligen görs, ifall det krävs, en justering av systemets gränser.
- **Allokering av data:** I de fall där enhetsprocessen i ett system delas med en annan produkt, bör en allokeringsprocedur utföras. Då det är möjligt bör man undvika en allokering. Ifall detta inte är möjligt behöver processen delas upp, antingen genom ett fysikaliskt samband eller något annat samband produkterna emellan, t.ex. ekonomiskt värde.

Inventeringsanalysen är oftast den mest tidskrävande delen av en LCA-studie, då vissa data kan vara svåra att få tag på (Baumann et al., 2004).

3.1.3 Miljöpåverkansbedömning (LCIA)

Den tredje fasen i en LCA är miljöpåverkansbedömningen (LCIA) eller miljöpåverkansanalysen. Syftet med denna bedömning är att via LCI-resultaten skapa ytterligare information som ökar på förståelsen för produktsystemets miljöpåverkan. För den här fasen ingår tre obligatoriska steg (SS-EN ISO 14042):

- Val av miljöpåverkanskategorier, kategoriindikatorer samt karaktäriseringsmodeller
- Klassificering, där LCI-resultaten relateras till de valda miljöpåverkningskategorierna
- Karaktärisering, där beräkningen av kategoriindikatorresultaten sker

Utöver dessa tre obligatoriska steg finns ytterligare valfria steg att använda, beroende på vilket mål studien har. Dessa är enligt (SS-EN ISO 14042): normalisering, gruppering, viktning och datakvalitetsanalys.

Vid **Normaliseringen** beräknas omfattningen av resultatet från karaktäriseringen i förhållande till ett referensvärde. I **grupperingen**, möjliggör sortering och rangordning av miljöpåverkningskategorierna. **Viktning** är ett sätt att konvertera indikatorresultaten via numeriska faktorer, baserade på värdegrunder. Slutligen i en **datakvalitets analys** analyseras för att bättre förstå hur tillförlitliga data som insamlats är.

Då en LCA-studie ska vara transparent och viktning bygger på subjektiva värderingar, bör viktning endast användas då det är motiverat att göra så (Lindahl et al., 2002).

3.1.3.1 Miljöpåverkanskategorier

En miljöpåverkanskategori är en klass som LCI-resultatet inordnas till, en kategoriindikator är den kvantifierbara mängd som representerar miljöpåverkanskategorin och en karaktäriseringsmodell är en modell som används för att omvandla LCI-resultaten till den gemensamma enheten, kategoriindikatorn. Det första som ska beaktas vid valet av miljöpåverkanskategori är att de kategorier man väljer är relevanta för produktsystemet i fråga men även för målet med studien. Vanligast väljs redan befintliga miljöpåverkanskategorier, kategoriindikatorer och karaktäriseringsmodeller som man sedan refererar till (SS-EN ISO 14042).

3.1.3.2 Klassificering

Med klassificering menas att data som samlats in ifrån inventeringsanalysen tilldelas de olika miljöpåverkanskategorierna som valts (SS-EN ISO 44). Indelningen utförs genom att studera de naturligtvetenskapliga orsakssamband som finns mellan data och miljöpåverkan. Vissa emissioner bidrar inte till bara en utan flera kategorier (Lindahl et al., 2002).

3.1.3.3 Karakterisering

I karakteriseringen utförs beräkningen som omvandlar LCI-resultaten till de gemensamma enheterna inom miljöpåverkanskategorin. Omvandlingen sker med s.k. karakteriseringsfaktorer som resulterar i ett numeriskt indikatorresultat (SS-EN ISO 14042).

3.1.4 Tolkning av resultat

Livscykeltolkning är den sista fasen av en LCA och består främst av tre delar; **identifiering** av betydande frågor baserat på de resultat som gavs ifrån LCI eller LCIA-faserna, **utvärdering** och kontroll av fullständighet, känslighet och överensstämmelse samt **slutsatser**, rekommendationer och rapportering (SS-EN ISO 14043).

3.1.4.1 Känslighetsanalys

Med känslighetsanalysen vill man kontrollera resultatets känslighet mot variationer i antaganden, metoder och data. De utvalda parametrarna som ska testas, justeras inom ett visst intervall som sedan jämförs utifrån grundförutsättningarna. Följande exempel kan vara av intresse att undersöka vid en känslighetsanalys; allokeringsregler, avgränsningar, systemdefinition samt bedömningar och antaganden utifrån använda data (SS-EN ISO 14043).

3.2 Livscykelkostnadsanalys (LCC)

En livscykelkostnadsanalys som också benämns LCC, Life Cycle Cost, är ett verktyg för att beräkna totalkostnaden för en produkt eller tjänst under hela dess livscykel, från installation till dess att den tas ur bruk (energimyndigheten 1, 2007-2011).

3.2.1 Användningsområde

Användningsområdena för en LCC-studie kan variera men den är särskilt lämpad för att utvärdera olika alternativa system med en förutbestämd prestanda. En LCC kan här påvisa skillnaderna mellan systemen i deras investerings-, drifts-, underhålls- och reparationskostnad men även olika livslängder. Analysen kan användas för vilken kapitalinvestering som helst men är som mest relevant där höga grundinvesteringar ställs mot låga framtida kostnader (Dantes, 2006).

3.2.2 Utförande

Det finns ingen internationell standard utifrån vilken man utför sin LCC (Dantes, 2006). Utförandet har därför skett efter följande fem punkter som är en del av de punkter som tas upp av Wååk (1992) för hur en LCC-studie ska gå till.

1. **Identifiering** av problemet
2. Klargör för vilka **begränsningar, krav och förutsättningar** som utgör villkoren för studien, t.ex. ekonomiska förutsättningar som fastställandet av kalkylränta, kalkylperiod, inflation och livslängd.
3. Framtagande av en **LCC modell**, ekvationen som beskriver hur LCC-studien ska beräknas.
4. **Datagenerering och beräkningar** för att få fram ett resultat till LCC-studien
5. **Utvärdering** och jämförelse av resultat, där funderingar förs kring varför resultatet blev som det blev och vilka faktorer som har beaktats och vilka som inte har det.

3.2.2.1 Ekonomiska modeller

Utifrån de mål man har med studien kan man använda sig av olika ekonomiska modeller till sin LCC. De vanligast förekommande metoderna vid en LCC är **nuvärdesmetoden** och **annuitetsmetoden** (Holmvik & Wallin, 2006).

För att beräkna de olika faktorerna behöver man först bestämma **kalkylräntan**. Kalkylräntan eller diskonteringsräntan är en faktor som används för att beräkna framtida betalningar i dagens värde (Kiessling & Holmberg 1984). Något som kan komplicera användandet av kalkylräntan är inflationen. Dock kan man i det fall då man antar att alla kostnader påverkas lika av inflationen räkna med en förenklad modell kallad **real** kalkylränta. Den reella kalkylräntan kan beräknas med följande formel (Wååk, 1992):

$$r_{real} = \left(\frac{r_{kalkyl}}{i - 1} \right) \cdot 100$$

Ekvation 1: Beräkning av real kalkylräntan

där i = inflation, r_{real} = real kalkylränta och r_{kalkyl} = kalkylränta. Då t.ex. kalkylräntan är 10 % och inflationen 4 % blir då $r_{kalkyl} = 1,10$ och $i = 1,04$.

I **nuvärdesmetoden** räknas alla betalningsströmmar, kostnader, tillbaks till tidpunkten för grundinvesteringen, det vill säga till nutid. Detta kallas att diskontera kostnader tillbaks i tiden. För att beräkna hur mycket en framtida krona är värd idag används en så kallad **nuvärdesfaktor**. Nuvärdesfaktorn multipliceras sedan med den kostnaden eller inkomsten som förekommer det året. Beräkning av nuvärdesfaktorn beskrivs av Ekvation 2 (Andersson, 2001).

$$\text{nuvärdesfaktor} = \frac{1}{(1 + r_{\text{real}})^n}$$

Ekvation 2: nuvärdesfaktor

där r = real kalkylränta och n = antal perioder (år)

Vid en beräkning med **annuitetsmetoden** går det ut på att fördela alla in- och utbetalningar jämnt över den ekonomiska livslängden för produkten i s.k. annuiteter. De betalningsströmmar som återkommer årligen under livslängden, beskrivs redan som en den årliga kostnaden och behöver inte fördelas i annuiteter. Det behöver däremot de betalningsströmmar som endast uppstår under ett enskilt år, som t.ex. grundinvesteringar, reparationer, restvärde etc. Dessa måste först diskonteras tillbaka med nuvärdesfaktorn för att sedan delas upp i annuiteter med hjälp av annuitetsfaktorn (Andersson, 2001). Annuitetsfaktorn beräknas med ekvation nr 3:

$$\text{annuitetsfaktor} = \frac{r_{\text{real}}}{1 - (1 + r_{\text{real}})^{-n}}$$

Ekvation 3: Annuitetsfaktor

3.2.2.2 LCC modell

I LCC modellen ska alla relevanta huvudposter behandlas i den ekvation som ställts upp (Wååk, 1992). I ekvationen nedan ställs en sådan summering upp efter en ekvation som ges av DANTES¹, där alla huvudkostnader som kan tänkas ingå tas med (Dantes, 2006). Därefter förklaras varje posts innebörd för den slutgiltiga totalkostnaden. Skillnaden mellan den ekvation som presenteras och som gavs av Dantes är att installationskostnader har sammanfogats med grundkostnaderna samt att driftskostnader och energikostnaderna fogas samman.

$$LCC = C_G + C_D + C_U + C_S + C_M + C_R - R$$

Ekvation 4: Uppbyggnad av en LCC modell

Alla poster som här beskrivs behöver nödvändigtvis inte vara med vid en beräkning av livscykelkostnaden.

C_G: Grundinvesteringar, De kostnaderna som uppstår vid den första grundinvesteringen av produkten eller systemet, t.ex. inköpskostnader och installationskostnader. Denna kostnad kan antingen betalas direkt på första året eller delas upp i flera delbetalningar under fler år.

¹ DANTES, Demonstrate and Assess New Tools for Environmental Sustainability, är ett delvis EU finansierat projekt utfört mellan 2002 och 2005 av Akzo Nobel Surface Chemistry, ABB, Stora Enso och Chalmers Tekniska högskola

C_D: Driftkostnader, de årliga driftkostnaderna som inkluderas av energikostnaderna och övriga kostnader som uppstår vid drift.

C_U: Underhålls- och reparationskostnader, kostnaderna för underhåll och reparationer av produkten eller systemet.

C_S: Stopptidskostnader, kostnaderna för oplanerade stopp.

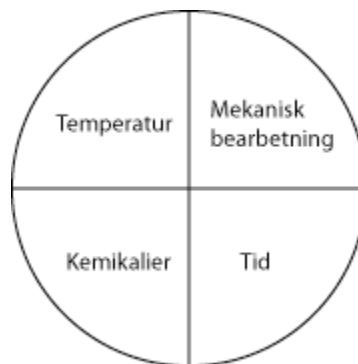
C_M: Miljökostnader, de kostnader som uppkommer vid handel med tillstånd eller utsläppsrätter

C_R: Resthanteringskostnader, de kostnader som uppstår när produkten tas om hand då den är uttjänad.

R: Restvärdet på produkten, dvs. det värde produkten har då den tas ur bruk.

3.3 Sinners cirkel

För att representera de påverkande faktorerna i en tvättprocess används ofta Sinners cirkel. Cirkeln består av fyra sektorer som var och en representerar en av de viktiga faktorerna för ett lyckat tvättresultat. Dessa fyra faktorer är: **Tid**, **Temperatur**, **Kemikalier** och **Mekanisk bearbetning**.



Figur 3: Sinners cirkel, källa: Bruce & Thulin 2010

Tvättresultatet representeras av hela cirkeln då det är beroende av alla faktorerna. Storleken på faktorerna sinsemellan kan variera, men då en faktor ändras måste en av de andra justeras som en reaktion för att få samma tvättresultat. En femte faktor, vatten, tas ibland med i cirkeln då den alltid är närvarande i tvättprocessen (Bruce & Thulin, 2010).

3.4 Torkning av tvätt

Torkningen av textilier kräver energi och förbereds för redan i tvättmaskinen under centrifugeringen, där vattnet mekaniskt pressas ut ur textilierna. Under centrifugeringen roteras trumman och skapar därigenom en g-kraft som medför att kläderna pressas mot trumman.

Ett bra värde för en fastighetsmaskin är en g-kraft mellan 350- 425 g som man där efter behöver behålla under en viss tid (Sundqvist, muntligen 2011).

Den resterande fukten som finns i textilierna måste därefter avlägsnas termiskt genom konvektion eller konduktion. Detta kan göras t.ex. i en torktumlare, torkrum, torkskåp eller genom att hänga tvätten på torklina utomhus (Rüdenauer et al., 2008a). Här fokuseras på torktumlare frånluftstorktummlaren och kondenstorktummlaren. Ett tredje alternativ är en användning av

kondenstorktummlaren där en värmepump används för att sänka energiförbrukningen hos torktummlaren.

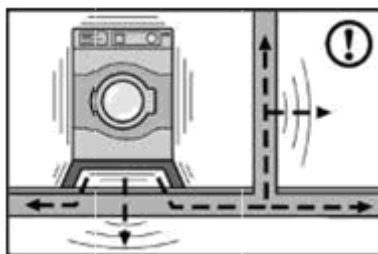
Frånluftstorktummlare - Med en frånluftstummlare utnyttjas luften från omgivningen, denna luft sugs in, värms upp och leds sedan vidare in i trumman, till den fuktiga tvätten. Här absorberar luften fukten från tvätten och den nu fuktiga luften förs sedan vidare ut utomhus. Härifrån uppkommer ett litet undertryck i rummet som torktummlaren står i. Detta undertryck skapar ett luftflöde ifrån ett annat utrymme, ofta läcker det in genom fönster och dörrar. Ifall den tillströmmande luften är kallare än rumstemperaturen behöver rummets värmeanläggning justera för temperaturfallet (Rüdenauer et al., 2008a).

Kondenstorktummlare - Kondenstorktummlaren däremot cirkulerar sin luft i ett kretslopp. Den uppvärmda torra luften leds in i trumman där liksom för frånluftstummlaren absorberar luften fuktigheten från kläderna. Slutligen leds den nu fuktiga luften vidare genom en kondensor, där luften kyls av och tappar det vatten det tidigare absorberat. Den nu avkylda luften värms så åter upp och börjar om kretsloppet. Då ingen evakuering av luften behövs avges värme direkt ut i det rum som tummlaren står i (Rüdenauer et al., 2008a).

En kondenstummlare kan dock vara känslig för rumstemperaturen då en för hög rumstemperatur kan försämra kondenseringsförmågan hos maskinen då temperaturdifferensen minskar, vilket innebär att det tar längre tid att kondensera fukten (Brage, muntligen 2010). Rumstemperaturen bör alltså inte överstiga 25- 27 °C, då en för hög rumstemperatur förlänger torktiden (Jonasson, muntligen 2011).

3.5 Stomljud

Stomljud är ljud från de vibrationer som bland annat maskiner med roterande eller slående delar skapar i byggnadsstommen. Vibrationerna kan sedan fortplantas i väggar och bjälkar som angränsar till andra utrymmen. Vibrationerna bakom stomljuden kan uppkomma från flera olika tekniska installationer, däribland tvättmaskiner och torktummlare. För tvättstugan finns idag lösningar och installationer för att undvika problem med stomljud, bland annat genom att förankra maskinen i ett betongfundament. Ett annat sätt som visat sig vara effektivt är att ställa maskinerna på ett upphöjt, löst fundament med dämpande fötter. Fundamentet fylls sedan upp till samma vikt som maskinen. För hushållsmaskinerna däremot finns inga uppmätta värden, men även här uppstår problem ibland och stomljud kan höras i intilliggande lägenheter (Simmons, 2009) och innebära ett störande moment vid olämpliga tidpunkter på dygnet.



Figur 4: Stomburet ljud från Tvättmaskin och torktummlare, Källa: Simmons (2009)

I rapporten *SBUF 11941 Stomburet installationsljud, handbok*. Simmons, C presenteras även en schablonkostnad för stomljuds begränsade åtgärder vilken sammanfattas till 10 000 kr/rum.

3.6 Byggnationskostnader

Vid en installation av tvättmaskin och torktumlare i lägenheten är det också av intresse att diskutera kostnaden för byggnationen av våtutrymmet. För lägenheten kan antingen ett redan befintligt våtrum uppgaderas och anpassas för en tvättmaskin- eller torktumlaranslutning, förutsatt att det finns utrymme att placera dem på, dels kan våtrummet byggas från grund. Ett eventuellt stambyte som kan tänkas behöva göras anses inte belasta enbart införskaffandet av tvättmaskinen utan är en åtgärd som ändå måste göras för att underhålla fastigheten.

Hela lägenheten kostar idag ca 30 000 kr/m² att bygga, men för att bygga ut våtrummet till förmån för tvättmaskin etc. skulle det kunna kosta ca 20 000 kr/m² (Josefsson, C muntligen 2011).

Att uppföra en ny tvättstuga är även det en investering att beakta när man jämför kostnaderna för byggnation. Tvättstugan placeras huvudsakligen antingen i en källarlokal i fastigheten eller i en intilliggande byggnad.

3.7 Elsystemet idag: varför el på marginalen

Den nordiska elmarknaden är idag gemensam och det sker dagligen ett stort utbyte mellan de nordiska länderna. Dessutom så integreras den nordiska elmarknaden mer och mer med övriga Europa. Därför är det mer relevant att prata om det nordiska eller det europeiska elsystemet än enbart det svenska (Gode et al., 2009).

Efterfrågan på energi varierar och därmed också elproduktionen. De produktslag som tillkommer elmixen sist är också den första som överges vid en minskad efterfrågan. Denna el benämns driftsmarginal och kan definieras till att ha; en hög rörlig kostnad, stor kapacitet och en flexibilitet att öka eller minska beroende på hur efterfrågan och utbudet ser ut på elmarknaden. På kort sikt, årsbasis, så ses kolkondens vara den energikälla som används på marginalen, medan det under lång sikt troligtvis kommer ha störst inslag från naturgasproducerad el. Marginalelen är även den el som sätter priset på elmarknaden (Gode et al., 2009). I Gode et al (2009) anses även att man vid en konsekvensanalys, vid en förändring av energianvändningen, bör använda el på marginalen.

3.8 Energi och exergi

Exergi är enligt ne.se:

"den mängd mekaniskt arbete som maximalt (dvs. i en ideal process) kan utvinnas ur ett system då det får gå till termodynamisk jämvikt". (exergi. <http://www.ne.se/lang/exergi>, Nationalencyklopedin, hämtad 2011-01-25)

Kvaliteten hos energikällor kan vara olika. Exergi används då som ett energimått med hänsyn på just energins kvalitet. Termodynamikens första huvudsats ger att energi inte kan förstöras. Men kvaliteten på energin, exergin, reduceras i och med att entropin ökar. Definierar man en kvalitetsfaktor q , kan man beskriva sambandet, $E = U * q$, där U är systemets energi och E är exergin (ne.se, 2011). I Wall (1986) presenteras ett q på fjärrvärme(90°C) till 0,2-0,3 men är då beroende av omgivningstemperaturen, medan den elektrisk och mekanisk energi har värdet 1,0.

3.9 Tidigare studier

I vissa fall finns det tidigare studier gjorde inom ämnet. De äldre rapporter som noteras här används som referenser vid analyserandet av resultat men tar även upp teman som är intressant för diskussionen.

3.9.1 Livscykelanalys av tvättmaskin

I "Eco-efficiency analysis of Washing machines- Life Cycle Assessment and determination of optimal life span" görs bland annat en LCA på en tvättmaskin för att uppdatera och jämföra med äldre gjorda analyser (Rüdenauer et al., 2005a). Den slutsats som dras är att tvättmaskinens användningsfas står för 65 – 80 % av all miljöpåverkan, beroende på vilken metod som används. Resultatet stämmer överens med tidigare gjorda LCA med undantag att effektiviseringar av användningen har gjort att produktionsfasen tar en större del. Utöver det syns även att elektronikkomponenterna i maskinen har en stor betydelse (11 %) och att ifall en ökning av elektronikkomponenter sker i tvättmaskinen kommer ytterligare tyngd läggas på produktionsfasen (Rüdenauer et al., 2005a).

3.9.2 Undersökning av torkningsalternativ

I "Vergleich der Umweltauswirkungen und Kosten verschiedener Wäschetrocknungssysteme" testas miljöeffekterna från en värmepumpstorktumlare, ifrån Bosch BSH, mot andra konventionella torktumlare samt torkningsmetoder (Rüdenauer et al., 2008a). Resultaten visar att värmepumpstorktummlaren är överlägsen de konventionella torktumlarna från en miljösynpunkt. Även då den har en högre inköpskostnad, än konventionella torktumlarna, återbetalar sig värmepumpstorktummlaren under sin livstid, då den totala kostnaden är lägre (Rüdenauer et al., 2008a).

3.9.3 Jämförande av miljöeffekterna från automatiskt styrd tvättmedelsdosering

I rapporten "Einsparpotenziale durch automatische Dosierung bei Waschmaschinen" undersöks Miele's automatiska doseringssystem för att se vilka besparingar i tvättmedel och därmed också miljöpåverkan som kan fås gentemot manuell dosering (Rüdenauer et al., 2008b). Resultaten från analysen visar att besparingen av tvättmedel kan sänka miljöpåverkan med ca 30 % gentemot den manuella doseringen. Från avloppsvattnet sänks vattentoxicitet med 5 % (Rüdenauer et al., 2008b).

4 Livscykelanalys

Här sammanfattas den LCA som utförts för att undersöka vilka miljökonsekvenser som tillkommer vid olika tvättalternativ. För att i detalj se hur analysen har gjorts, samt vilka data som LCA-studien grundar sig på hänvisas till bilaga A.

4.1 Mål och omfattningsdefinition

Målet med LCA-studien är att undersöka och jämföra två system för tvättning och torkning av textilier.

4.1.1 Funktionell enhet och systemdefinition

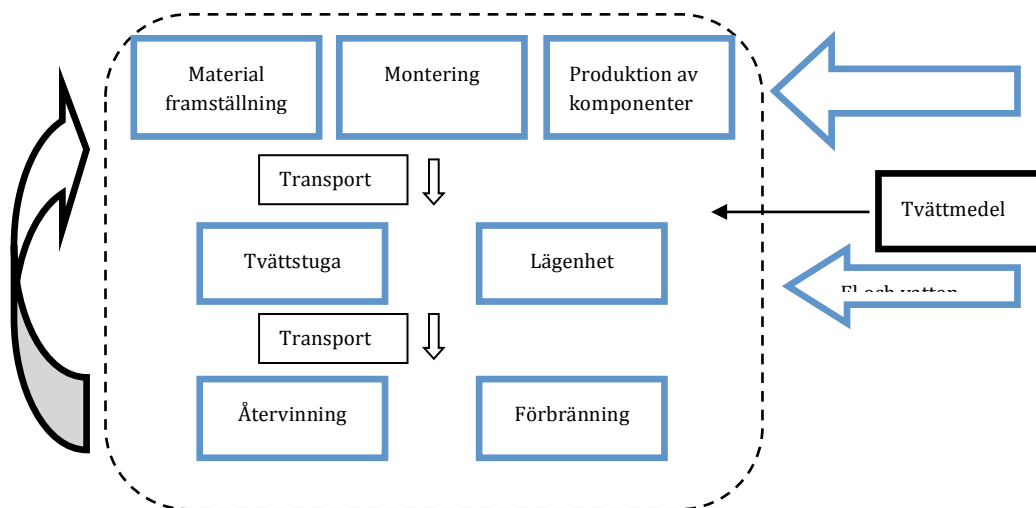
Den funktionella enheten har definierats för att underlätta jämförelsen och behöver kunna appliceras på bägge systemen. Den funktionella enheten har definierats till:

Den sammanlagda mängd tvättgods, 12 500 kg², som 25 hushåll tvättar under ett år.

De två system som har studerats är en gemensam tvättstuga i en fastighet som anpassas till 25 lägenheter, samt 25 hushåll som har tillgång till tvättmaskin och torktumlare i den egna lägenheten.

4.1.2 Omfattningsområde

Det undersökta området har begränsats för att undvika icke relevanta delar i systemets livscykel. Nedan följer en principskiss över flödesschemat som beskriver det undersökta området.



Figur 5: Flödesschema LCA

LCA-studien fokuserar främst på de tre faserna, tillverkning, användning och resthantering. Till faserna strömmar sedan andra flöden som energi i form av el, värme eller gasol men även vatten och tvättmedel. Tvättmedel är inte medtaget i analysen då den anses vara lika stor för bägge systemen.

4.2 Inventering av data till LCA

Här presenteras resultat från beräkningarna av tvättstugans och lägenheternas energi och vattenförbrukning. Ett generellt antagande som gjorts för elenergiförsörjningen är att el på

² 500 kg tvättgods per hushåll och år, se bilaga A för mer information.

marginalen har antagits som idag innebär av kolkondens. I övrigt så förenklas även användandet till att enbart fördela tvättmängden över två tvättprogram, nämligen 40° och 60°, som fördelas lika 50/50. Se bilaga A för mer information.

Beräkningarna bygger på antaganden om hur mycket tvätt ett hushåll tvättar per år och hur pass väl de fyller sina maskiner. Som kan läsas i bilaga A har 500 kg tvätt per hushåll och år definierats där en tvättmaskin fylls i genomsnitt med 2,5 kg.

Tabell 1: Inventeringsresultat av förbrukning

	Tvättstuga	Lägenhet
Energiförbrukning tillverkning [MWh]	1,02	4,42
Transport [tkm]	1,11E+02	2,95E+03
Energiförbrukning användning [MWh]	9,41	9,82
Vattenförbrukning användning [liter]	1,37E+05	2,12E+05

Dessa data har sedan använts i SimaPro till miljöpåverkansanalysen.

4.3 Resultat - Livscykelanalys

Det resultat som miljöpåverkansanalysen kom fram till presenteras i diagrammet här nedanför, därefter beskrivs vad som kommit fram efter att ha analyserat resultatet.

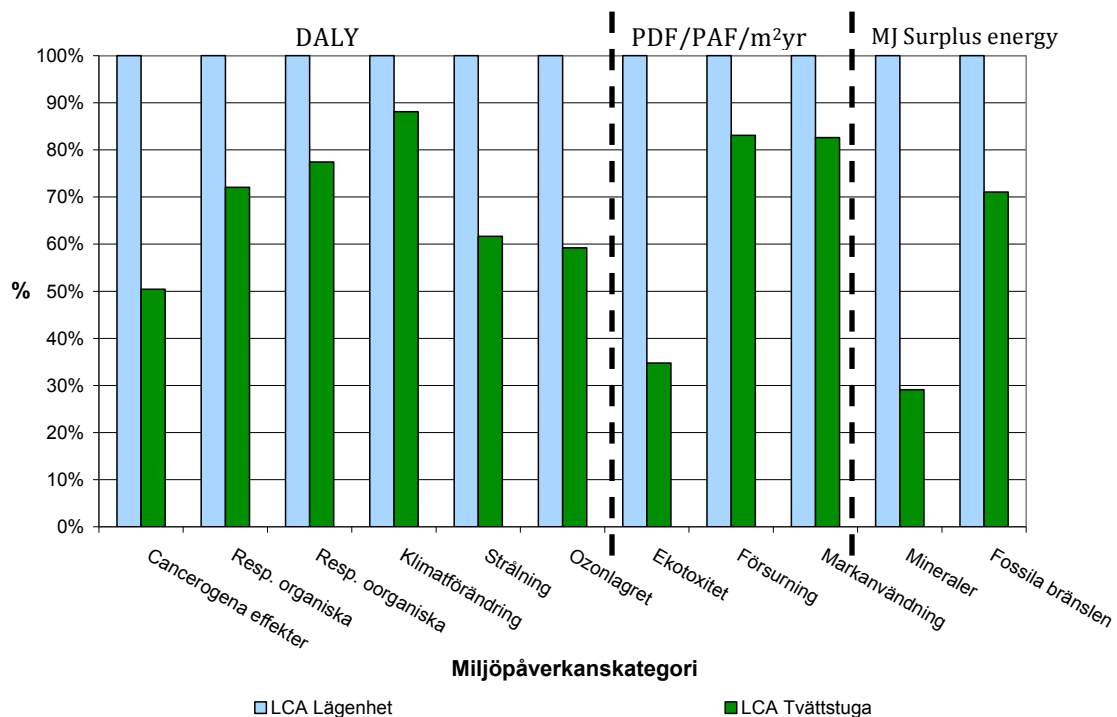


Diagram 1: Resultat LCA

Tvättstugan visade sig vara miljövänligast i alla de miljöpåverkanskategorier som studerats. Skillnaden mellan tvättstugan och tvätt i lägenhet varierade kraftigt mellan de olika kategorierna. De tre mest signifikanta miljöpåverkningskategorierna kan till viss del uttydas från de absoluta värdena som föregående diagram bygger på. Dessa kan avläsas i följande tabell och de tre är;

respirationshämmande effekter från oorganiska ämnen, effekter på klimatförändringen samt användningen av fossila bränslen. De två förstnämnda har enheten DALY och indikerar effekter på den mänskliga hälsan medan den tredje har enheten MJ Surplus och ger effekterna av att använda olika fossila bränslen, och vad det innebär för framtida nyproduktion av denna råvara. I dessa tre har tvättstugan ca 70-90 % av den miljöpåverkan som lägenheterna ger.

Tabell 2: Data för miljöpåverkningskategorier

Miljöpåverkanskategori	Enhet	LCA Lägenhet	LCA Tvättstuga
Cancerogena effekter	DALY	1,97E-04	9,95E-05
Resp. organiska	DALY	1,61E-06	1,16E-06
Resp. oorganiska	DALY	2,31E-03	1,79E-03
Klimatförändring	DALY	2,17E-03	1,92E-03
Strålning	DALY	6,30E-06	3,88E-06
Ozonlagret	DALY	6,79E-08	4,02E-08
Ekotoxicitet	PAF*m2yr	1,37E+03	4,75E+02
Försurning	PDF*m2yr	7,51E+01	6,24E+01
Markanvändning	PDF*m2yr	4,68E+01	3,86E+01
Mineraler	MJ surplus	4,01E+02	1,17E+02
Fossila bränslen	MJ surplus	2,41E+03	1,71E+03

De olika livscyckelfaserna påverkar olika miljöpåverkanskategorier. Tillverkningsfasen av maskinerna påverkar främst på användningen av mineraler, ekotoxicitet och cancerogena effekter. Användningsfasen påverkar däremot främst effekter från klimatförändring, respirations hämmande effekter, försurning och markanvändning.

Den mest påverkande maskinen var torktummlaren, där främst användningsfasen var bidragande.

Distributionen av produkterna visade sig inte ha någon nämnvärd inverkan på slutresultatet. Inget bidrag kunde noteras för tvättstugan medan det för hushållsmaskinerna kunde noteras ett ytterst litet bidrag.

Resthanteringen av produkterna visade sig ha större inflytande på hushållsmaskinerna då mängden enheter, och då också mängden material, ökar. I båda fallen bidrar omhändertagning av spillvattnet negativt för miljön. Mängden spillvatten är störst för lägenheterna men effekterna av den syns främst hos tvättstugan, då tvättstugan innehåller färre enheter som måste tas omhand.

En känslighetsanalys utfördes för att se hur justeringar dels kunde förändra den totala miljöpåverkan men även ifall några förändringar skulle kunna ändra slutresultatet av utgången mellan jämförelsen. Resultatet av känslighetsanalysen visar att oberoende av vilken justering som gjordes kommer tvättstugan att förbli det alternativ med minst miljöpåverkan.

5 Livscykelkostnadsanalys

Här sammanfattas den livscykelkostnadsanalys(LCC) som har utförts för att ta reda på de ekonomiska kostnaderna och skillnader som finns systemen emellan. För att i detalj se hur analysen har gjorts samt vilka data som LCC-studien grundar sig på hänvisas till bilaga B.

5.1 Mål och omfattningsområde

Målet med LCC-studien är att undersöka och jämföra kostnaden för tvättning och torkning av textilier hos två system.

5.1.1 Problemidentifiering och systemdefinition

För att jämföra systemen med varandra har problemet identifierats till att innefatta **kostnaden** för att tvätta samma mängd tvättgods som den **funktionella enheten** definierats till:

Den sammanlagda mängd tvättgods, 12 500 kg, som 25 hushåll tvättar under ett år.

Analysen kommer därmed att jämföra den ekonomiska potentialen och skillnaden i potential mellan de två systemen utifrån dess årliga kostnad. Kalkyleringsperioden är definierad till 10 år.

De två system som studerats är den gemensamma tvättstugan i en fastighet som anpassats till 25 lägenheter, samt 25 hushåll som har tillgång till tvättmaskin och torktumlare i den egna lägenheten.

Liksom för livscykelanalysen förenklas tvättbeteendet till att enbart fördela tvättmängden över två tvättprogram, 40° och 60° som fördelas lika 50/50. Vilket kan läsas i inventeringen i bilaga A.

5.1.2 Omfattningsområde och Analysmetod

Genom att fokusera analysen på kostnader för inköp och användning begränsas de eventuella kostnader som tillkommer innan produkten säljs. Omfattningsområdet för LCC-studien sammanfattas i följande LCC modell.

$$LCC = C_G + C_D + C_U + C_R ! R$$

Ekvation 5: LCC modell

LCC modellen omfattas av **Grundkostnader**, **Driftskostnader**, **Underhållskostnader** och **Resthanteringskostnader** samt restvärdet som maskinerna eventuellt har vid kalkyleringsperiodens slut.

Analysmetod - Annuitetsmetoden har valts för att beräkna livscykelkostnaden. Orsak till det är främst för att kunna jämföra två alternativ med olika lång livslängd, men även för att få en årlig kostnad för systemen.

5.2 Inventering av data till LCC

Här sammanfattas inventeringen i följande tabell. Förbrukningsvärdena kommer från inventeringen som gjordes till livscykelanalysen i bilaga A och bygger på en tvättmängd på 500 kg per hushåll och år, med en genomsnittlig belastning på 2,5 kg per tvättmaskin.

Tabell 3: Inventeringsresultat för LCC

	Tvättstuga		Lägenhet	
	W465H	T4190	Tvättmaskin	Torktumlare
Kalkyleringsperiod	10 år			
Inflation	2 %			
Kalkylränta	6 %			
Inköpspris per enhet inkl. moms	30 513 kr	20 533 kr	8 800 kr	8 800 kr
Servicekostnad per enhet	19 608 kr	14 830 kr	2 640 kr	2 640 kr
Total energiförbrukning [MWh]	9,45		9,82	
Total vattenförbrukning [liter]	1,37E+05		2,12E+05	

5.3 Resultat - Livscykelkostnadsanalys

Livscykelkostnadsanalysen visar att tvättstugan har den största ekonomiska potentialen av de två systemen. Här nedan presenteras summeringen av alla annuitetskostnader.

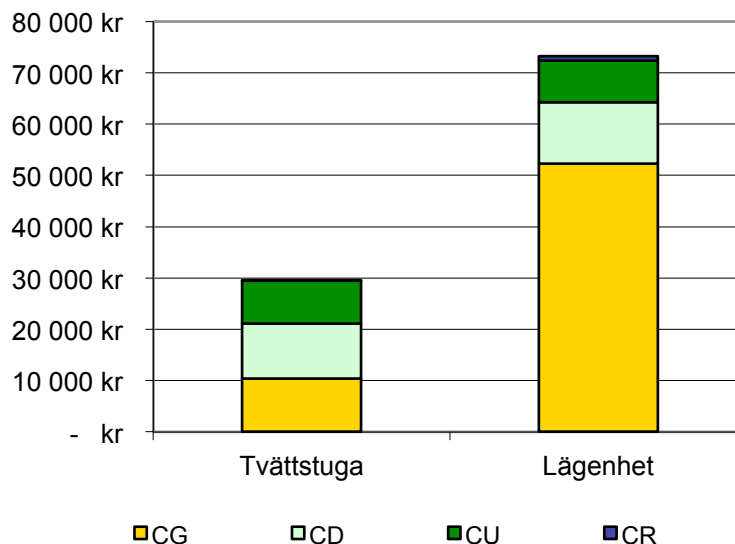


Diagram 2: Resultat LCC

Diagrammet visar att den årliga ekonomiska kostnaden för lägenheterna överstiger de för tvättstugan. Kostnaderna för grundinvesteringen är de största och kostnaden att köpa in alla maskiner för varje lägenhet överstiger alla kostnader för tvättstugan. Även kostnaden för service och underhåll är högre för lägenheterna. Totalt sett har tvättstugan ca 40 % av de kostnader som lägenheterna har. Kostnaden för att tvätta ett kilo tvätt för de bägge alternativen blir alltså ca 2,4 kr/kg tvätt för tvättstugan och ca 5,9 kr/kg tvätt för lägenheten, då är inte kostnaden för tvättmedel inräknad.

Utöver det visar den känslighetsanalys som gjorts att varken en förändrad ränta eller förändrade driftskostnader förändrar resultatet. Kostnaderna blev något lägre då billigare maskiner användes men ändrade inte på vilket av alternativen som är mest lönsam. Kostnaden för tvätt i lägenhet är också mest känslig för ränteförändringar då den totala annuitetskostnaden kan förändras med ca +/- 10 000 kr.

6 Enkätundersökning

För att undersöka förhållandena mellan hyresgästers tvättbeteende i FF3 gjordes en enkätundersökning på hushåll boende i lägenhet.

Enkätundersökningens mål var därför att undersöka ifall tendenser till skillnader i tvättbeteende finns mellan hyresgäster som tvättar i tvättstugan eller i den egna lägenheten.

Den undersökta populationen har varit; hushåll boende i lägenhet som tvättar antingen i den egna lägenheten eller i en för fastigheten gemensam tvättstuga.

Totalt har 86 enkäter studerats, 58 stycken för tvättstuga och 28 för tvätt i egen lägenhet.

Utöver enkäten utfördes en analys av ett förändrat tvättbeteende där de två alternativa systemen har olika beteenden.

Enkäten kan ses i sin helhet i bilaga C.

6.1 Resultat - Enkätundersökning

Resultatet från enkäten tyder på att det finns tendenser till skillnader mellan tvättbeteendet hos hushåll som tvättar i tvättstugan jämfört med dem som tvättar i den egna lägenheten.

Ser man till fördelningen av de svarande hushållen för respektive system kan följande diagram dras.

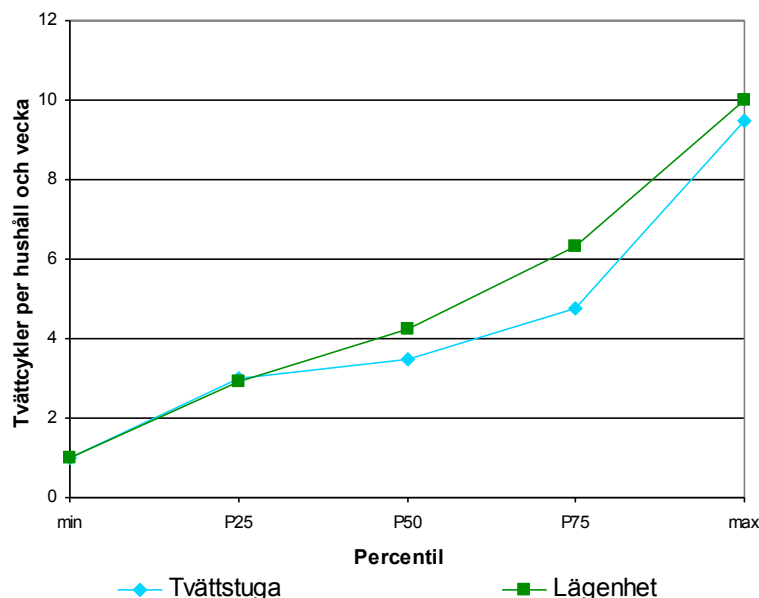


Diagram 3: Tvättcykelfördelning, hushåll

Diagrammet visar att det inte tycks finnas någon skillnad mellan de hushåll som tvättar minst antal cyklar i veckan, 25 % av hushållen. För resterande 75 % av hushållen tenderar hushållen i tvättstugan tvätta något färre tvättcykler per vecka. Variansen, skillnaden mellan max och min, tycks inte skilja särskilt mycket.

Den analys som gjordes, med den tenderande skillnaden som bas, visar att tvättstugans miljöpåverkan minskar gentemot lägenhetstvättande hushåll. För de miljöpåverkanskategorier som

påverkas mest av användningsfasen har nu tvättstugan mellan 60-70 % av miljöpåverkan för lägenheterna.

Utöver tvättfrekvensen har följande noterats:

- Hushåll som tvättar i lägenheten tvättar oftare; 18 av 28 anger att de tvättar 2 dagar per vecka eller oftare. 50 av 58 hushåll i tvättstugan tvättar en gång per vecka eller en gång varannan vecka.
- En majoritet av hushållen anger att de vanligtvis fyller tvättmaskinen och torktumlaren åtminstone till 75 % av dess kapacitet.
- Utöver torktumlaren utnyttjar hushållen i tvättstugan oftast torkrum eller torkskåp (42 av 58) medan hushållen med egen tvättmaskin får hänga den någonstans i lägenheten.

7 Alternativ metoder och maskiner

I det här stycket sammanfattas analysen som utförts, dess helhet ses i bilaga D.

Fokus för undersökningen av de alternativa metoderna har varit att identifiera områden för tvättstugan där förbättringar kan sänka den totala miljöpåverkan.

Under arbetets gång har så två problemområden identifieras som är viktiga för den totala miljöpåverkan från fastighetstvättstugan, dessa är:

- Elenergiåtgången i användningsfasen för båda maskinerna är en central bidragande faktor till systemets miljöpåverkan. Förbättringspotentialen ligger här i att minska eller byta ut elenergin vid uppvärmning av vatten eller luft.
- Överdoserings av tvättmedel leder till onödiga utsläpp av kemikalier som kan leda till diverse problem för miljön.

För att sänka åtgången av el vid användning av maskinerna har en tvättmaskin och en torktumlare valts ut med en alternativ teknik för uppvärmning. De som undersöks ut har valts då de är "låg-energi" varianter från ELS som kan appliceras i fastighetstvättstugan idag. För tvättmaskinen har en modell som delvis använder sig av fjärrvärme vid uppvärmningen av tvättvattnet använts. För torktumlaren har en värmepumpstorktumlare valts.

Dessa två har sedan jämförts med motsvarande modell som användes i LCA-studien.

För att undvika överdosering kan ett automatiskt doseringssystem för tvättmedel användas till tvättmaskinen. Det här alternativet ökar på kostnaderna något för fastighetstvättstugan då nya komponenter installeras. Systemet ingriper också på användarens valfrihet av tvättmedel då ett bestämt tvättmedel används till alla tvättcykler. Då valfriheten inskränks är det intressant att se vilken förbättringspotential av miljöpåverkan som kan komma med detta system.

Nedan presenteras de tre alternativ som studerats.

7.1.1 Fjärrvärmeuppvärmd tvättmaskin

Här undersöks miljöeffekterna av att byta ut tvättmaskinen W465H, som drivs helt av elektricitet, till W465HLE som delvis värms upp med fjärrvärme. Genom utnyttjandet av en ofta befintlig resurs för uppvärmning, som inte bygger på elenergi, kan elenergiförbrukningen reduceras och bytas ut mot en bättre lämpad energikälla för värme. I de flesta svenska städer finns ett väl utbyggt fjärrvärmenät som i vissa fall utnyttjas. Ett ökande behov av fjärrvärme är också önskvärt med tanke på möjligheten att utöka kraftvärmeproduktionen (Carlson 2009). Då tvättmaskinen används oberoende av säsong och temperatur ute så fördelas belastningen jämnt över året.

Jämförelsen görs enbart för användningsfasen då den är den störst påverkande fasen i tvättmaskinens liv. Samt att tillverkningen kan anses se i stort lika ut för bägge maskinerna.

7.1.2 Värmepumpstorktumlare

Ett annat sätt att effektivisera elförbrukningen i tvättstugan är att ersätta absorptionstorktumlaren med en torktumlare med värmepumpsteknik.

Den torktumlare som användes i LCA-studien, T4190, har här jämförts med T4300LE. Jämförelsen görs på användnings- och tillverkningsfasen, dock inte med resthantering eller distribution.

7.1.3 Automatisk dosering av tvättmedel

Tvättmedel är något som behövs för att säkerställa att tvättresultatet ska bli bra, dock så sker ofta överdosering. För att komma ifrån överdoseringen som idag sker kan ett automatiskt doserande system för tvättmedel vara ett alternativ.

Genom att använda signalerna som ges ifrån tvättmaskinen, då tvättgodset vägs för att styra energi- och vattenanvändningen, kan det automatiska doseringssystemet utnyttja dessa för att dosera tvättmedlet (Sundqvist, muntligen 2010).

Här har effekterna av en sådan reducering i relation till en normal förbrukning eller vid en procentuell överdosering studerats. Utöver det görs en jämförelse i SimaPro av olika typer av tvättmedel, dock enbart på effekterna från framställningen av de ämnen som ingår i tvättmedlen. Effekterna från utsläppen vid användning har inte analyserats.

Här har även en jämförelse gjorts ur ett ekonomiskt perspektiv då en investering i systemet innebär en extra kostnad, samt att tvättmedelskostnaderna här blir olika då ett förutbestämt tvättmedel används till det automatiserade systemet.

Undersökningen har dock inte ställt tvättmedlets bidragande miljöpåverkan i relation mot någon av tvättmaskinens andra faser.

7.2 Resultat - Alternativa metoder

I det här avsnittet presenteras de resultat som erhållits vid underökning till FF4. Här presenteras en summering av resultaten.

7.2.1 Fjärrvärmeuppvärmd tvättmaskin

I den modellering som gjordes, kunde man se att genom att byta ut en del av elenergi till fjärrvärme kan en miljöpåverkan på ca 45 % av dagens nås. Undersökningen är gjord utifrån el på marginalen, som antas vara kolkondens.

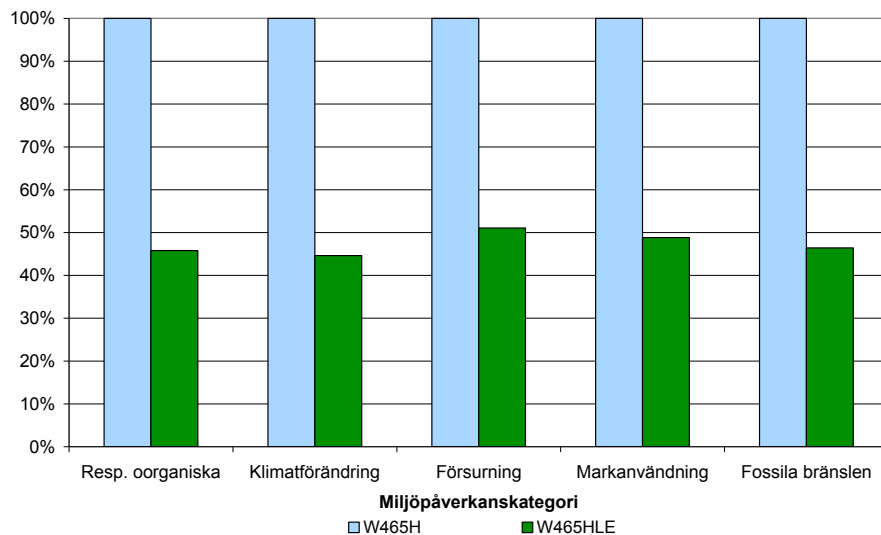


Diagram 4: Jämförelse användning av tvättmaskiner

Resultatet visar enbart reduceringspotentialen vid förändring av energikälla till användningsfasen. Ingen tillverkning är antagen då den kan anses vara lika stor för båda maskinerna.

7.2.2 Värmepumpstorktumlare

Genom ett byte av torktumlaren kan man sänka energiförbrukningen med ca 60 % av dagens förbrukning. Det blir också den skillnad som kan uttydas mellan systemen då en jämförelse görs utifrån användning och tillverkning (utan resthantering).

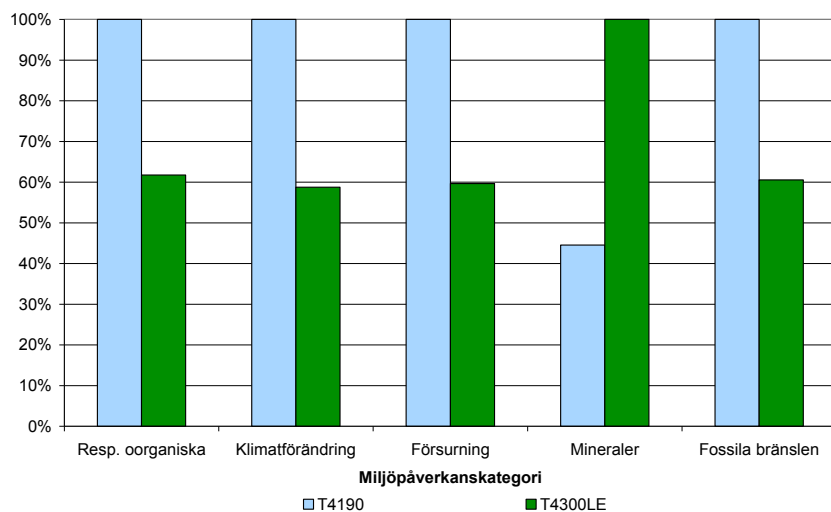


Diagram 5: Jämförelse torktumlare

I Diagram 5 kan även ses att värmepumpstorktumlaren har en större inverkan när det kommer till användning av mineraler då dess enhetsvikt är högre än T4190.

7.2.3 Automatisk dosering av tvättmedel

Med den reducerade mängd tvättmedel som måste produceras med ett automatiserat system kan man minska miljöeffekterna. Det automatiserade doseringssystemet kan sänka förbrukningen med ca 45 %. Från tidigare studier har det visat att tvättmedlet har en viktig roll av den totala miljöpåverkan för hela tvättandet. Sett utifrån den volym tvättmedel som behöver framställas är ett fosfonat baserat tvättmedel, avsett för automatisk dosering, ett klart bättre alternativ än ett zeolitbaserat medel. Dock ses inte effekterna efter framställningsfasen över, och eventuella problem med nedbrytning av fosfonater.

Från en ekonomisk synvinkel visar beräkningarna att tvättstugan även med en installation av doseringssystemet och med tvättmedelskostnaden inkluderad är lönsammare. Dessutom blir kostnaden per maskin lägre ju fler tvättmaskiner som kan anslutas till doseringssystemet. Nedan visas resultatet av beräkningarna.

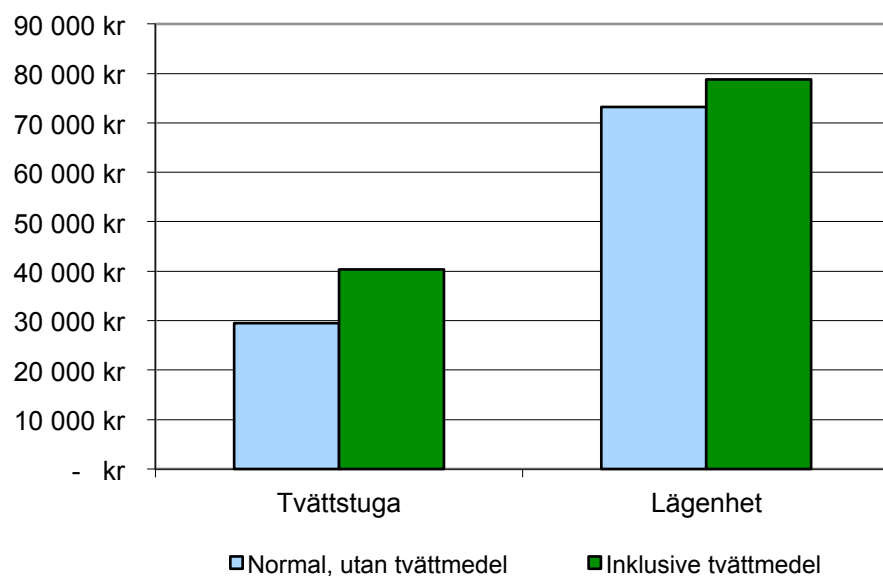


Diagram 6: Resultat, addering av kostnader för tvättmedel och tvättmedelssystem

8 Diskussion

I det här kapitlet kommer resultatet ifrån kapitel 4 till 7 att diskuteras utifrån varje forskningsfråga.

8.1 FF1 – Livscykelanalys

De olika livscykelstadierna påverkar resultatet olika. Den största skillnaden i miljökonsekvenser systemen emellan kan ses för de miljöpåverkanskategorier som framförallt påverkas mest av **tillverkningen**. Därmed blir skillnaden i antalet producerade enheter, och därmed också materialframställning, stora vilket påverkar den totala miljöpåverkan för systemen olika.

Användningsfasen var däremot det stadiet i maskinernas livscykel som påverkade miljön mest. Detta då två av de tre miljöpåverkningskategorierna med störst inverkan på miljön påverkades främst av användandet av maskinerna. Torktumlarens användningsfas var även orsaken till att just torktumslaren blev den maskin som hade störst inflytande på den totala miljöpåverkan från systemen, även då den var mindre. Användningsfasens betydelse styrks även av Rüdenauer i en tidigare gjord LCA-studie, som omnämns i 3.9.1, där användningsfasen kan tilldelas 65-80% av miljöpåverkan. Själva energiförbrukningen från användningsfasen skiljer sig inte drastiskt systemen emellan. Resultatet visar dock att de effektivare fastighetsmaskinerna förbrukar något mindre, totalt sett, och påverkar därmed miljön i något lägre utsträckning än hushållsmaskinerna. Vilken betydelse användningsfasen har för den totala miljöpåverkan skiljer sig åt mellan fastighets- och hushållsmaskinerna. Detta då 2+1 fastighetsmaskiner klarar av att tillgodose samma tjänst som 25 + 25 hushållsmaskiner. Den bidragande miljöpåverkan från användningsfasen påverkas främst av användarens tvättbeteende samt maskinernas förmåga att justeras utefter belastning. Ifall man inte på något sätt kan komma åt användarens beteende att tvätta vid låga belastningsgrader så är mängdautomatiken en viktig kugge i att sänka användandets bidrag till miljöpåverkan. En förändring av tvättbeteendet och användandet påverkar då andelen av de totala miljökonsekvenserna olika, då tillverkningen har en större andel av hushållsmaskinernas miljöpåverkan.

Resultatet från LCA-studien är beroende på antaganden om hur pass väl dagens hushållsmaskiner klarar av att styra förbrukningen. Denna förmåga är oklar och den prestanda som använts i analysen har tagits från en annan rapport och bör representera dagens teknik bra. Hur spridd denna teknik är i maskinerna på marknaden och vad de kostar att införskaffa för en konsument är oklart. Flera tillverkare anger att deras maskiner har någon form av mängdautomatik, men ingen data har varit tillgänglig för att verifiera hur bra de fungerar vid lägre belastningar. De fastighetsmaskiner som studerats har däremot redan idag ett väl fungerande system.

Valet av el på marginalen påverkar hur stor bidraget från användningsfasen blir. Hur man framställer elektriciteten som används har en stor betydelse för miljöeffekterna. Som beskrivs i 3.7 utvidgas elmarknaden till att förbinda den nordiska med resten av Europa. Då användandet av el är en sådan central del av miljöpåverkan från tvättning och torkning av tvätt är skillnaden i energiförbrukning en intressant faktor. Därmed blir analysen en konsekvensanalys av förändringen i energiförbrukningen och då bör, som antydde av Gode et al. i 3.7, el på marginalen användas. En annan orsak till att marginalet ska användas är att tillverkningen av hushållsmaskiner i de flesta fall sker utanför Sverige, där mer kolkondens används vid elproduktionen. Valet av el på marginalen som energikälla innebär också att processer som använder sig av mycket el får en större inverkan på det slutliga resultatet.

Effekterna från **distributionen** av enheterna är liten. Av resultaten ses att för tvättstugan påvisas de knappt medan de för lägenheterna har en väldigt liten del av den totala miljöpåverkan. Skillnaden mellan fallen beror på den ökade massan som behöver transporteras, samt den ökade sträckan. Tillverkningen av hushållsmaskiner sker främst i sydligare grannländer i Europa, enbart vissa tillverkare har produktion av några modeller i Sverige. Hur mycket av den tillverkningen som sker från råvara och hur mycket som enbart är montering är oklart.

I analysen hanteras **resthanteringen** på flera antaganden och förenklingar av återvinnings- och hanteringsprocessen. Resultat ifrån resthanteringen tyder på att påverkan från tvätt i de egna lägenheterna är störst då miljöbelastningen från spillvattenomhändertagningen är större för lägenheterna.

De positiva effekterna med att materialåtervinna ligger i att nytt material kan framställas till en lägre miljöbelastning än vad som skulle vara möjligt från nytt råmaterial. Produktion från råmaterialet kan därför undvikas. Tas inte den undvikta produkten i anses, belastas maskinen i analysen enbart med den negativa framställningen av materialet.

En annan faktor som kan diskuteras är huruvida det sker en kvalitetsförsämring vid materialåtervinning. I analysen antas att en kvalitetsförsämring i stort kan undvikas med hjälp av nytillfört material och legeringsämnen.

8.1.1 Övriga faktorer

Utöver LCA-studien har även ytterligare faktorer presenterats som är viktiga vid en diskussion om skillnaden i miljökonsekvenser mellan de två fallen.

En av dessa faktorer är hur pass **tidsmässigt effektiva** fastighetsmaskinerna är jämfört med hushållsmaskinerna. Tvättmaskinen och torktumlaren i tvättstugan är anpassade i tid efter varandra för att klara av en viss mängd tvätt under en förutbestämd tid. Dagens hushållsmaskiner är det inte. Ytterligare har hushållsmaskinerna en relativt liten trumvolym gentemot den kapacitet som den anges klara av vilket betyder att den behöver längre tid på sig. Utökar man tiden kan man enligt Sinners cirkel reducera någon av de övriga faktorerna. Reducerar man då temperaturen kan även den totala energiförbrukningen sänkas.

Ytterligare ett problem kan vara placeringen av torktumlaren i lägenheten. Ifall omgivningstemperaturen i det rum torktumlaren står i blir för hög kan programtiden, och därmed också den totala energiförbrukningen, att öka, något som lättare händer i de mindre utrymmena i lägenheten.

De hushållsmaskiner som programtiden undersöktes på hade i snitt ca 2,5 gånger så lång programtid, och har då längre tid på sig att bearbeta tvätten än fastighetsmaskinerna.

En miljörelaterad faktor som inte nämns i LCA-studien är problem som kan uppstå från ljud och vibrationer. Detta område kan leda till problem från s.k. **stomljud** som behandlas i rapporten från Simmons och sammanfattas kort i 3.5. Stomljud kan vara ett störande moment som påverkar närliggande grannar till tvättstugan eller lägenheten. Även om stomljudsproblemet är mest dokumenterat för tvättstugan uppstår den även från hushållsmaskiner. I ett scenario där tvättmaskiner och torktumlare installeras i varje lägenhet borde också problem med stomljud att öka vilket kan leda till ökade kostnader när det måste åtgärdas.

8.2 FF2 – Livscykelkostnadsanalys

Av livscykelanalysen visade sig **grundinvesteringen** vara den största och avgörande kostnaden mellan de två systemen. Det visar sig i att inköpskostnaderna var för lägenheterna högre än den sammanlagda kostnaden för tvättstugan. Hushållsmaskinerna inköpspris har undersökts genom att studera prisuppgifter under hösten 2010. Det kan diskuteras om den valda prisnivån på hushållsmaskinerna är inom den prisklass som i första hand införskaffas till lägenheterna. Dock så krävs en viss prisnivå för att säkerhetsställa att maskinernas prestanda är tillräckligt hög. Vid köp av billigare maskiner blir införskaffningskostnaden lägre men man får räkna med att drift- och underhållskostnader höjs något. I den känslighetsanalys som gjordes visades dock att en sänkning av inköpspriset inte förändrar slutsatsen att den totala kostnaden för tvättstugan är lägst.

Energi och driftskostnader skiljer sig med ca 10 % mellan tvättstugan och tvätt i lägenheten och påverkar således inte lika starkt som inköpspriset. Av känslighetsanalysen visar inget alternativ någon större känslighet av ett förhöjt el- och vattenpris. Något som kan utöka skillnaden är att fastighetsmaskinerna lättare byts ut mot effektivare maskiner, något som är både mer kostsamt och arbetskrävande med hushållsmaskinerna.

Service och underhåll ser olika ut för systemen. Då inköpspriset skiljer sig så pass mycket per enhet kan det för hushållsmaskinernas diskuteras ifall reparation av en havererad maskin är ekonomiskt försvarbart. Detta skiljer sig från maskin till maskin och till vilken typ av reparation som behövs. Underhållet av tvättstugans maskiner är även enklare att utföra då färre maskiner behövs ta hand om och de finns smidigt tillgängliga.

Utöver resultatet så är investeringen beroende av den lokal eller rum maskinerna placeras. Ifall tvättmaskinerna och torktumlarna sätts in i en redan befintlig lägenhet eller ifall plats tillägnas dessa maskiner vid nybyggnation kommer **byggnationskostnaderna** att se olika ut. Utöver den kostnaden är ytan som tvättmaskinen och torktumlaren tar i anspråk av lägenheten också intressant. De kostnader som presenteras i avsnitt 3.6, kommer från ett samtal med Christer Josefsson på Riksbyggen där han uppskattar den kostnaden för våtutrymmet till ca 20 000 kr/m².

8.3 FF3 – Enkät

Resultatet från enkäten visar att var och hur man tvättar, antingen i tvättstugan eller i den egna lägenheten, kan ha en betydelse för hur många tvättcykler man tvättar per vecka. Fördelningen som presenterades i resultatet tyder på att hushållen i tvättstugan tvättar färre cykler än lägenhetstvättande hushåll mellan den undre och övre kvartilen. Den skillnad som påvisas är en skillnad på ca 1 cykel per vecka mer hos hushållen som tvättar i lägenheten.

Effekterna av en sådan skillnad är tydlig då miljöpåverkanskategorier som kan förknippas starkast med användningsfasen minskar för tvättstugan relativt lägenheterna med ca 10 procentenheter.

Underlaget för enkäten är däremot något litet för att kunna dra precisa slutsatser utan bör användas för att få en uppskattning om hur förhållandena kan se ut. En större undersökning med fler urvalsgrupper, där värden från olika storlekar på hushåll samt från olika åldersgrupper, vore av intresse för att kartlägga beteendet ytterligare.

8.4 FF4 – Alternativa lösningar

Hushållandet av elenergi - I kapitel 7 jämfördes två maskiner som kan sänka tvättstugans elenergiförbrukning. Båda alternativen visade att det går att sänka miljöpåverkan, enbart genom att

välja teknologier som utnyttjar en annan energikälla än el, alternativt utnyttjar elenergin effektivare. Med begreppet exergi som beskrivs i 3.8, kan man förklara vikten av att försöka anpassa energikälla till ändamålet. Att använda energi med hög kvalitets grad till uppvärmning i lågtemperaturintervallet är onödigt användning av energin, speciellt om man tar hänsyn till att elenergin i många fall härstammar just från upphettat vatten.

Tidigare studier visar även på detta genom att, som i den av Rüdenauer et al. gjorda studien som omnämns i 3.9.2, framhålla torktumlare med värmepump som överlägsen mot andra konventionella torktumlare.

Reduceringspotential av tvättmedel – Resultatet från kapitel 7 visar att genom en installation av ett automatiserat doseringssystem för tvättmedel kan man reducera mängden tvättmedel med ca 45 % jämfört med normal dosering. Tittar man också till att överdosering förhindras är potentialen ännu högre. Vid jämförandet av miljöpåverkan från framställningen av tvättmedel ses också att fördelar finns med att välja ett flytande tvättmedel framför ett zeolitbaserat pulvertvättmedel. De positiva effekterna med det fosfonat baserade tvättmedlet gäller som nämndes vid resultatet enbart för framställningen. Fosfonater är besvärliga för naturen att bryta ner vilket kan vara en nackdel med just ett sådant tvättmedel. En tidigare rapport i ämnet av Rüdenauer et al., se 3.9.3, där även miljöpåverkan av användandet och resthanteringen studerats, påvisar den automatiska doseringen sänka miljöpåverkan med ca 30 % mot den manuella doseringen.

Ett automatiserat doseringssystem är även något som endast är lönsamt i större skala och är då inget alternativ för vanliga hushållsmaskiner. Kostnaden för att införa ett sådant system i tvättstugan beror på hur många maskiner som kan anslutas. Men utifrån de resultat som beräknats är annuitetskostnaderna för tvättstugan fortfarande lägre än vad den skulle vara för en installation av enheter i varje lägenhet.

9 Slutsats

I kapitlet sammanfattas de slutsatser som dragits utifrån resultat och diskussionen i kapitel 5 och 6.

För FF 1 kan följande slutsatser dras: Sett utifrån de miljökonsekvenser som de undersökta systemen bidrar med, visar analysen att **den gemensamma tvättstugan är miljömässigt mer rätt** än alternativet att 25 hushåll har tvättmaskin och torktumlare i den egna lägenheten.

- Tvättstugan har 10-30 % lägre miljöpåverkan än vad 25 lägenheter med egen tvätt i tre av de viktigaste miljöpåverkanskategorier; respirationshämmande effekter från oorganiska ämnen, effekter från klimatförändring samt effekterna av att användningen av fossila bränslen.
- Användningsfasen för torktumlaren är för bägge alternativen den mest påverkande men den största procentuella skillnaden går att härleda till tillverkningen av enheter
- Andra incitament för tvättstugan är att mer tidseffektiva maskiner förkortar hushållens tvättande samt att stomljudsproblem i lägenheterna enklare undviks samt att serviceinsatser blir enklare och tidseffektiva.

För FF 2 kan följande slutsats dras: Resultatet av livscykelkostnadsanalysen visar att **den gemensamma tvättstugan är tydligt mer ekonomiskt lönsam, och har därmed störst potential**, gentemot införskaffandet av tvättmaskiner och torktumlare till 25 hushåll.

- Störst inverkan har inköpskostnaderna av hushållsmaskiner som är nästan 5 gånger så stor som för tvättstugan. Även underhållskostnader och driftskostnader bidrar till skillnaden mellan de två systemen
- Utöver det är även nybyggnations- eller uppgraderingskostnaderna samt den boyta som tas i anspråk i de 25 lägenheterna ett incitament emot alternativet med tvätt i lägenhet.

För FF 3 dras följande slutsats utifrån den enkätundersökning som gjorts:

- Enkätresultatet visar på att det för hushållen som tvättar i den egna lägenheten finns en tendens att tvätta fler cykler per vecka.

För FF 4 görs följande slutsatser:

- Möjligheten att reducera förbrukningen av el hos fastighetsmaskinerna tyder på att miljöpåverkan från tvättstugan går att minska ytterligare.
- Reduceringspotentialen med att byta till en tvättmaskin med fjärrvärmeteknik visade sig vara ca 45 % och för värmepumpstorktumlaren var ca 60 %
- Med ett automatiskt doseringssystem för tvättmedlet kan överdoseringen undvikas och den normala doseringen reduceras ytterligare.

10 Framtida studier

För att fortsätta studera skillnaderna mellan tvätt i lägenhet och tvätt i tvättstuga samt vidare belysa de potentiella miljöförbättringar som kan göras i och omkring tvättstugan föreslås följande:

- Utöka förståelsen för vilken skillnad som faktiskt finns mellan dessa två system genom att göra en större enkätundersökning med fler urvalsgrupper fokuserade på hushållens storlek och ålder.
- Utföra en detaljerad livscykelanalys, där samtliga faktorer ingår, på T4300LE och W465HLE för att belysa den faktiska potential som finns att minska miljöpåverkan.
- Undersöka möjligheter och effekter med att styra användarens tvättbeteende genom att t.ex. införa betalsystem
- Undvika materialåtervinning genom att återanvända komponenter från äldre modeller

Referenser

Nedan följer de referenser som använts i rapporten. De skiljs åt i tre kategorier litterära, muntliga och Internet källor.

Tryckta källor

Böcker

- Andersson, G. (2001) Kalkyler som beslutsunderlag, Studentlitteratur, 5.uppl. ISBN 914409106
- Baumann H. & Tillman, A-M (2004) The hitchhiker's guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application, Studentlitteratur, Lund 2004 ISBN 9144023642
- Henriksen, G. (2004), Hållbart vardagsliv - mer eller mindre energikrävande konsumtion, Akademitryck AB, Edsbruk, ISBN 91-631-5819-1, Tillgänglig som elektronisk källa på <http://www.infra.kth.se/fms/pdf/Gregers%20lic.pdf> (2011-02-01)
- Kiessling, R., Holmberg, S. (1984) LCC: En teknik att påverka totalkostnaden under en produkts livslängd, Sveriges Mekanförbund, ISBN 91-52407667
- Lindén, A-L., (2008), Hushållsel - Energieffektivisering i vardagen, Department of Sociology Lund University, Research report 2008:5, ISBN 91-7267-280-3, Tillgänglig som elektronisk källa på <http://www.energimyndigheten.se/sv/Energifakta/Statistik/Forbattrad-energistatistik-i-bebyggelsen/Beteendestudier/> (2010-10-12)
- Lindahl, M., Rydh C-J., Tingström, J. (2002) En liten lärobok om livscykelanalys, Högskolans reproservice Kalmar 3.uppl. ISBN 9197390615
- VVS företagen., (2009) Renoveringshandboken för hus byggda 1950-75, VVS företagen Stockholm, Wallén Grafiska AB, ISBN 978-91-976619-3-5

Rapporter

- Bertoldi, P., Kiss, B., Atanasia, B. (2006), Energy efficiency in domestic appliances and lightning, 21-23 June 2006, London, United Kingdom, Volume 1 Institute for Environment and Sustainability, EUR 22317 EN
- Bruce, F., Thulin J. (2010), Alternativa tvättmedel – tester med fokus på tvättresultat och miljöpåverkan, Rapportnr: 2010.2.14
- Ekerot, S. (2003), Stålets kretslopp, Rapport i Jernkontorets Forskning nr D792, ISSN 0280-249X
- Faberi, S., Presutto, M., Stamminger, R., Scialdoni, R., Cutia, L., Mebane, W., Esposito R. (2007) Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs (Tender TREN/D1/40-2005) LOT 14: Domestic Washing Machines & Dishwashers Final Report, Draft Version Tasks 3 -5, ISIS
- Gode, J., Byman, K., Persson, A., Trygg, L. (2009), Miljövärdering av el ur systemperspektiv – En vägledning för hållbar utveckling, B1882, december 2009
- Goedkoop, M., Spriensma, R. (2000), The Eco-indicator 99 A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment methodology report, Second edition, PRé Consultants b.v., Amersfoort

- Holmvik, N., Wallin, H. (2006), Användning av livscykelanalys och livscykelkostnad för väggkonstruktion inom Norden. Lund, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg 2006. Thesis 155
- Levin, P. (2009) Anvisningar för val av brukarindata för beräkning av specifik energianvändning i bostäder, Slutrapport till SBUF, Projektengagemang Energi och Klimatsystem AB
- Carlson, A. (2009), Incitament för ökad kraftvärmeproduktion, Svensk Fjärrvärme AB, ISBN 978-91-7381-024-1
- Rüdenauer, I., Griesshammer, R. (2004) Produkt-Nachhaltigkeitsanalyse von Waschmaschinen und Waschprozessen
- Rüdenauer, I., Gensch, C-O., Quack, D. (2005a) Eco-Efficiency Analysis of Washing machines: Life Cycle Assessment and determination of optimal life span
- Rüdenauer, I., Gensch, C-O., Quack, D. (2005b) Eco-Efficiency Analysis of Washing machines: Refinement of Task 4: Further use versus substitution of washing machines in stock
- Rüdenauer, I., Gensch, C-O., Liu, R. (2008a) Vergleich der Umweltauswirkungen und Kosten verschiedener Wäschetrocknungssysteme
- Rüdenauer, I., Gensch, C-O. (2008b) Einsparpotenziale durch automatische Dosierung bei Waschmaschinen
- Simmons, C. (2009) SBUF 11941, Stomburet installationsljud, handbok
- Stamminger, R., Barth, A., Dörr, S. (2005) Old Washing Machines Wash Less Efficiently and Consume More Resources, HuW 3/2005
- SS-EN ISO 14040: (2006), Miljöledning – Livscykelanalys – Principer och struktur
- SS-EN ISO 14042: (2000), Miljöledning – Livscykelanalys – Miljöpåverkansbedömning
- SS-EN ISO 14043: (2000), Miljöledning – Livscykelanalys – Tolkning
- SS-EN ISO 14044: (2006), Miljöledning – Livscykelanalys – Krav och vägledning
- Wall, G. (1986) Exergy conversions in the Swedish society
- Wallentun, H., Zinko, H. (2004) Det fjärrvärmeanpassade småhuset
- Wååk, O. (1992) LCC ett beslutsverktyg som ger effektivare tekniska utrustningar med lägre totalkostnad, Systecon
- Zimmermann, J-P (2009) End-use metering campaign in 400 households In Sweden

Broschyrer

Ecolab – Säkerhetsdatablad – Uppfyller EU-förordning EC 1907/2006 med tillägg, Ecobrite Emulsion M, Kod; 112187E, Version 7, Revisionsdatum 29 juli 2010, (2010-11-24)

ELS 1 - Electrolux Professional Miljövarudeklaration för produkter, (2007)

ELS 2 – Electrolux Professional, Bekymmersfri Textilverd, (2007)

ELS 3 – Electrolux Professional, Tvättkostnad per år

ELS 4 – Electrolux Professional Laundry, Tvättmaskiner W465H, W465HLE, W475H, W475HLE, W4105H, Artikel nr: 438901900/2010.09.29, (2010-10-27)

ELS 5 – Electrolux Professional Laundry, Torktumlare, T4190, T4190C, Artikel nr: 438903160/2010.09.24 (2010-10-27)

ELS 6 – Electrolux Professional Laundry, Torktumlare, T4300LE, Artikel nr: 471153270/09.43 (2010-11-08)

Tekniska Verken 1 - Taxa/Prislista 2010 för Linköpings kommuns allmänna vatten- och avloppsanläggning, Tekniska verken, Linköping

Årsredovisningar

Electrolux årsredovisning 2009, del 1, Verksamhet och strategi

El-kretsen, Verksamheten 2009

Miele Facts & Figures (2008), GRI Index, Sustainability report 2008

Muntliga källor

Brage, Kjell,. Henkel Ecolab, telefonsamtal 2010-11-24

Johansson, Anette,. Electrolux Laundry Systems, återkommande kontakt

Jonasson, Bo-Lennart,. Electrolux Laundry Systems, 2011-02-11

Josefsson Christer,. Riksbyggen, 2011-06-14

Linnér, Stefan,. Electrolux Laundry Systems, telefonsamtal 2010-12-13

Sundquist, Peter,. Electrolux Laundry Systems, återkommande kontakt

Skarin, Jan,. Stångåstaden, september 2010

Thaysen, Bengt,. Cylinda, telefonsamtal 2010-08-05

Internet källor

Aluminiumriket - <http://www.aluminiumriket.com/sv/miljoe/miljoe.php> (2011- 02-17)

Avfallsverige - <http://www.avfallsverige.se/avfallshantering/materialaatervinning/vad-haender-sedan/> (2010-12-19)

dantes - http://www.dantes.info/Tools&Methods/Environmentalassessment/enviro_asse_lcc.html, (2010-12-19)

eea.net - <http://www.eea.net/en/about-aluminium/recycling/> (2011-03-11)

Energimyndigheten 1 <http://www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Stall-krav-vid-inkop/Livscykelkostnad/>, (2011-02-03)

Energimyndigheten 2 - <http://www.energimyndigheten.se/sv/hushall/Tester/Testresultat/Tvattmaskiner/?tab=3>.
(2011-02-03)

Energimyndigheten 3 - <http://energimyndigheten.se/sv/Hushall/Din-ovriga-energianvandning-i-hemmet/Energimarkning/Produkter-med-energimarkning/Tvattmaskiner/> (2011-02-20)

Glasåtervinning - http://www.glasatervinning.se/om_sga.php (2011-02-17)

Hem&hyra - <http://www.hemhyra.se/TipsForHyresgaster/Sidor/Tv%C3%A4ttstugan---det-h%C3%A4r-br%C3%A5kar-vi-om.aspx> (2011-03-05)

Ne.se - <http://www.ne.se/lang/exergi>, Nationalencyklopedin, hämtad 2011-01-25

riksbanken - <http://www.riksbank.se/templates/Page.aspx?id=8854>, (2010-11-30)

simapro - www.pre.nl/simapro, (2010-12-17)

tekniska verken 2 - http://www.tekniskaverken.se/kundservice/fragor_och_svar/avfall_atervinning/ (2011-03-04)

vattenfall - <http://www.vattenfall.se/sv/tvatt--tork.htm> (2011 -02- 20)

via1 - <http://via.se/pages/page79.php> (2011-02-16)

via2 - <http://via.se/pages/page124.php> (2011-02-16)

via3 - <http://via.se/pages/page127.php> (2011-02-16)

Använda program

Simapro 7.1.8: SimaPro LCA Software PRé Consultants bv 2008

<http://maps.google.se/>

Bilaga A - Livscykelanalys

Mål och omfattningsbeskrivning

Målet med livscykelanalysen är att belysa de miljömässiga konsekvenser som valet av system för tvättning och torkning av kläder medför. Genom en jämförande undersökning mellan två system är målet att försöka identifiera det system med minst miljöpåverkan.

Funktionell enhet

De två system som ska undersökas har i grunden samma funktion; att bearbeta smutsig tvätt till ren och torr tvätt. Utifrån de mål som har satts har därför den primära funktionen för systemen definierats som: att förse ett hushåll med ren och torr tvätt under ett år.

För LCA-studien har den funktionella enheten definierats till:

Den sammanlagda mängden tvättgods, 12 500 kg, som 25 hushåll tvättar under ett år.

Systembeskrivning

De två systemen som ska jämföras med varandra har, enligt tidigare definition, funktionen att förse 25 hushåll med ren och torr tvätt. I analysen har följande system och maskiner använts:

Den gemensamma tvättstugan - Maskinerna som ingår i den gemensamma tvättstugan har definierats för 25 lägenheter som antas vara utrustad med två tvättmaskiner av typen W465H och en torktumlare av typen T4190 (ELS 2, 2007).

Tvättstuga i varje lägenhet – Hushållen som tvättar i lägenheten antas vara utrustade med en tvättmaskin som åtminstone uppfyller energiklass A och anges ha en kapacitet på 6 kg samt en torktumlare som åtminstone uppfyller energiklass B och anges ha en kapacitet på 7 kg.

Utvalda maskiner som använts för att representera hushållsmaskinerna presenteras i bilaga E.

Omfattningsområde

Studiens omfattning kan beskrivas utifrån följande faktorer.

- Framställning av de material som tvättmaskinerna och torktumlarna är tillverkade av.
- Energiåtgång vid tillverkning av tvättmaskiner och torktumlare
- Transport från fabrik till grossist eller kund
- Energi- och vattenförbrukning vid användning av tvättmaskiner och torktumlare
- Uppskattad resthantering av produkterna i form av återvinning och förbränning av de material som produkterna innehåller.

Den punkt som har fokuserats mest på är energi- och vattenförbrukning vid användning av systemet, då tidigare studier visat på att denna är dominerande för produkterna.

Systemavgränsningar

Allt eftersom studien vuxit fram har avgränsningar varit nödvändiga att göra för att arbetet inte ska bli för omfattande. Avgränsningar har satts utifrån det naturliga systemet, andra produkter, geografiska aspekter, tidsaspekter och teknologiska aspekter.

Avgränsning mot det naturliga systemet – Till analysen har data samlats in om ingående material i produkterna. Dock så beskriver inte dessa data i detalj t.ex. vilken legering en enskild komponent har eller vilken tillverkningsprocess som använts. I SimaPro har därför material valts utifrån vad som ansetts överensstämma bäst med framtagna data.

Avgränsningar till andra produktlivscykler – Studien är främst tänkt att jämföra tvättmaskiner och torktumlare utifrån de två system som beskrivits. Därför tas inga andra produkter med som används i anslutning till eller istället för dessa två produkttyper. Dessutom tas inte hänsyn till övriga produkter som används till maskinerna. Detta innebär att tillverkningen och användningen av tvättmedel inte tas med i analysen. Tvättmedlet utgör en viktig komponent i tvättandet men antas vara lika för de två systemen.

Utöver produkter som finns i anknytning till systemen tas heller ingen hänsyn till de lokaler eller utrymmen som krävs vid produktion eller användning av tvättmaskiner och torktumlare.

Geografisk avgränsning - Undersökningen bygger på data som kan representera den svenska marknaden för produkter till tvättstugan. Användningen av produkterna sker uteslutande i Sverige. Tillverkningen sker för den svenska marknaden och produkterna antas vara tillverkade i Sverige eller inom ett rimligt avstånd.

Både programmet SimaPro och tillhörande databaser är utvecklade utanför Sverige. De bygger därför på data från förhållanden vid tillverkningen i andra länder, bl.a. Schweiz och Nederländerna. Därmed är dessa data inte optimala för den svenska marknaden.

Tidsperiodsavgränsning – Studien undersöker den årliga påverkan ifrån systemen, men det årliga bidraget till miljöpåverkan är beräknad utifrån livslängden av en enhet. Livslängden på tvätt- och torkmaskinerna är uppskattad utifrån tidigare erfarenheter och teoretiska beräkningar.

Teknisk avgränsning – All den information som samlats in har, i den mån det varit möjligt, hämtats från aktuella data. Hur data framställts i tidigare led har inte analyserats. Information om enheternas förbrukningsvärden har delvis kommit från tillverkarna själva. Utöver det har data använts från andra rapporter.

Miljöpåverkansanalys

Avsnittet beskriver hur miljöpåverkansanalysen är utförd, vilken metod och vilka miljöpåverkanskategorier som antagits.

Val av metod - Metoden som valts är Eco-indicator 99 (Eco99) som finns att tillgå i SimaPros metodbibliotek. Eco99 har tre olika synsätt på miljöpåverkningar. Det synsätt för metoden som valts är det hierarkiska.

Eco99 valdes, efter att ha testat olika metoder, då den tar med miljöpåverkanskategorier i flera olika riktningar. Eco99 använder sig även av DALY som utvecklades för WHO, vilket beskrivs mer under karakteriseringen.

Karakterisering och val av miljöpåverkanskategorier - För Eco99 räknas elva miljöpåverkningskategorier fram. Samtliga kategorier har tagits med i analyseringen av resultatet för att vara säkra på att ingen faktor bortses från. För känslighetsanalysen har däremot enbart de mest påverkande kategorierna studerats för att göra jämförandet mer lätthanterligt. De miljöpåverkanskategorier som valts ut bygger främst på skillnaden mellan kategorier med samma enhet. För att jämföra mellan enheterna har normaliseringsresultatet använts som en indikation på förhållandet mellan utsläppen. Här följer en lista över de ingående miljöpåverkanskategorierna för Eco99 med tillhörande kategoriindikator eller enhet.

- Cancerframkallande ämnen, DALY
- Respirationshämmande effekter (skapade av både organiska och oorganiska ämnen), DALY
- Effekter från klimatförändring, DALY
- Radioaktiv strålning, DALY
- Förändringar i ozonlagret, DALY
- Ekotoxicitet, PAF*m2yr
- Försurning, PDF*m2yr
- Markanvändning, PDF*m2yr
- Mineraler, MJ Surplus
- Fossila bränslen, MJ Surplus

Nedan beskrivs kortfattat varje skadepåverkansenhets som används av metoden Ecoinvent 99. All information är direkt tagen från Goedkoop et al (2000), där man kan läsa mer detaljerat om varje enhet.

DALY - DALY, eller "Disability Adjusted Life Years", utvecklades för WHO, World Health Organization, och Världsbanken. Den är tänkt att användas inom hälsoekonomiska frågor och som ett objektiva verktyg för att allokera pengar till sjukvården. DALYs mäter den totala ohälsan genom funktionsnedsättning och förtidig död som uppstått vid någon specifik sjukdom eller skada. Det medför att DALY jämför levnadsår med funktionsnedsättning (YLD: Years Lived Disabled) och förlorad "tid" vid en förtidig död (YLL: Years of Life Lost).

PAF*m2yr - PAF*m2yr, eller "Potentially Affected Fraction", används för att uttrycka konsekvenserna på organismer som lever i vatten och i jord, så som fiskar, alger, maskar, mikroorganismer och flera växtarter. PAF kan beskrivas som den fraktion arter som blivit exponerad för en koncentration lika med eller högre än den "No Observed Effect Concentration" (NOEC). Egentligen är den ett mått på **stress** från gift, och inte verklig skada.

PDF*m2yr - PDF*m2yr, eller "Potentially Disappeared Fraction", används för att uttrycka effekter på "kärleväxter" i ett område. PDF kan beskrivas som den fraktion av arter som har en stor sannolikhet att inte existera i en region på grund av ogynnsamma förhållanden.

MJ Surplus energy – Eco99 har valt att fokusera på kvaliteten hos råvaran istället för att se till kvantiteten. Den koncentration som finns i en råvara har använts som huvudelement. Då marknadskrafter ser till att fyndigheterna med högst koncentration är de första att ta användas, lämnas fyndigheter med lägre koncentration till framtida generationer. Med det menas att den genomsnittliga malmkvaliteten reduceras för varje utvunnet kg. Enheten, "surplus energy" i MJ per kg utvunnet material, är därmed den förväntade ökningen av energi som behövs vid råvaruutvinning per kg utvunnet material.

Inventeringsanalys – LCA

Under inventeringsanalysen presenteras data som samlats in om processerna för att utföra simuleringarna i SimaPro. Inledningsvis ges en allmän beskrivning av hur datainsamlingen gått till. Därefter definieras det tvättbehov som kommer att ligga till grund för alla beräkningar och till slut presenteras de förbrukningsvärden som simuleringen grundar sig på.

Datainsamlingsprocess

Data och teori som behövts har varit av olika slag. Dels har data över produkterna som prestanda och förbrukning etc. behövts men dels teori har behövts för att förklara metoder, tvättbeteende och problem som kan uppstå. Insamlingen av dessa data har främst skett genom kontakt med anställda på Electrolux Laundry Systems (ELS) i Ljungby, litteratursökning på bibliotek kopplade till Linköpings universitet samt genom rapporter och källor tillgängliga på Internet.

Litteratur och rapporter - En litteraturstudie har gjorts för att inhämta information om de metoder som använts, LCA och LCC.

Den främsta källan till data om tvättbeteende samt hushållsmaskiners prestanda har hämtats från tidigare rapporter. Framförallt har data för hushållsmaskinerna hämtats från studier gjorda av det ekologiska institutet i Bonn, som utfört flertalet undersökningar och analyser i området.

Intervjuer och e-post - För fastighetsmaskinerna har data främst erhållits genom kontakter på ELS. Detta har skett både genom samtal över telefon och genom e-post.

Intervjuer över telefon samt e-post korrespondens har även gjorts med andra företag och branschorganisationer.

Internetkällor och produktblad - För hushållsmaskinerna har data om prestanda dels fåtts från information på tillverkarens hemsida, men även ifrån produktblad. Utöver det har andra hemsidor besökts vid inhämtning av information.

Tvättbeteende

Tvättbeteendet hos ett hushåll innefattas av tvättfrekvens, fyllnadsgrad av maskinerna samt vald tvättemperatur. För att beräkna tvättbeteendet har en rad faktorer definierats och presenteras i det här avsnittet.

I Tabell 4 sammanfattas de olika data som har använts för att ta fram ett riktvärde för tvättmängd och tvättfrekvens till analysen.

Tabell 4: Årlig tvättmängd och tvättcykler

källa	Tvättmängd	Tvättcykler/år	belastningsgrad
Zimmermann, 2009	-	150	-
Levin, 2009	558 ³	186 ⁴	60 %
Faberi et al 2007	782	244,4	3,2 kg
Energimyndigheten 2	500	200	2,5 kg
Uppgifter från ELS	520 ⁵	226	2,3 kg ⁶

Det slutligen antagna tvättbeteendet bygger på belastningen **2,5 kg** per tvättcykel samt **200 tvättcykler per år**.

Förhållande mellan torkfrekvens och tvättfrekvens – Förhållandet som råder mellan andelen tvätt som torktumlas av den totala tvättmängden har antagits varit lika stor för båda systemen. I beräkningarna har faktorn 0,68 av tvättfrekvensen använts, som ger en torkfrekvens på ca **135 torkcykler/år**. Den använda faktorn är ett medelvärde som beräknats utifrån två undersökningar som presenteras i Bladh, (2005) där både tork- och tvättfrekvens tas upp. I dessa låg förhållandet på 0,63 respektive 0,73⁷.

Torkmängd och belastning av torktumlaren – Torkmängden har för beräkningarna antagits ligga på 465 kg per hushåll och år. Torkmängden grundar sig dels på mängden torkcykler, 135 stycken per år, och dels på att torktumlaren fylls med olika belastningar. Belastningen vid en tvättcykel antogs till 2,5 kg. För torktumlaren antas därför en eller två laster tvättgods, alltså 5 kg eller 2,5 kg. Fördelningen mellan dessa belastningar är 54/46 vilken kommer från Rüdenauer et al (2008a).

Resterande tvättmängd antas torka på annat sätt och tas inte hänsyn till i analysen.

Temperatur – Energibehovet för en tvättmaskin styrs också av vald tvättemperatur. Nedan följer en tabell över temperaturfördelningen efter svenska förhållanden.

Tabell 5: Tvättemperaturfördelning, Källa (Faberi et al 2007)

30°	40°	60°	90°	Summa
17,00%	33,00%	39,00%	11,00%	100,00%

I rapporten har enbart energiförbrukningen vid 40°C och 60°C undersökts, därför slås 30- och 40°C programmen samt 60- och 90°C programmen ihop med varandra och ger då en fördelning på 50/ 50.

Slutligen har hyresgästens antagna tvättbeteende och tvättbehov sammanfattats i Tabell 6.

³ Bygger på antagandet 200 kg/person och år

⁴ Bygger på en genomsnittlig fyllnadsgrad på 60 % för en maskin med kapacitet på 5 kg

⁵ ELS 3, u.å.

⁶ Peter Sundqvist, ELS 2010

⁷ 10,6/16,9 respektive 8,4/11,4

Tabell 6: Årligt tvättbehov och tvättbeteende

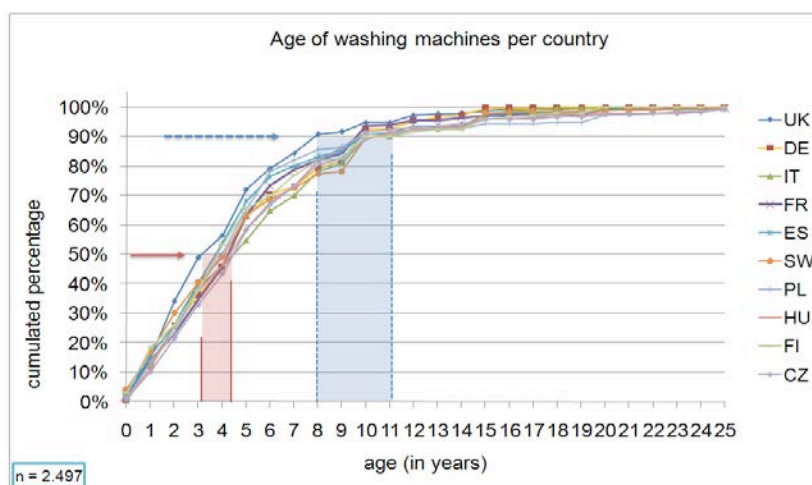
	Mängd	Frekvens	Belastning	Förhållande
Tvättning	500 kg/år	200 cykler/år	2,5 kg/cykel	50/50 ⁸
Torkning	465 kg/år	135 cykler/år	5 och 2,5 kg/cykel	54/46 ⁹

Produkternas livslängd och kapacitet

Produkternas livslängd har använts för att allokera bidraget från framställning av material och tillverkningen av maskinerna för varje år som maskinen hålls i drift.

Med tanke på användarens tvättbeteende är också kapaciteten hos maskinerna av intresse. Kapaciteten påverkar hur väl användaren fyller maskinen med den definierade genomsnittliga belastningen. Ökas kapaciteten minskar fyllnadsgraden då belastningen är konstant.

Hushållsmaskiner – Livslängden på hushållsmaskinerna varierar kraftigt då de används olika. Maskinernas livslängd är först definierad utifrån antalet tvättcykler som den antagits klara av, i det här fallet 3000, men även den tidigare definierade tvättmängden per år. Det specificerade antalet cykler kommer från intervallet 2000 - 5000 stycken cykler (Rüdenauer et al., 2004). Resultatet blev då en livslängd på 15 år för tvättmaskinen och 23 år för torktummlaren. Dessa siffror har sedan jämförts med den förväntade livslängden på enheterna. Nedan visar Figur 6 fördelningen av åldern på tvättmaskinerna i olika europeiska länder.



Figur 6: Ålder på tvättmaskiner per land, Källa: (Faberi et al, 2007)

Figuren visar att när studien gjordes var endast ca 10 % av de undersökta maskinerna över 11 år. Det var alltså få maskiner över 11 år, vilket innebär att 15 år är en hög ålder för en tvättmaskin. Bertoldi et al. (2006) presenterar att den praktiska livslängden för tvättmaskinen och torktummlaren ligger på 12 respektive 13 år.

⁸ Förhållandet mellan 40° och 60° tvättprogram

⁹ Förhållandet av torkmängden som torkas i hel- eller halvfull maskin

För analysen har dock 15 år antagits för både tvättmaskinen som torktumlaren. Livslängden har valts för att tillfredsställa tillverkarnas påstående angående hur många cykler en maskin klarar av. I verkligheten är 15 år ett högt antagande, vilket bör tas hänsyn till vid analysering av resultatet.

För hushållsmaskinernas kapacitet har det under det senaste decenniet en ökning av skett. Detta följer efter en ökad förfrågan på tvättkapacitet hos konsumenten.

"Trots att hushållen blir mindre och tvättmaskiner går halvfulla på grund av ökade renlighetskrav efterfrågas allt större tvättkapacitet." (Electrolux årsredovisning 2009, del 1 sid. 14)

"Konsumenternas krav på större kapacitet gäller alla regioner och kategorier. Trummorna blir därför allt större medan maskinernas yttermått inte ökar i samma omfattning." (Electrolux årsredovisning 2009, del 1 sid. 14)

Hushållsmaskinerna som erbjuds i handeln idag uppges ofta ha en kapacitet mellan 6–8 kg. Till analysen har tvättmaskinens kapacitet antagits till 6 kg och torktumlarens till 7 kg. Trumvolymen för dessa maskiner är ca 54 och 108 liter¹⁰

Fastighetsmaskiner - Både W465H och T4190 är standard maskiner vid ELS och är specificerade för att klara åtminstone 30 000 tvättcykler under sin livslängd. För maskinerna kan man teckna serviceavtal på upp till 10 år. med regelbundna underhåll och rätt användning klarar de sig längre än så (Linnér, muntligen 2010). Utifrån de specificerade cyklarna samt det definierade tvättbeteendet blev den beräknade livslängden för dessa maskiner ca 12 respektive 9 år för W465H och T4190. Livslängden är i analysen definierad till 10 år för båda maskinerna.

Kapaciteten hos fastighetsmaskinerna är 6,5 kg tvätt för W465H och 8,6 kg för T4190. Trumvolymen för dessa maskiner ligger däremot på 65 respektive 190 liter (ELS 4, 2010 och ELS 5, 2010).

Sammanfattning - I Tabell 7 sammanfattas livslängden för maskinerna samt den kapacitet i kg som de anges klara av.

Tabell 7: Sammanställning av produktdata

	Tvättstuga		Lägenhet	
	W465H	T4190	Tvättmaskin	Torktumlare
Tvätt/Tork kapacitet [kg]	6,5	8,6	6	7
Tvättcykler/år	2500	3350	200	135
Specificerade för	30000	30000	3000	3000
Beräknad livslängd	12	9	15	22
Antagen livslängd	10	10	15	15

Den antagna kapaciteten hos maskinerna skilde sig inte mycket åt. Däremot skiljer sig trumvolymerna åt mellan de professionella fastighetsmaskinerna och hushållsmaskinerna.

¹⁰ Se bilaga E

Tabell 8: Trumvolym för tvättmaskiner och torktumlare

	Tvättstuga		Lägenhet	
	W465H	T4190	Tvättmaskin	Torktumlare
Trumvolym [liter]	65	190	50 ¹¹	108
Trumvolym [liter/kg]	10	22	8	15

I Tabell 8 ses skillnaden i trumvolym per kg tvättgods.

Programtid för tvätt och tork av textilier

Som beskrivs i teoriavsnittet är tid en av faktorerna i Sinners cirkel. Det är därför intressant att lyfta fram hur lång tid maskinerna behöver och vad det innebär.

I tvättstugan är man tidsbegränsad och kan inte utnyttja maskinerna när och hur länge man vill. Tvättmaskinen och torktumlaren är därför anpassade efter varandra för att under en viss tid klara av att tvätta och torka en viss mängd tvätt. Hushållsmaskinerna kan däremot förlänga tvättiden och på så sätt sänka temperaturen (Johansson, email 2010).

Hur väl kondensumlaren kan kondensera bort vattnet är också beroende av omgivningstemperaturen, då den har ett termiskt utbyte med rummet. Det innebär att kondensumlarens effektivitet minskar ju högre rummets temperatur blir, dvs. ju lägre temperaturskillnaden blir. I slutändan leder det till att det tar längre tid att få bort all fukt (Brage, muntligen 2010).

I Tabell 9 jämförs programtiderna för tvättmaskiner och torktumlare, restfuktighetsgraden 60 % är antagen.

Tabell 9: Jämförelse mellan maskiner, utifrån tid

	Tvättstuga	Lägenhet
Tvättmaskin [min]	51	120
Torktumlare [min]	42	105
Total tid [min]	93	225
Tvättmaskin [kg/h]	7,6	3
Torktumlare [kg/h]	12,3	4

Data kommer från produktblad¹² för respektive tillverkare. Programtiden kan naturligtvis variera och är troligtvis uppmätt vid optimala förhållanden.

Tillverkning

Materialsammansättningen har tagits fram för att hantera miljöpåverkan från framställningen av material till maskinerna. Till varje enhet har därför de ingående materialen och komponenterna sökts.

¹¹ Cylinda FT30

¹² ELS4, ELS5

För fastighetsmaskinerna har materialsammansättningen hämtats från miljövarudeklarationen (ELS 1, 2007).

Tabell 10: procentuell fördelning av material, Källa: ELS 1, 2007

	Tvättmaskin	Torktumlare	Data i Simapro
Material	Kvantitet [% av vikt]	Kvantitet [% av vikt]	Ecoinventdata
Rostfritt stål	19,00 %	8,0 %	Steel, converter, chromium steel 18/8, at plant
Varmgalvaniserad plåt	50,00 %	70,0 %	Zinc coating, pieces, adjustment per um/m2+ Steel, electric, un and low-alloyed, at plant
Stål	6,00 %	5,0 %	Steel, low-alloyed, at plant
Gjutjärn	11,00 %	4,0 %	Cast iron at plant/kg
Aluminium	7,00 %	2,0 %	Aluminum, production mix, at plant
Zink	0,30 %	-	Zinc, primary, at regional storage/kg
Mässing	0,10 %	<0,1 %	Brass, at plant/kg
Koppar	1,00 %	3,7 %	Copper, primary, at refinery/kg
Epdm- gummi	1,30 %	-	Synthetic rubber, at plant
Nitril- gummi	<0,1 %	0,5 %	
El och elektronik	1,90 %	3,0 %	-
glas	1,00 %	1,3 %	Flat glass, coated, at plant/kg
Plast()	1,10 %	2,0 %	Polypropylene, granulate, at plant
PVC	0,10 %	0,2 %	
Fett	<0,1 %	<0,1 %	-

För hushållsmaskinerna har materialsammansättningen tagits från två olika källor. Tvättmaskinen som använts som exempel presenteras i Miele Facts & Figures (2008, sid. 18):

Tabell 11: Materialsammansättning - Miele hushållstvättmaskin

		Andel	Ecoinventdata
Metaller	Gjutjärn	31,60%	Cast iron, at plant/kg
	Galvaniserad plåt	18,80%	Zinc coating, pieces, adjustment per um/m2+ Steel, electric, un and low-alloyed, at plant
	Rostfritt stål	9,60 %	Steel, converter, chromium steel 18/8, at plant
	Ikke legerat stål	7,94 %	Steel, converter,unalloyed,at plant/kg
	Pulverlackerad plåt	7,48 %	Powder coating, steel + steel,electric, un- and low-alloyed, at plant
	emaljerat plåt	5,28 %	Enamelling + steel, electric, un- and low-alloyed, at plant
	Aluminium	2,89 %	Aluminum, production mix, at plant
	Koppar+mässing	1,38 %	Copper, primary, at refinery/kg
	Zink	0,43 %	Zinc, primary, at regional storage/kg
Övriga	Plast, elastomerer och komposit material	12,27%	
	Glas	2,16 %	Flat glass, coated, at plant/kg
	isolerings material	0,17 %	
Summa		100 %	

Informationen om torktumlaren är hämtad från Rüdenauer (2008a, sid. 84)¹³.

Tabell 12: Materialsammansättning - Bosch hushållskondensumlare

	Metall	Andel	Ecoinvent data
	Stål från skrot	2,92%	Steel, electric, un and low-alloyed, at plant
	Pulverlackerad plåt	1,24%	Powder coating, steel+ steel,electric, un- and low-alloyed, at plant
	Galvaniserad plåt	5,9%	Zinc coating, pieces, adjustment per um/m2+ Steel, electric, un and low-alloyed, at plant
	Bandlackerad plåt	11,8%	Steel, electric, un and low-alloyed, at plant + sheet rolling, steel
	gjutstål från skrot	9,6%	Steel, converter, unalloyed
	Koppar	1,6%	Copper, primary, at refinery
	Aluminium gjutgods	0,9%	aluminum, production mix, cast alloy, at plant
	Aluminium plåt	15,8%	Aluminum, production mix, at plant
	Rostfritt stål	10,6%	Steel, converter, chromium steel 18/8, at plant
Summa		60,3%	
Plast, gummi och komposit			
	PP	12,8%	polypropylene, granulate
	ABS	3,5%	acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS
	EPS	1,8%	polystyrene, expandable
	PE folie	0,1%	polyethylene, LDPE
	PA	0,2%	nylon 66
	PVC	0,4%	polyvinylchlor
	Elastomer mix	0,4%	synthetic rubber
	Talk	10,1%	calcareous marl
Summa		29,3%	
Elektronik			1%
Övriga			Se Tabell 13 nedan
	Spånplatta	4,7%	medium density fibreboard
	Säkerhetsglas	4,7%	flat glass, coated
Summa		10,4%	Steel, electric, un and low-alloyed, at plant
Totalvikt		100%	

Sedan har den genomsnittliga vikten för några av dagens hushållsmaskiner från hösten 2010¹⁴ använts. Därefter fördelas materialen enligt Tabell 12.

Varken data för ingående elektronikkomponenter eller plastkomponenter presenterades för tvättmaskinen. Därför har samma mängd elektronik och plast som ingår i torktumlaren använts.

¹³ Materialsammansättningen beskrivs som procentuell andel istället för i vikt.

¹⁴ Se bilaga E

Tabell 13: Elektronik - Bosch

Elektronik			
antal	Komponent	indata	Ecoinventdata
4	konventionell resistor	0,0152 kg	resistor, wirewound, through-hole mounting
100	ytmonterad resistor	0,00098 kg	resistor, SMD t
6	elektorlytkondensator	0,0074 kg	capacitor, electrolyte type, < 2cm height
3	kondensator	0,0021 kg	capacitor, film, through-hole mounting
28	ytmonterad kondensator	0,002408 kg	capacitor, SMD type, surface-mounting
39	ytmonterad transistor	0,023127 kg	transistor, SMD type, surface mounting
14	ytmonterad diod	0,000448 kg	diode, glass-, SMD type, surface mounting
3	processorer	0,03 kg	integrated circuit, IC, logic type
1	LCD-modul	0,1 kg	LCD module
8	relä	0,232 kg	switch, toggle type
8	relä	0,24 kg	transformer, low voltage use
1	miniatyr transformator	0,03 kg	transformer, low voltage use
11	kontakt	0,099 kg	connector, clamp connection
2	kretskort	0,01365 m ²	printed wiring board, through-hole, lead-free surface
	Summa (kg)	0,42 kg	

Sammansättningen av elektronikkomponenter har använts även för fastighetsmaskinerna.

Energiförbrukning vid tillverkning - Tillverkningsprocessen behöver förutom material även energi. Här beskrivs de antaganden som gjorts angående energiförbrukningen.

De två enheterna som valts för den allmänna tvättstugan är standardenheter vid tillverkningen hos ELS och har därmed ett energibehov vid produktion på totalt 340,7 kWh. Detta är en mix av energikällorna elektricitet, gasol och fjärrvärme (Sundqvist, email 2010). Den exakta fördelningen däremellan har också tagits del av. För tillverkningen har följande processer valts i SimaPro

- Elektricitet har antagits till: Electricity, hard coal, at power plant/NORDEL U, Ecoinvent
- Fjärrvärme har antagits som: Heat biowaste, at incineration plant, allocation price/ CH U, Ecoinvent
- Gasol har antagits från: LPG I, IDEMAT 2001

För hushållsmaskinerna har inga data från tillverkaren varit tillgängliga. Men monteringen och tillverkningen sker till stor del av elektroniskt styrda robotar (Thaysen, email 2010). För att kunna göra en bra jämförelse har i analysen antagits att tillverkningsförhållandena liknar de vid ELS i Ljungby och därmed har samma fördelning av energikällorna.

Hushållsmaskinerna tillverkas dock i större volymer samt väger lättare vilket borde innebära att mängden energi som används per enhet är lägre. Då viktförhållandet mellan fastighetsmaskinerna och hushållsmaskinerna är ungefär 1:2 antas energiförbrukningen för hushållsmaskinerna därför vara ca 50 % av energiförbrukningen för tillverkning av fastighetsmaskinerna.

Det bör dock noteras att energiförbrukningen vid tillverkningen av hushållsmaskinerna är okänd och att antagandet har gjorts för att bättre kunna jämföra de två systemen med varandra. Riskerna med antagandet tas upp under diskussionen.

Distribution

Distributionen tas upp för att belysa fördelarna med en närbelägen produktion, men även följderna av skillnaden i produktionsvolym. Varje systems bidrag från transporten av maskinerna presenteras i enheten tkm. Tkm eller tonkilometer bygger på 1ton som färdas 1km.

Två transporter har tagits hänsyn till; från fabrik till kund och från kund till resthantering. Fastigheten anses vara belägen i Linköping.

I analysen utgår det från att fastighetsmaskinerna till tvättstugan produceras av ELS i Ljungby. Dessa transporteras med lastbil direkt till fastigheten och tvättstugan. När maskinerna är uttjänta transporteras de med lastbil till demontering.

För hushållsmaskinerna antas en genomsnittlig placering av fabriken, utifrån en del av de tillverkare som finns på marknaden i Sverige. Transportsättet antas även här vara lastbil till grossist och kund. I Tabell 14 visas tillverkningsplats för hushållsmaskinerna samt avståndet i km till Linköping. För att beräkna avståndet mellan tillverkningsort och slutdestination, Linköping, har maps.google.se använts.

Tabell 14: Avstånd från fabrik till Linköping

Tillverkare	Produktionsland	Avstånd [km]
Miele	Tyskland, Gütersloh	1041
Electrolux	Polen, Olawa	1255
Cylinda	Sverige, Vara	239
Bosch-Siemens	Tyskland, Berlin	884
Medelavstånd		855

Det uträknade medelavståndet kan jämföras med en fabrik i norra Tyskland. Avståndet har använts vid beräkning av transporten för hushållsmaskiner från fabrik.

Eventuellt emballage som används för att paketera produkterna för transporten tas inte med i analysen då emballagets vikt antas vara liten i relation med produktens vikt.

Uttjänta maskiner skickas till demontering. Här antas en liten lastbil hämta upp hushållsmaskinen för transport till resthantering. Avståndet till resthantering har definierats till 20 km. Den slutliga bidragande delen från distributionen presenteras i Tabell 15.

Tabell 15: Bidrag från distribution i tkm

	Tvättstuga		Lägenhet	
	W465H	T4190	Tvättmaskin	Torktumlare
Vikt/enhet [kg]	154	103	85	50
antal enheter [st]	2	1	25	25
avstånd fabrik [km]	250	250	856	856
avstånd resthantering [km]	20	20	20	20
tkm/enhet	42	28	73	44
Summa [tkm]	112		2925	

Till transportererna har följande processer i SimaPro valts:

- Från fabrik: transport, lorry 16-32t, EURO4/tkm/RER U
- Till resthantering: transport lorry 3,5-7,5t, EURO4/tkm/RER U

Energiförbrukning vid användning

Den årliga energiförbrukningen påverkas utöver tvättbeteendet också av maskinernas prestanda, där tvättmaskinens mängdautomatik ingår.

Mängdautomatik – Vid optimal belastning, dvs. då tvättmaskinens kapacitet utnyttjas fullt, tvättar tvättmaskin som effektivast. Vid en lägre fyllnadsgrad kommer maskinen därför att förbruka mer energi och vatten per kg tvättat gods. Tidigare definierades den genomsnittliga belastningen för ett svenskt hushåll till 2,5 kg/cykel, oberoende av maskinens kapacitet. För att optimera energiförbrukningen vid lägre fyllnadsgrader har en del tillverkare installerat reglersystem för att styra vatten- och elförbrukningen till sina modeller, s.k. mängdautomatik.

Det mängdautomatiksystem som används för hushållsmaskinerna i rapporten är hämtade från Rüdenauer et al (2005b). Vattenreduktionen i detta system lyckas reducera vattnet med 60 % av reduceringspotentialen och energireduktionen är beräknad utifrån den relativa vattenreduktionen (Rüdenauer et al 2005b). I Tabell 16 återges delar av värdena från detta system, där relativ vatten- och energireduktion för systemet presenteras.

Tabell 16: Relativ vatten och energireduktion vid mängdautomatiksystem, Källa: Rüdenauer/Gensch 2005b

Relativ fyllnadsgrad		100 %	75 %	60 %	50 %	30 %
	Vid T°C					
Relativ vattenreduktion	alla	0 %	12 %	19 %	24 %	33 %
Relativ energireduktion	40°C	0 %	8 %	13 %	16 %	23 %
	60°C	0 %	10 %	16 %	20 %	28 %

Även utan ett system för mängdautomatik sänks förbrukningsvärdena något (energimyndigheten 2, 2009).

Tvättmaskiner – För fastighetsmaskinerna har förbrukningsdata vid olika fyllnadsgrader erhållits av Anette Johansson(2010-11-25). För hushållsmaskinerna är förbrukningen för en fullbelastad maskin känd från maskinernas produktblad¹⁵. Genom att använda Tabell 17 har energiförbrukningen vid olika temperaturer beräknats. Därefter har, med hjälp av Tabell 16, energiförbrukningen vid olika fyllnadsgrader beräknats. Slutligen har energiförbrukningen sammanställts i

Tabell 18.

¹⁵ Ses i bilaga E

Tabell 17: Konverteringsfaktorer vid beräkning av energiförbrukningen för olika temperaturer, Källa: Stamminger et al (2005)

Tvättprogramms temperatur	Konverteringsfaktor Baserad på 60°C
90°C	1,6
60°C	1
40°C	0,54
30°C	0,33

Tabell 18: Förbrukningsvärden för tvättmaskiner

	Tvättstuga	Lägenhet
	W465H	Tvättmaskin
Fullt belastad 60°C	1,05	1,04
Genomsnittligt belastad 60°C	0,68	0,80
Fullt belastad 40°C	0,8	0,56
Genomsnittligt belastad 40°C	0,53	0,46

Torktumlare – Genom att studera produktblad och bruksanvisningar har förbrukningsvärden för torktumlaren fått för belastningen vid 5 kg. För förbrukningsdata vid 2,5 kg belastning har uppgifter från Rüdenauer et al (2008a) använts. Den undersökta kondensumlaren som användes i den studien var av en sämre energiklass¹⁶ än vad som söktes. Därför har den enbart använts som referens, där skillnaden mellan den fulla och den halvfulla (3,5 kg) maskinens energiförbrukning använts för att beräkna värdet för denna analys. Den relativa energiförbrukningen presenteras i Tabell 19.

Tabell 19 - relativ förbrukning vid lägre belastningar

Lägenhet	Skåptorrt, Bomull full	Skåptorrt, Bomull halvfull
Konventionell kondensumlare(referens) ¹⁷	0,6 kWh/kg	0,68 kWh/kg
Kondenstorkumlare vid 50 % restfuktighet	0,47 kWh/kg	0,55 kWh/kg
Fastighetsmaskin T4190 ¹⁸	0,45 kWh/kg	0,48 kWh/kg

Vid beräkningarna har en restfuktighetsgrad på 50 % antagits. Utifrån värdena mellan förbrukningen för den fulla och den halvfulla maskinen har energiförbrukningen vid belastningen 2,5 kg interpolerats fram. Den resulterande energiförbrukningen för samtliga maskiner presenteras i Tabell 20.

¹⁶ Den undersökta torktumlaren i studien tillhörde där energiklass C

¹⁷ Referenstumlare, värdena är hämtade från Rüdenauer et al 2008a

¹⁸ Vid full presenteras värdet för förhållandet 1:22 (8,6 kg) och vid halvfull presenteras värdet för 1:30 (6,3 kg), uppgifterna är hämtade från ELS 5, 2010

Tabell 20: Årlig energiåtgång för tvättstuga och lägenheter

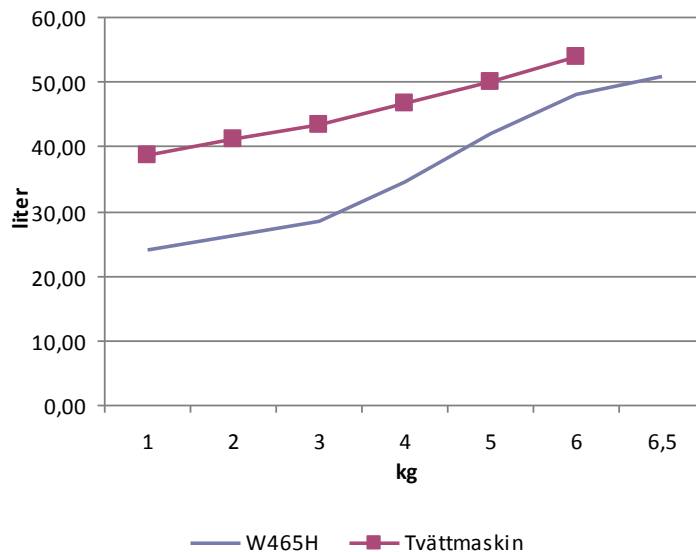
	Tvättstuga		Lägenhet	
	W465H	T4190	Tvättmaskin	Torktumlare
åtgång [kWh/år]	1,52E+03	6,36E+03	1,25E+02	2,68E+02
antal enheter [st]	2	1	25	25
Delsumma [kWh]	3,04E+03	6,36E+03	3,13E+03	6,69E+03
Summa [kWh]	9,41E+03		9,82E+03	

Värdena för tvättmaskinen tycks stämma bra i jämförelse med de värden som Zimmermann (2009) kommit fram till. Där energiförbrukningen för ett hushåll ligger mellan 62- 162 kWh per år. Även förbrukningen för torktumlaren ligger inom intervallet Zimmermann presenterade (243- 315 kWh per år).

Vattenförbrukning vid användning

Vattenförbrukningen för hushållsmaskinerna har även den beräknats från uppgifter i produktblad, samt Tabell 16 för att uppskatta maskinens förmåga att reducera vattenmängden vid lägre belastningar. Det genomsnittliga värdet för de studerade maskinerna ligger dock på 54 liter per cykel¹⁹. Med hjälp av detta värde samt Tabell 16 har sedan vattenförbrukningen styckvis interpolerats fram.

Förbrukningsdata för W465H har erhållits av A, Johansson; B-L Jonasson, 2011. Tvättmaskinernas vattenförbrukning återges i Figur 7.



Figur 7: Vattenåtgång per cykel

Den årliga vattenförbrukningen har sedan beräknats utifrån tvättbeteende och presenteras i Tabell 21.

¹⁹ Egen studie av marknaden, hösten 2010, se bilaga E.

Tabell 21: Årlig vattenåtgång för tvättstuga och lägenheter

	Tvättstuga	Lägenhet
Vattenåtgång [liter/cykel]	27	42
Årlig vattenåtgång [liter]	1,37E+05	2,12E+05

Förbrukningen gäller för ett genomsnittligt tvättbeteende med en fyllnadsgrad på 2,5 kg/tvättcykel.

I SimaPro har följande process använts för framställningen av vatten: Tap water, at user/RER U

Utöver den angivna vattenförbrukningen finns möjligheten att hos vissa hushållsmaskiner inkludera en extra sköljning, vilket skulle öka förbrukningen ytterligare. Ett sådant tillskott har inte studerats vidare i analysen.

Resthantering

Uttjänta maskiner skickas till resthantering hos någon certifierad avfallshanterare. För Linköping gäller Kuusakoski i Oxelösund. Här demonteras maskinerna med syfte att avlägsna eventuellt farliga material som t.ex. PCB. Därefter kan produkterna tuggas sönder i så kallade "fragmenteringsanläggningar". Efter söndertuggningsen av produkterna kan sedan metaller separeras och materialåtervinnas (el-kretsen, 2009).

Vid beräkningen av effekterna från resthanteringen fokuseras på; materialåtervinning av de metaller som används samt förbränning av plast och andra komponenter. Dessutom tas hänsyn till det spillvatten som tvättmaskinernas användningsfas tillför och måste omhändertas. I SimaPro har följande process använts: treatment, sewage, to wastewater treatment, class 2/m3/CH

Metaller som stål, järn, aluminium och koppar återvinns medan plast förbränns och ger på så sätt en energiutvinning (avfallsverige, u.å.). Återvinningsgraden för produkterna är återvinningsbara till över 90 % (ELS 1, 2007).

Återvinningsgraden för varje enskilt material, det vill säga andelen återvunnet material av den ursprungliga mängden skrot, skiljer sig åt material emellan. Den antagna återvinningsgraden för de material som ingår kan ses i följande tabell där även källan bakom antagandet anges.

Tabell 22: Material återvinningsgrad

Material	Återvinningsgrad	Källa
Aluminium	90 %	Aluminiumriket, u.å.
Stål	70 %	Ekerot, 2003
Rostfritt stål	70 %	Samma värde som för stål
Övriga metaller	80 %	Antaget värde ²⁰
Glas	90 %	Glasåtervinning, u.å.

När man hanterar resthantering och återvinning i en LCA vill man kunna tillgodoräkna sig den positiva effekt som materialåtervinningen innebär då en nyproduktion av detta material undviks. Till vilken kvalitet man kan återvinna skiljer sig mellan materialtyp och återvinningsmetod.

²⁰ Genomsnitt av återvinningen för stål och aluminium

Aluminium är ett relativt lättarbetat material att återvinna och kan återvinnas utan några direkta kvalitetsförsämringar (eaa.net, u.å.). Materialåtervinningen för aluminium hanteras i SimaPro av **Recycling aluminum B250, BUWAL250**.

För hantering av rostfritt stål baseras tillverkningen idag i stort sett på skrotbasis där råvaran utgörs till stor del av rostfritt stål men då den inte räcker till tillsätts kolstålskrot och legeras upp med ytterligare legeringsämnen för att återfå det rostfria stålet. Materialåtervinningen av det rostfria stålet hanteras i SimaPro med tillverkningen av **Steel, electric, chromium steel 18/8, at plant, RER/U** som bas.

För återvinning av stål har tillverkningsprocessen **Steel, electric un- and low alloyed, at plant, RER U** delvis använts för att förstå hur mycket energi och material som behövs vid återvinning. Den resulterande återvinningsprocessen har använts för fler material som bygger på samma grundmaterial. Det som skiljer de olika typerna emellan kan vara legering, beläggning eller bearbetningsprocess.

Den produkt man undviker vid materialåtervinning har antagits vara identisk med det med det man återvunnit. Ett undantag görs dock vid användning av återvinning av ståltyper som har annan beläggning eller bearbetningsprocess.

För material som plast, gummi och komponenter som LCD skärm och kondensatorer har förbränning antagits (Disposal, to municipal incineration/CH U) för respektive material. För vissa elektronik komponenter har **Shredding, electrical and electronical scrap/GLO U** antagits.

Miljöpåverkansanalys

I det här kapitlet presenteras resultaten från miljöpåverkansanalysen som utförts i SimaPro. Inledningsvis presenteras diagrammet där de två systemens miljöpåverkan jämförs med varandra. Därefter kommer bakomliggande orsaker till miljöpåverkan och skillnad i påverkan att analyseras.

Jämförelse mellan systemen

I jämförelsen ingår alla stadier i maskinernas liv från framställningen av material till resthanteringen. I diagrammet som följer presenteras förhållandet mellan de två systemen för varje miljöpåverkanskategori. Vissa av dessa kategorier har en väldigt liten del i den totala inverkan på miljön och kommer i senare delar av analysen att bortses ifrån.

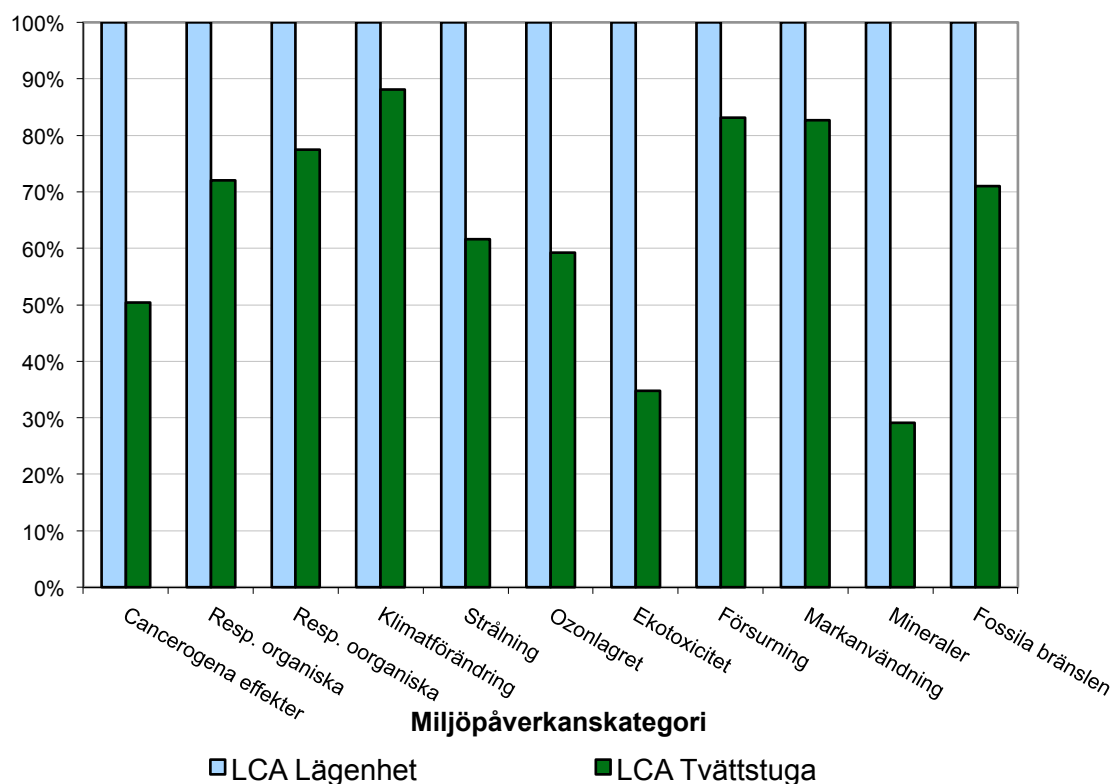


Diagram 7: LCA jämförelse av tvättstuga och lägenheter

I Diagram 7 ses resultatet av analysen där de två alternativen jämförs mot varandra. Här presenteras det procentuella förhållandet mellan tvättstugan och lägenheterna. Det alternativ som har den största miljöpåverkan i en kategori antas som referensvärde, 100 %, medan det andra alternativets miljöpåverkan beskrivs utifrån relationen dem emellan. Då miljöpåverkan för tvättstugan är lägre än lägenheternas i varje kategori kan man utläsa hur stor andel tvättstugans miljöpåverkan är av lägenheternas. I Tabell 2 följer de absoluta värdena för alternativen utifrån varje miljöpåverkanskategori presenterad i respektive kategoriindikator.

Tabell 23: Data för miljöpåverkningskategorier

Miljöpåverkanskategori	Enhet	LCA Lägenhet	LCA Tvättstuga
Cancerogena effekter	DALY	1,97E-04	9,95E-05
Resp. organiska	DALY	1,61E-06	1,16E-06
Resp. oorganiska	DALY	2,31E-03	1,79E-03
Klimatförändring	DALY	2,17E-03	1,92E-03
Strålning	DALY	6,30E-06	3,88E-06
Ozonlagret	DALY	6,79E-08	4,02E-08
Ekotoxicitet	PAF*m2yr	1,37E+03	4,75E+02
Försurning	PDF*m2yr	7,51E+01	6,24E+01
Markanvändning	PDF*m2yr	4,68E+01	3,86E+01
Mineraler	MJ surplus	4,01E+02	1,17E+02
Fossila bränslen	MJ surplus	2,41E+03	1,71E+03

Skillnaden mellan tvättstuga och tvätt i lägenheten varierar stort i de olika miljöpåverkanskategorierna. I Tabell 2 kan man jämföra kategorierna för respektive enhet. Här ses att tre av miljöpåverkningskategorierna med enheten DALY är relativt små jämfört med de tre resterande. Framförallt för effekterna på klimatförändringen och resp.hämmande (oorganiska). Jämförelsevis är även effekterna från användningen av mineraler är mindre än de effekter som kommer från användningen av fossila bränslen.

För att sammanfatta resultatet kan sägas att tvättstugan påvisar en lägre miljöpåverkan än lägenheterna den procentuella andel som tvättstugans miljöpåverkan har gentemot lägenheterna ligger mellan 30-90%. Men för viktiga kategorier som klimatförändringen, resp.hämmande (oorganiska) och effekter från fossila bränslen är andelen för tvättstugan 88 %, 77 % och 71 % av tvätt i lägenhet.

Miljöpåverkan nedbruten i fraktioner

För att se vilken livscykel fas som påverkar resultatet mest visas här den andel som varje fas bidrar med till miljöpåverkningen. Här diskuteras även skillnaden mellan de två systemen och vad de beror på.

De två systemen har delats upp i två diagram och till att börja med presenteras förhållandet för maskinerna till tvättstugan och därefter förhållandet för lägenheterna.

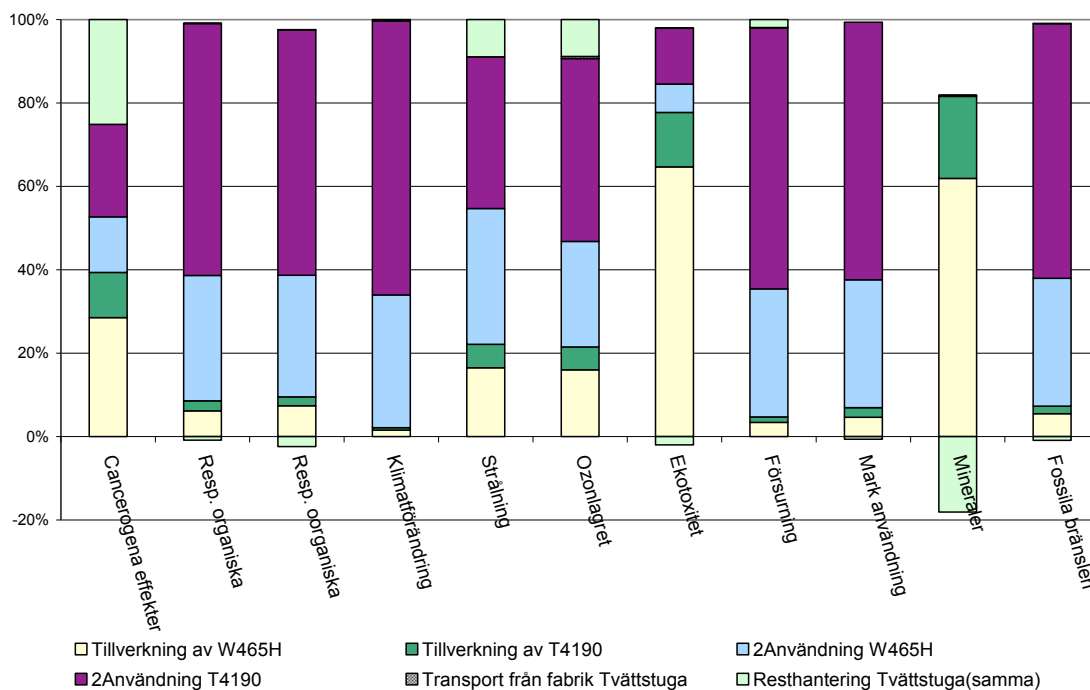


Diagram 8: Procentuell fördelning av tvättstugans miljöpåverkande livsstadier

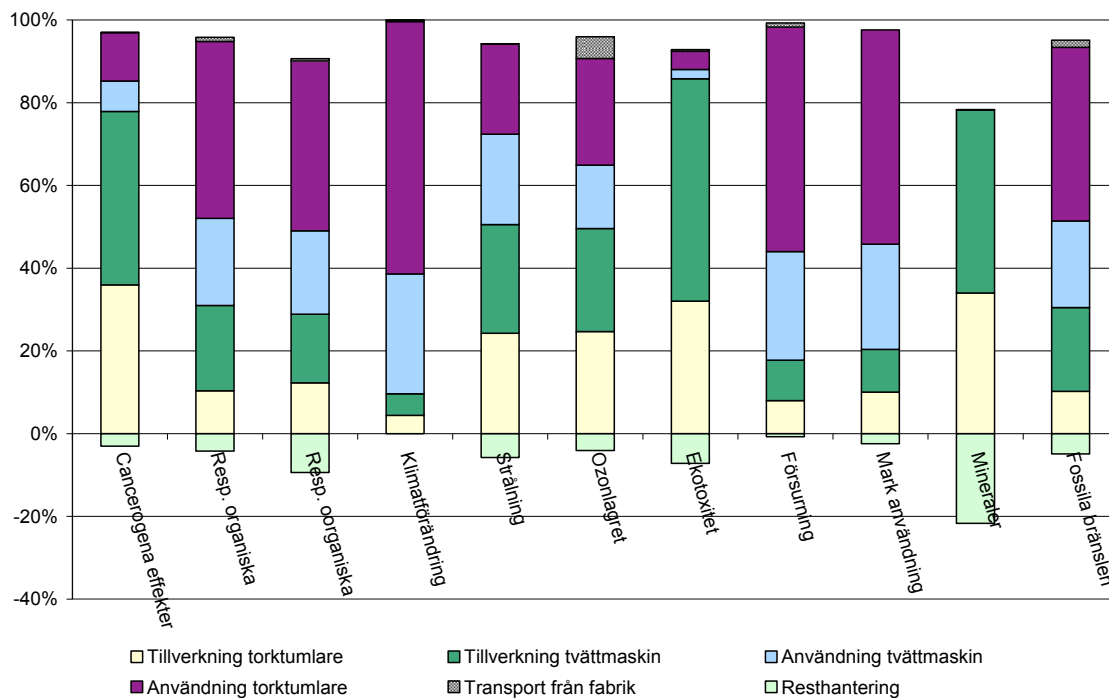


Diagram 9: Procentuell fördelning av lägenheternas miljöpåverkande livsstadier

I diagrammen ovan presenteras de resultat från modelleringen i Simapro.

Analysering av resultatet från miljöpåverkansanalysen

Här nedan diskuteras resultaten från diagrammen som togs fram i miljöpåverkansanalysen.

Tillverkning

Tillverkningsfasen har för båda systemen störst inverkan på miljöeffekterna från kategorierna cancerogena ämnen, ekotoxicitet samt effekterna från mineralanvändning. Dessa tre var även de kategorierna som påvisades ha den största skillnaden mellan tvättstuga och lägenhet i Diagram 7, där tvättstugan endast har ca 30- 35 % av lägenheternas miljöpåverkan. Den stora skillnaden mellan de två systemen, från tillverkningsfasen, grundar sig i att samma arbete som utförs av 2+1 maskiner i tvättstugan, utförs av 25+25 maskiner i lägenheterna.

Bidraget från tillverkningen för lägenheterna beror alltså på mängden enheter som medför att energidensiteten per enhet är mindre. Med det menas att en fastighetsmaskin förbrukar totalt sett mer el under ett år än vad hushållsmaskinen gör. Det resulterar i att användningsfasen är den dominerande fasen för tvättstugan medan tillverkningsfasen blir mer viktig för lägenheterna.

Att hushållsmaskinerna tar upp en större andel av effekterna från användningen av fossila bränslen kan härledas till att dessa maskiner innehåller fler komponenter av plast och elastomerer.

Användning

Båda diagrammen ovan visar att användningsfasen är den mest bidragande livscykelstadiet i de flesta miljöpåverkanskategorierna och att torktumlaren är den enhet som har störst bidrag. Användningsfasen dominerar framförallt effekterna på klimatförändringen då användningsfasen

bygger på förbrukning av elektricitet och den energi som antagits härstammar från kolkondens, vars utsläpp har en stor påverkan på just klimatet.

Ytterligare kategorier av intresse som användningsfasen är dominerande i är; effekter från användningen av fossila bränslen och respirationshämmande effekter från oorganiska partiklar. Dessa två kategorier ansågs, tidigare, tillsammans med effekter på klimatpåverkan vara de tre störst bidragande kategorierna till miljöpåverkan. Det innebär att då samtliga tre är dominerande av användningsfasen är just denna fas den klart största påverkande livscykelphasen.

Distribution

Transporten av alla enheter från fabrik till användningsdestination har ingen märkbar effekt på miljöpåverkan för båda systemen. För tvättstugan finns inga synliga bidrag med från den sektorn medan den för lägenheterna ger ett litet bidrag till miljöpåverkan från användningen av fossila bränslen samt för effekter på ozonlagret, även om den sista är liten relativt andra miljöpåverkanskategorier med samma enhet. Skillnaden mellan systemen grundar sig på antalet maskiner som måste fraktas samt att de transporteras en längre sträcka.

Resthantering

Den resthantering som presenteras kommer antingen från materialåtervinning av metall och glas, förbränning av övriga material, samt omhändertagning av spillvatten. Utav de här faktorerna bidrar i regel materialåtervinningen av positiva effekter medan de andra två bidrar negativt på miljön.

När man tittar på diagrammen ovan kan resthanteringen för lägenheterna tyckas vara bättre, vilket inte är fallet då de behandlas på ett identiskt sätt. En återvinningsgrad är antagen för varje metall och för glaset. Ju lägre återvinningsgraden är för ett material desto mindre får man tillbaka, vilket innebär att ju mer använt material i tillverkningen, desto större mängd material går man miste om att använda återigen.

Det procentuella bidraget från materialåtervinningen är lika stor för hushållsmaskinerna som den är för fastighetsmaskinerna. Men den totala mängden material skiljer sig åt vilket påverkar det totala bidraget från resthanteringen. Effekterna från spillvattenomhändertagningen är någorlunda liknande för bägge alternativen, men något högre för lägenheterna. Men den stora mängd material som kan återvinnas från hushållsmaskinerna ger i vissa fall större retur än vad spillvattenomhändertagningen bidrar negativt med. Denna effekt har inte fastighetsmaskinerna, som från början inte behövt lika mycket material som hushållsmaskinerna och därmed inte behöver ta omhand om de stora mängderna metall.

Känslighetsanalys - LCA

Analysen bygger på ett flertal variabler som definierats i inventeringsanalysen. För att testa hur analysen reagerar vid en förändring av dess variabler har följande känslighetsanalys gjorts.

För att skala ner analysen har endast de fem störst påverkande miljöpåverkanskategorierna tagits med. Här kommer variabler som kan ha en viss inverkan på slutresultatet att justeras för att se vilka avvikelser som uppstår. De faktorer som testas är följande:

- Den årliga tvättmängden för ett hushåll. Genom att öka eller minska mängden tvätt som ett hushåll har per år förändrar man förutsättning för användningsfasen.
- Tvättmaskinens förmåga att väga tvättgodset spelar in på den slutliga förbrukningen från användningsfasen. Alla hushållstvättmaskiner har inte mängdautomatik, och

mängdautomatiksprogrammet arbetar olika effektivt beroende på belastningen. Genom att dels jämföra en maskin utan mängdautomatik samt att justera fyllnadsgraden kan effekten av ett bra mängdautomatiksystem ses.

- Livslängden på hushållsmaskinerna: Som noterades tar tillverkningsfasen en större del av den totala miljöpåverkan. Genom att öka livslängden på maskinerna, minskar man bidraget från tillverkningen.
- Hushållsmaskinernas vikt: Vikten i kg som maskinen har är en faktor som kan skilja sig ganska mycket mellan tillverkare och produkter. För att testa hur pass beroende resultatet är av produktvikten justeras den inom ett intervall.
- Den antagna materialåtervinningen är en osäker källa, för att undersöka slutresultatets känslighet när det kommer till de effekterna materialåtervinningen har görs en känslighetsanalys där återvinningsgraden för metallerna ändras.

För samtliga analyser i det här avsnittet har normalfallet för lägenheterna satts som referens, då det var det alternativet som hade den största miljöpåverkan av i LCA-studien.

Förändring av tvättbehov

Här justeras tvättbehovet genom att främst förändra tvättmängden i kg och därefter anpassas cyklerna för att stämma överens med fyllningsgraden. Känslighetsanalysen utgår ifrån ett intervall på 500 +/- 150 kg som leder till följande tabell.

Tabell 24: Förändring av tvättbehov

Enhet/år	Sänkt tvättbehov	Normalt tvättbehov	Höjt tvättbehov
Tvättmängd kg/år	400	500	700
Tvättfrekvens cykler/år	160	200	280
Torkmängd kg/år	375	465	650
Torkfrekvens cykler/år	110	135	190

Nedan presenteras resultatet av det förändrade tvättbehovet.

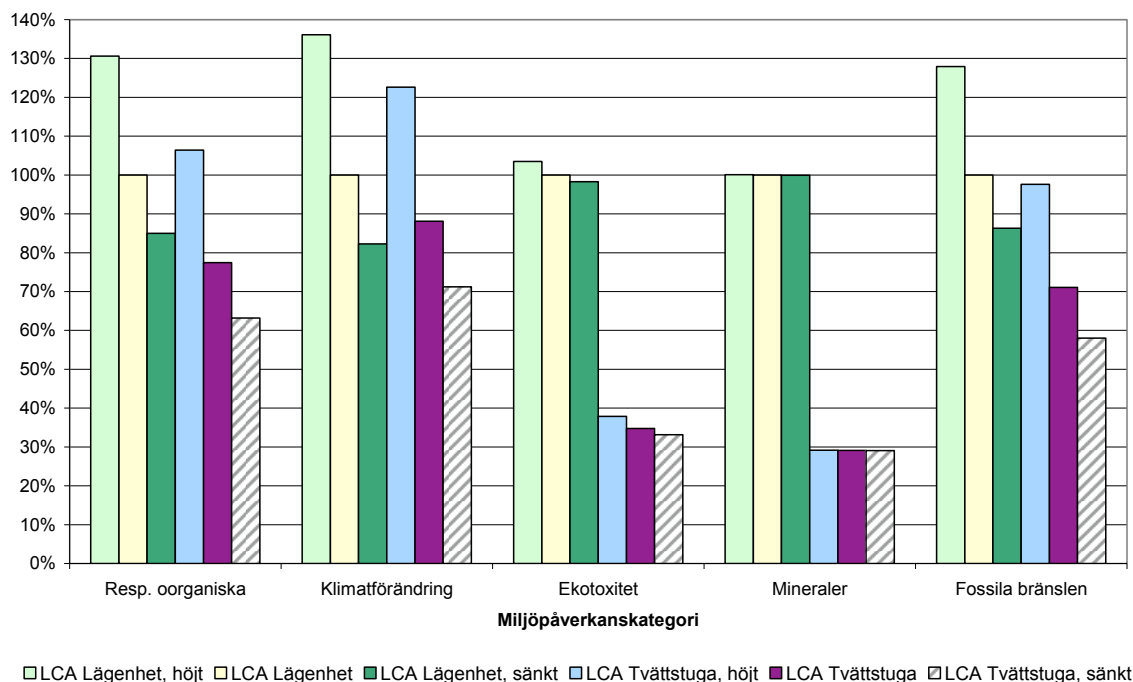


Diagram 10: Förändrat tvättbehov

Från resultatet kan man se att båda systemen är känsliga för en ökning eller sänkning av tvättbehovet. I de tre kategorierna som tidigare noterades vara bland det viktigaste, resp. oorganiska, klimatförändring samt fossila bränslen sker en ganska stor förändring. Däremot så påverkas de två systemen lika och påverkar inte vilket av alternativen som har minst påverkan, utan den minsta påverkan har fortfarande tvättstugan.

Det förändrade tvättbeteendet kan innebära att maskinernas livslängd ändras. En sådan förändring bortses från i den här analysen.

Test av mängdautomatiksystem

Fyllnadsgraden för tvättmaskinen styr hur pass väl maskinen klarar av att anpassa vatten och energi nivå. Under det här avsnittet testas maskinernas anpassningsförmåga till belastningen. Genom att anta en lägre och en högre belastning av maskinen fås dels olika förbrukningsdata men även en förändrad tvättfrekvens. Beräkningarna har gjorts för belastningsintervallet 2,5 kg +/- 0,5 kg.

För att även visa effekterna av att använda en maskin utan mängdautomatik antas även en maskin med 5 % lägre energi- och vattenförbrukning, för normalfallet, 200 tvättcykler/år och hushåll.

Tabell 25: Justering av fyllnadsgrad

Lägenhet	Tvättmängd/cykel	Normal fyllnadsgrad	Höjd fyllnadsgrad
Sänkt fyllnadsgrad	2 kg	2,5 kg	3 kg
Tvättfrekvens	250	200	167
Utan mängdautomatik	Energi 40	Energi 60	Vatten
hushållstvättmaskin	0,53 kWh	0,99 kWh	48,6 liter

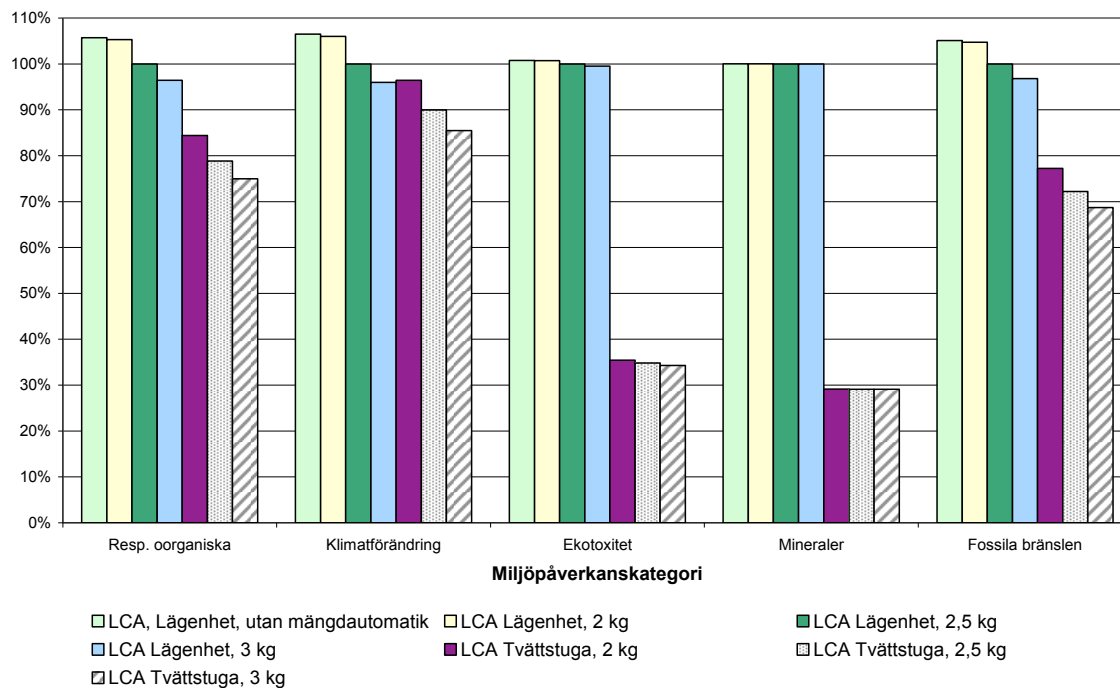


Diagram 11: Förändring av fyllnadsgrad

Belastas tvättmaskinen med mindre tvätt per cykel ökar den totala miljöpåverkan då tvättfrekvensen förbrukningen per kg samt tvättfrekvensen ökar. Förändringen påverkar främst de tre miljöpåverkanskategorier som har störst inverkan från användningsfasen.

Skillnaden mellan de olika fallen är dock inte lika stor som utfallet för en höjning av tvättmängden gav utan rör sig inom ett intervall av 10 procentenheter. Skillnaden mellan alternativen består dock. Intressant att notera är att hushållsmaskinen med en fyllnadsgrad på 2 kg kan jämföras med förbrukningen för en hushållsmaskin utan mängdautomatik, vars tvättfrekvens då är något lägre.

Förändring av livslängden på hushållsmaskinerna

Hushållsmaskinernas livslängd beror mycket på hur hyresgästen använder den, hur ofta man tvättar per år och ifall maskinen klarar sig ifrån stora reparationer. Därför kan också den faktiska livslängden för en maskin skilja sig markant. Vissa klarar sig upp emot 20 år medan andra havererar redan tidigare eller kostar då för mycket att reparera för att det ska vara ekonomiskt lönsamt. I den ursprungliga analysen räknas med en livslängd på 15 år. Här undersöks vad som händer ifall maskinens livslängd förkortas eller förlängs med 3 år.

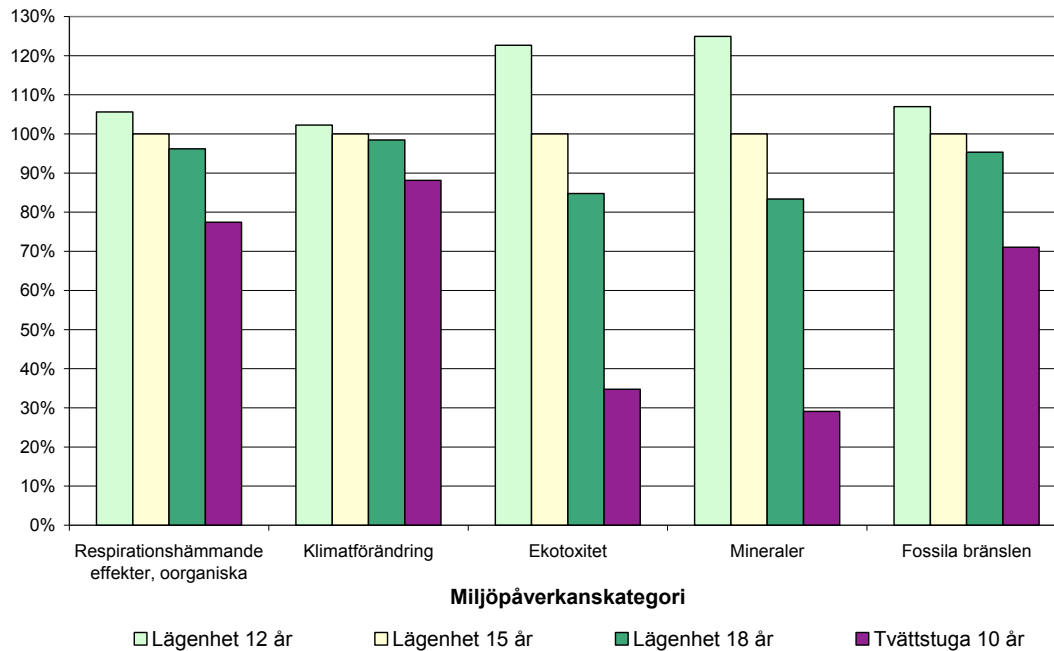


Diagram 12: Justerad livslängd

Genom att justera livslängden ändrar man även antalet år som tillverkningens effekter fördelas på. Det medför att med en kortare livslängd höjs den årliga miljöpåverkningen för tvättmaskinen och det motsatta när man förlänger livslängden. Enligt Diagram 12 verkar hushållsmaskinerna vara mer känsliga för en sänkning av livslängden, då stegringen inte sker linjärt. Utöver det kan man konstatera att även då man höjer livslängden kommer konsumentmaskinerna inte i närheten av miljöpåverkan från tvättstugan.

Förändring av hushållsmaskinernas vikt

Vikten hos en maskin kan skilja sig och med en lättare maskin innebär det att en mindre mängd material går åt för att tillverka dem. Det kan även innebära att andra material eller att en helt annan konstruktion av maskinen används. Dock så antas att konstruktionen och materialsammansättningen förblir men att torktumlarens vikt justeras med +/- 10 kg och tvättmaskinens vikt med +/- 15 kg.

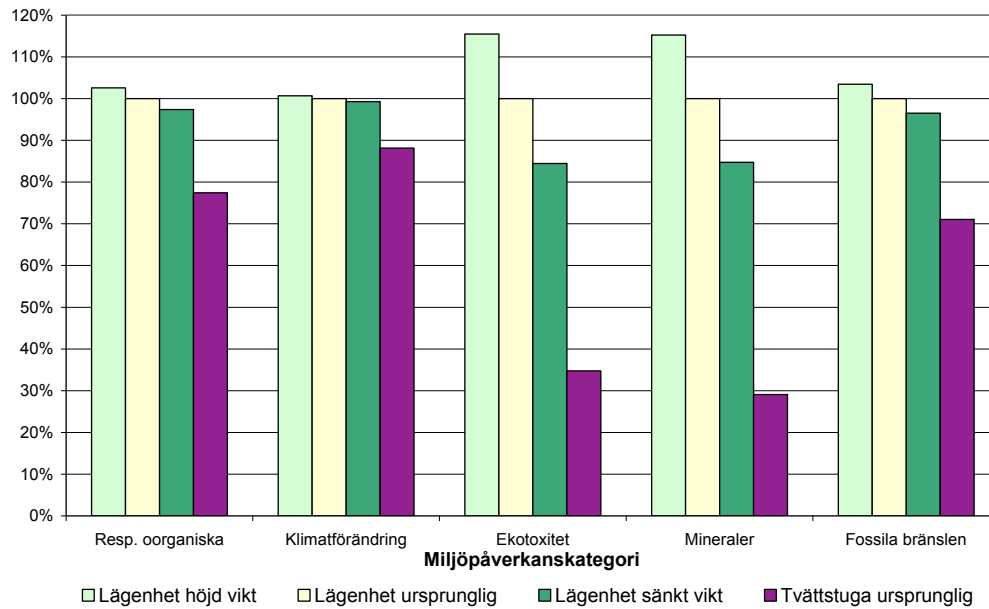


Diagram 13: Justerad enhetsvikt

Från Diagram 13 ses resultatet från en justerad enhetsvikt av konsumentmaskinerna. De två kategorier som påverkas mest av en förändring är den för mineraler och ekotoxitet, då mängden material som behövs framställas blir mindre.

Förändring av återvinningsgrad

Återvinningsgraden för materialet, säger hur mycket material som faktiskt återgår till nytt material i nya komponenter och produkter. Återvinningsgraden är en osäker faktor och bygger i det här fallet på antaganden och från olika källor. Genom att förändra återvinningsgraden med +/- 10 % testas analysens känslighet och vilken betydelse materialåtervinningen har för slutresultatet.

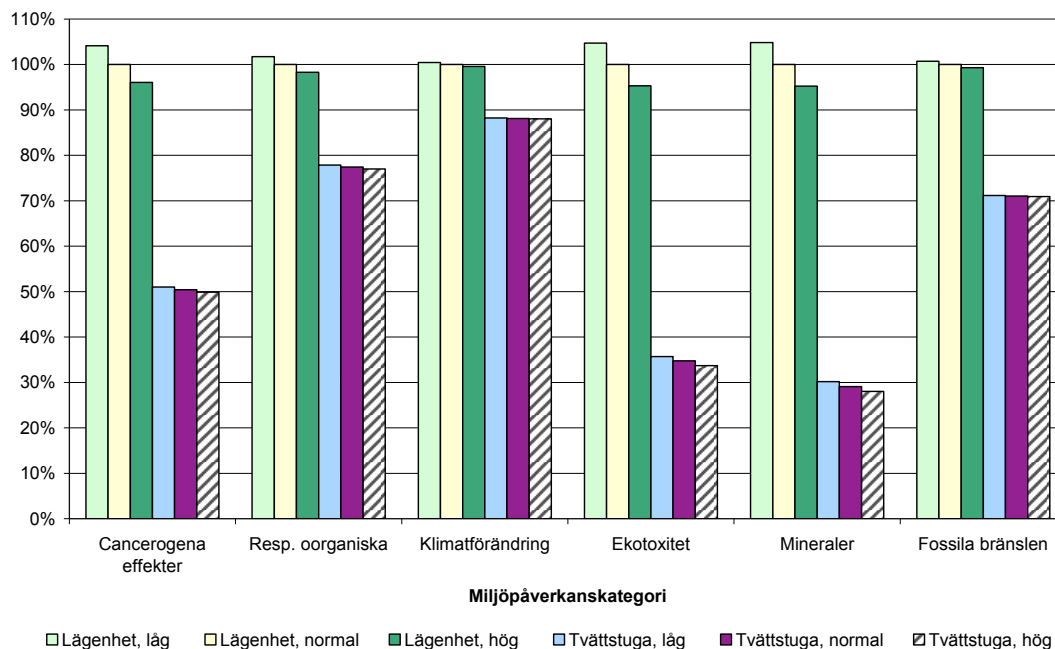


Diagram 14: Justering av återvinningsgraden för metaller och glas

Som kan ses av Diagram 14 så påverkar inte återvinningsgraden speciellt mycket i de flesta kategorierna. Avvikelsen ligger under 5 % av normalfallet för lägenheterna medan tvättstugans förhållande till lägenheternas normalfall inte berörs särskilt mycket. Man kan också, som väntat, se att de kategorier som påverkas mest är de som influeras av tillverkningen.

Bilaga B – Livscykelkostnadsanalys

Här behandlas FF2 där den ekonomiska potentialen för de två systemen undersöks. Den ekonomiska potentialen beräknas fram med hjälp av en livscykelkostnadsanalys, LCC.

Mål och omfattningsbeskrivning

Målet med livscykelkostnadsanalysen är att undersöka och jämföra den ekonomiska kostnaden för två system för tvättning och torkning av textilier.

Problemidentifiering

Den primära funktionen för de båda systemen är att förse ett hushåll med torr och ren tvätt under en viss tids period. För att jämföra systemen med varandra har problemet identifierats till att innefatta **kostnaden** för att tvätta samma mängd tvättgods som den **funktionella enheten** definierats till:

Den sammanlagda mängden tvättgods, 12 500 kg, som 25 hushåll tvättar under ett år.

Systembeskrivning

De två systemen som ska jämföras mot varandra har, liksom definierats tidigare, funktionen att förse 25 hushåll med ren och torr tvätt. I analysen har följande system och maskiner använts:

Den gemensamma tvättstugan - Maskinerna som ingår i den gemensamma tvättstugan har definierats för 25 lägenheter som antas vara utrustad med två tvättmaskiner av typen W465H och en torktumlare av typen T4190 (ELS 2, 2007).

Tvättstuga i varje lägenhet - Hushållen som tvättar i lägenheten antas vara utrustade med en tvättmaskin som åtminstone uppfyller energiklass A och anges ha en kapacitet på 6 kg samt en torktumlare som åtminstone uppfyller energiklass B och anges ha en kapacitet på 7 kg. Utvalda maskiner som använts för att representera hushållsmaskinerna presenteras i bilaga E.

Omfattning

Livscykelkostnadsanalysen fokuseras på tre stadier i produktens liv. Dessa tre stadier representerar de kostnader som omfattas av produkternas funktionsperiod och inkluderar:

- Inköpskostnader av tvätt- och torkenheter; Innefattar kostnaderna för inköp och installation av maskinerna i lägenheten eller i tvättstugan.
- Användning av tvätt- och torkenheter under kalkyleringsperioden; Det vill säga alla driftskostnader, el- och vattenförbrukning.
- Med användningen kommer även kostnader för service och reparation av enheterna.
- Resthanteringskostnader som kan uppstå när maskinerna är uttjänta och behöver tas ur bruk.

Avgränsningar av omfattningsområdet

- Analysen i sig tar inte hänsyn till lokalen maskinerna står i, varken nybyggnads- eller renoveringskostnader.

- Kostnaden för tvättmedel tas inte med heller, men effekterna av dessa kostnader undersöks i bilaga D.

LCC modell och ekonomisk modell - Här nedan visas den LCC modell som har använts i beräkningarna med de huvudkostnader som anses vara relevanta för undersökningen.

$$LCC = C_G + C_D + C_U + C_R ! R$$

Ekvation 6: LCC modell

De huvudkostnader som tagits med i beräkningen är grundinvesteringen, driftkostnader, underhållskostnader samt kostnader för resthantering. Utöver LCC modellen har även den ekonomiska modellen definierats till annuitetsmodellen.

Ekonomiska förutsättningar

Beräkningen av livscykelkostnaden kommer att utföras enligt annuitetsmetoden. Det innebär att engångskostnader, som t.ex. inköp behöver fördelas upp i annuiteter över kalkyleringsperioden. De undersökta systemen har två skilda livslängder vilket leder till att olika annuitetsfaktorer behöver användas för vardera av fallen. I och med de olika livslängderna är det också intressant att ta med inflationen i ekvationen. Inflationen påverkar kalkylräntan som ger en realränta.

Inflation – Inflationen är satt till 2 %, vilket är riksbankens inflationsmål (riksbanken, 2010).

Kalkylränta – Kalkylräntan är definierad till 6 %, som kan anses normalt för bostadsbolag (VVS företagen, 2009).

Kalkylperiod – Kalkyleringsperioden är definierad till 10 år vilket dels är den längsta period som ELS tecknar servicekontrakt men även ligger den närmre den livslängd hos hushållsmaskinerna som Bertoldi et al. (2006) presenterar.

Livslängd – Produkternas livslängd skiljer sig i vissa fall ifrån den satta kalkyleringsperioden. För att läsa mer om produkternas livslängd se inventeringsanalysen i bilaga A.

Inventering - Livscykelkostnadsanalys

Livscykelkostnadsanalysen bygger på samma förbrukningsdata som presenteras för LCA-studien i bilaga A. Utöver dessa har även kostnader behövt definierats som anknyter till de tre stadierna inköp, drift och resthantering.

Förbrukningsdata

Här sammanfattas förbrukningsdata för LCC-studien. För en mer detaljerad information om hur dessa data har samlats in se inventeringsanalysen i bilaga A.

Tabell 26: Förbrukningsvärden från inventering

	Tvättstuga	Lägenhet
Total energiförbrukning [kWh]	9,45E+03	9,82E+03
Total vattenförbrukning [liter]	1,37E+05	2,12E+05

Kostnader

Under rubriken presenteras kostnader för inköp, service och reparation, samt priserna för de årligen återkommande förbrukningskostnaderna.

Inköp och installationskostnader - Priset för fastighetsmaskinerna, W465H och T4190, är 30 513 kr respektive 21 533 kr exkl. moms (Sundqvist, muntligen 2010)²¹.

För lägenheten är priserna på maskinerna svårare att fastställa då det kan variera kraftigt mellan modell och tillverkare, från 3 000 kr till 15 000 kr. Den prisnivå som har antagits är 11 000 kr/maskin inkl. moms, 8 800 kr exkl. moms. Prisnivån har satts utifrån marknadspriser²², hösten 2010.

För installation av enheterna har en kostnad på 400 kr/ enhet exkl. moms antagits.

Driftskostnader – Driftskostnaderna är energikostnader samt kostnader för vattenförbrukningen. Kostnaden för tvättmedel skulle kunna tas med men då tvättmedelskonsumtionen kan anses lika för både tvättstugan som vid tvättning i lägenheten bortses den ifrån.

Priset för el är för smidighetsskull satt till 1 kr/kWh.

Vattenkostnaden är satt efter priserna för Linköpings kommun vilka är 10,24 kr/m³ exkl. moms. I priset ingår kostnaden för både vatten och spillvatten (Tekniska Verken1, 2008-2010).

Underhåll av fastighetsmaskiner – Underhållskostnader och eventuella kostnader för en reparation är svåra att i förväg fastställa då man aldrig kan veta hur länge maskinen kommer att fungera problemfritt.

Den enskilt största orsaken till att en fastighetsmaskin går sönder är på grund av vårdslöst handhavande med maskinerna (Skarin, muntligen 2010).

För fastighetsmaskinerna går det att sluta serviceavtal s.k. servicepaket där underhåll och kontroll sker på maskinen årligen. Dessutom ingår arbets- och materialkostnader samt akutservice om maskinen skulle gå sönder. Servicepaketet från ELS kan slutas för 5, 8 eller 10 år och kostar enligt följande tabell:

Kostnaden för ELS servicepaket är följande:

Tabell 27: Serviceavtal, Källa: Linnér, muntligen 2010

Serviceavtalskostnad [kr/enhet]	5 år	8 år	10 år
W465H	7 297	13 452	19 608
T4190	5 951	10 391	14 830

Vid beräkning har serviceavtalet för 10 år antagits.

²¹ Prisuppgifterna är avrundade från kostnaden exkl. moms med en tillsatt moms på 25 %.

²² Egen undersökning av marknadspriser på tvättmaskiner och torktumlare, hösten 2010

Reparation av hushållsmaskiner - Hushållsmaskinerna som har en relativt liten inköpskostnad har antagits behövs repareras för en kostnad på 30 % av inköpskostnaden under sin livslängd. Men då hushållsmaskinernas livslängd inte hinner uppnås under kalkyleringsperioden används hälften av summan för reparationer vilket motsvarar 1 320 kr exkl. moms. Kostnaden för reparationerna är angivna i dagens pengavärde och diskonteras därför inte tillbaka utan fördelas enbart i annuiteter.

Omhändertagning av uttjänade maskiner - Vid slutet av livstiden behöver maskinerna tas omhand. Den kostnaden för omhändertagningen som är medtagen är den för att få enheterna bortfraktade från fastigheten. Den antagna kostnaden är 250 kr inkl. moms per enhet (tekniska verken 2, 2010).

Restvärde - Beroende på kalkyleringsperiodens längd gentemot produktens livslängd återstår ett värde av maskinen. Eftersom fastighetsmaskinernas livslängd beräknades till ungefär den samma som kalkyleringsperioden antas inget restvärde finnas, även då maskinerna kan vara i gott skick. För hushållsmaskinerna blev den beräknade livslängden längre än kalkyleringsperioden samt att det återstår några år tills maskinernas praktiska livslängd uppnås. Därför uppskattas ett restvärde på ca 750 kr per maskin.

Beräkningar

Här beräknas huvudkostnaderna som ingår i LCC modellen. Två faktorer har behövts vid beräkningarna av livscykelkostnaden; annuitetsfaktorer och nuvärdesfaktorer. Ekvationerna som använts för beräkning av ränta, nuvärdesfaktor samt annuitetsfaktor presenteras under teorikapitlet i rapporten.

Kalkyleringsperioden är definierad till 10 år. Annuitetsfaktorer för 10 år blir då:

$$a_{\text{annuitetsfaktor},10} = 1,23\text{E-}01$$

Nuvärdesfaktorerna för 10 blir då:

$$N_{\text{nuvärdesfaktor},10} = 6,81\text{E-}01$$

Då livslängden på maskinerna skiljer sig åt kommer hänsyn tas till inflation via en realränta. Realräntan baseras på kalkylräntan och den definierade inflationen, resultatet blir:

$$r_{\text{real}} = 3,9 \%$$

C_G – Grundinvesteringen

Grundinvesteringskostnaden innefattar inköpskostnaden för tvättmaskin och torktumlare. Ett eventuellt restvärde som produkterna kan ha vid kalkyleringsperiodens slut har bortsetts ifrån. Beräkningarna för grundinvesteringen ses i Ekvation 7.

$$C_G = ((C_{\text{tvätt}} + C_{\text{installation}} - R_{\text{tvätt}} \cdot N_{\text{nuvärdesf.}}) \cdot n_{\text{tvättmaskin}} + (C_{\text{tork}} + C_{\text{installation}} - R_{\text{tork}} \cdot N_{\text{nuvärdesf.}}) \cdot n_{\text{torkmaskin}}) \cdot a_{\text{annuitetsf.}}$$

Ekvation 7: grundinvesteringskostnad

C_D – Driftkostnader

För driftskostnader tas kostnaden för energiförbrukning samt vattenförbrukning och omhändertagning av spillvatten in i analysen. Då kostnaderna är en årligt återkommande kostnad behöver ingen diskontering göras.

$$C_{Drift} = E_{Pris} \cdot E_{Förbrukning, maskin} + V_{Pris} \cdot V_{Förbrukning, år}$$

Ekvation 8: Driftskostnad

C_U – Underhåll och reparationskostnader

I Ekvation 9 och Ekvation 10 beskrivs hur underhållskostnaderna beräknats för de två fallen.

$$C_{U, tvättstuga} = C_{Servikostnad, maskin} \cdot n_{enheter} \cdot a_{annuitetsfaktor}$$

Ekvation 9: Underhållskostnad, tvättstuga

$$C_{U, lägenhet} = (C_{Reparationskostnad} \cdot n_{enheter}) \cdot a_{annuitetsfaktor}$$

Ekvation 10: Underhållskostnad, lägenhet

C_R – Resthanteringskostnader, och kostnad för återvinning

Till resthantering räknas kostnaden för att transportera bort maskinerna till en demonteringsanläggning där de uttjänta maskinerna kan tas omhand om. Då kostnaden sker efter vid slutet av livscykeln måste den först diskonteras tillbaka och sedan läggas ut över varje år.

$$C_{Resthantering} = C_{Hämtning} \cdot n_{enheter} \cdot N_{nuvärdesfaktor} \cdot a_{annuitetsfaktor}$$

Ekvation 11: Resthanteringskostnad

Resultat

Här beskrivs resultatet av livscykelkostnadsanalysen som utförts för att besvara FF2.

Efter att ha beräknat alla huvudkostnader summeras de ihop för att ta fram den totala årliga livscykelkostnaden. Dessa presenteras här i Tabell 28.

Tabell 28: Summering av huvudkostnader

Summering av huvudkostnader		
	Tvättstuga	Lägenhet
CG	10 300 kr	52 300 kr
CD	10 800 kr	12 000 kr
CU	8 300 kr	8 100 kr
CR	50 kr	800 kr
Summa LCC	29 450 kr	73 200 kr

I Diagram 15 ses sedan den slutliga totalkostnaden för de båda undersökta systemen.

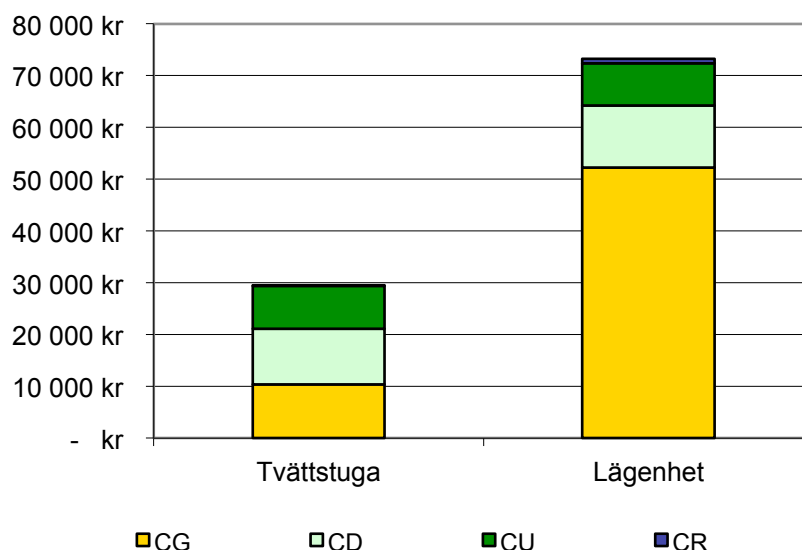


Diagram 15: Resultat LCC

Livscykelkostnadsanalysen visar att tvättstugan har den lägre totalkostnaden utav de båda systemen och därmed även den största ekonomiska potentialen. Kostnaderna för tvättstugan är enbart ca 45 % av kostnaden för att utrusta de 25 lägenheterna. Den stora skillnaden mellan systemen ligger i grundinvesteringarna som för tvättstugan är lite mindre än 5 gånger så liten som för lägenheterna. Men även underhållskostnaderna är något högre för lägenheterna. Delar man respektive resultat med andelen tvätt som från början bearbetades (500 kg per hushåll) får man kostnaden att tvätta ett kilo tvätt. För tvättstugan blir den ca 2,4 kr/kg tvätt, och för lägenheten ca 5,9 kr/kg tvätt.

Känslighetsanalys - LCC

Resultatet ovan är en följd av flera olika indata som på olika sätt bidrar till slutsumman. För att säkerhetsställa resultatet bör därför dessa indata prövas för att se om justeringar i dem kan leda till variationer i slutresultatet. För att testa känsligheten i systemet justerades följande indata:

- Inköpspriset för hushållsmaskinerna: Då grundinvesteringskostnaderna var den största posten hos konsumentmaskinerna. Genom att sänka dessa kostnader kommer skillnaden mellan fallen att minska.
- Kalkylräntan: Kalkylräntan för produkterna styr hur mycket de framtida kostnaderna bidrar med. Genom att justera kalkylräntan kan skillnaden för fallen minska då restvärdet för produkterna ökar.
- Ökade driftkostnader: Genom att undersöka resultatets känslighet vad gäller driftkostnaderna undersöks vad som händer med totalkostnaden då energipris och vattenkostnader ökar.

Inköpspris

Grundinvesteringen var för hushållsmaskinerna den enskilt största kostnaden. Genom att sänka den, kan man testa hur förhållandena mellan tvättstugan och lägenheterna blir med billigare hushållsmaskiner. I analysen görs endast justeringar för inköpspriset på hushållsmaskinerna, vad

detta innebär för maskinernas prestanda eller om man för det lägre priset får en maskin som uppfyller de krav som ställts på funktionaliteten tas inte hänsyn till. För att testa inköpsprisets inverkan på slutkostnaden ändras kostnaden för maskinerna till 9 000 kr och 7 000 kr, inkl. moms. Resultatet är dock beräknat exklusive moms.

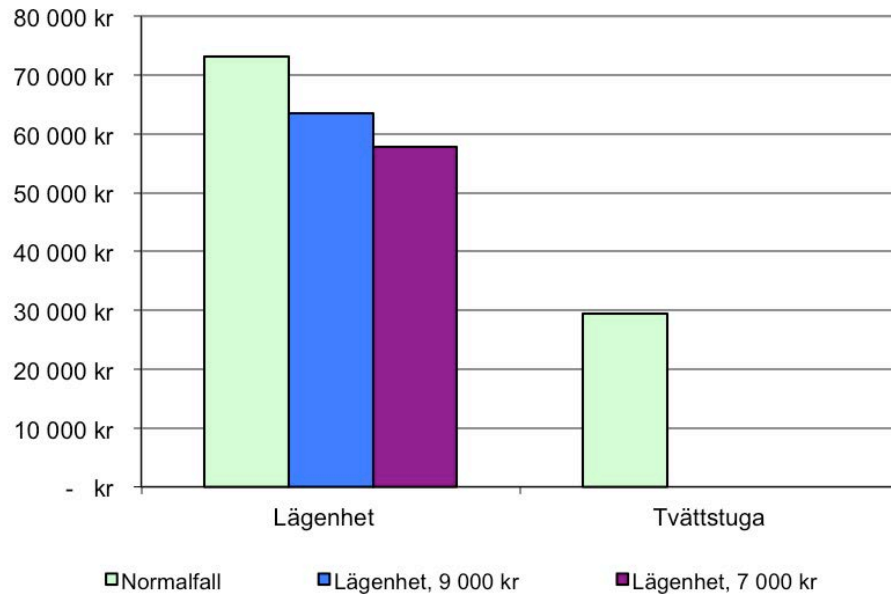


Diagram 16: Resultat, justering av grundinvestering(lägenhet)

Diagram 16 visar att en justering i grundinvesteringen har en relativt stor inverkan på slutresultatet. Dock kommer kostnaden för lägenheterna aldrig ner till den årliga kostnad som tvättstugan har.

Kalkylränta

Genom att justera kalkylräntan, och med den också realräntan, testar man resultatets känslighet för en höjd eller sänkt ränta. I analysen har räknats på vad som sker när kalkylräntan halveras och dubblas, resultatet visas i Diagram 17.

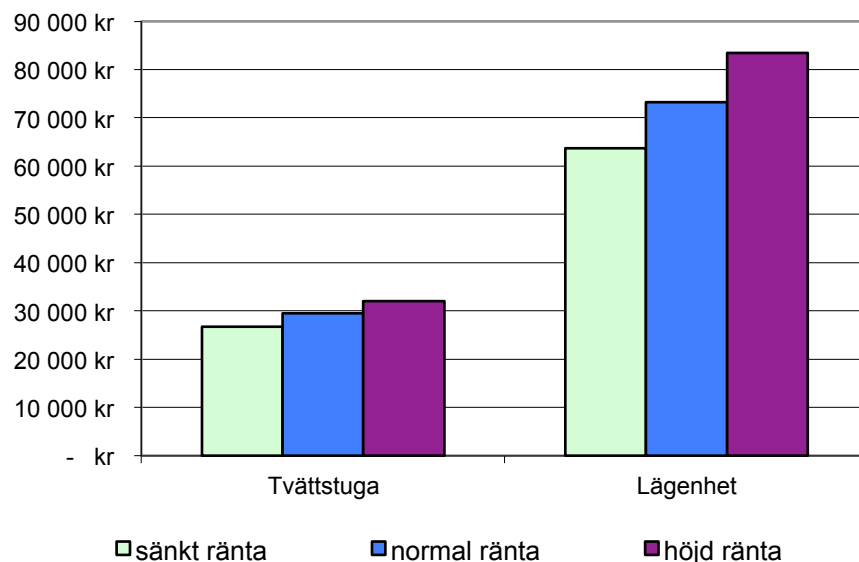


Diagram 17: Resultat, justering av kalkylräntan

Resultatet visar att tvättstugan påverkas relativt lite av vare sig den höjda eller sänkta räntan, en differens på ca 5 000 kr mellan lägsta och högsta fall kan uttydas ur figuren. Livscykelkostnaden för lägenheterna är desto mer känslig, annuitetskostanden höjs och sänks med ca 10 000 kr i jämförelse med normalfallet. Skillnaden mellan de två fallen minskar naturligtvis med en lägre ränta, men den förblir fortfarande stor.

Ökande driftskostnader

Kostnaden för energi och vatten är faktorer som förändrar sig med tiden. För att testa resultatets känslighet emot en ökning av dessa faktorer kommer följande antagande att göras. Fyra jämförelser kommer att göras för varje system. De två första är en ökning av el-priset med 25 respektive 50 %, därefter en ökning av vattenkostnaderna med 50 respektive 75 %.

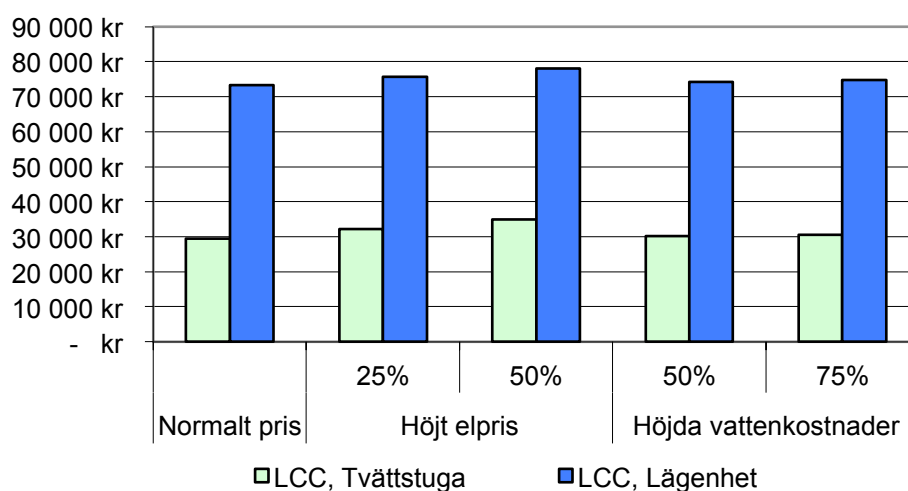


Diagram 18: Resultat, justering av driftskostnader

Från Diagram 18 kan man se hur en förändring i driftskostnaderna påverkar totalkostnaden för tvättstugan och lägenheterna. Ökningen av kostnaden sker för båda fallen, men något mer för lägenheterna. Dock så påverkar det ökade priset nämnvärt skillnaden mellan de två alternativen. Det är främst priset på el som påverkar den slutliga totalkostnaden något, en ökning av vattenkostnaderna har en obetydlig påverkan på densamma.

Bilaga C – Enkätundersökning

Till arbetet har en enkätundersökning gjorts för att utröna ifall det finns några tendenser till skillnader mellan hushållens tvättbeteende utifrån var man tvättar sin tvätt. De två alternativen, som tidigare ställts upp, är tvätt i fastighetens tvättstuga eller att varje hushåll tvättar i den egna lägenheten.

En skillnad i tvättbeteende kan förekomma av olika orsaker. Två av dem är ekonomi och behändighet.

Med ekonomi menas att vid tvättande i lägenheten eller den gemensamma tvättstugan så påverkas hushållets ekonomi på olika sätt. En hyresgäst med egen tvättmaskin märker direkt följderna med användandet av maskinen medan hyresgästen som använder sig av tvättstugan endast indirekt påverkas ekonomiskt av användningen i hyran. Den förstnämnde kan därmed själv styra kostnaden med sitt tvättbeteende.

Med den andra faktorn menas behändigheten av att ha tillgång till maskinerna när helst de behövs. Detta kan medföra att det tvättas mer spontant och att tvättning snarare sker då kläderna behövs än då en viss mängd tvätt samlats ihop till ett tvättpass i tvättstugan.

En enkätundersökning byggdes därför upp så att det var möjligt att skilja fallen åt. Den delades sedan ut, dels i form av ett webbformulär men även i pappersform som delats ut och fyllts i direkt av person.

Enkäten är uppbyggd i tre huvuddelar. Inledningsvis har grundförutsättningar, som ålder och storleken på hushållet, tagits reda på. Därefter kommer undersökningen av tvättbeteendet som delas upp i två avsnitt. Den första undersöker hushåll som tvättar i lägenheten och den andra hushåll som tvättar i tvättstugan. Enkäten avslutas med att utreda hur väl man förstår sig på den maskin som man använder samt hur väl man följer doseringsanvisningar för tvättmedel. Enkäten kan ses i sin helhet i slutet av kapitlet.

Population och urval

Den tilltänkta populationen för undersökningen är hushåll boende i lägenhet som antingen tvättar i lägenheten eller i fastighetens gemensamma tvättstuga.

Tidigare erfarenheter

Undersökningar som tidigare gjorts på hushållens tvättbeteende har uppmärksammat problemet med att just beteendet beror på flera faktorer.

Lindén (2008) skriver att det finns en skillnad när det kommer till energibeteendet mellan de som bor i småhus och de som bor i flerbostadslägenheter inom området "hel och ren", där användandet av tvättmaskiner och torktumlare ingår. Det finns dock variabler som inte syns i det antagandet då de hushåll som bor i småhus ofta är fler och kan ha en högre inkomst. Följande parametrar presenteras som viktiga när det kommer till beteendet vid tvättning och torkning: Inkomst, boendeform, storleken på hushållet samt ålder (Lindén 2008).

Resultat

Av de hushåll som utfrågats har 58 hushåll angett att de tvättar sin tvätt i tvättstugan och 28 hushåll har angett att de tvättar i sin egen lägenhet, alternativt att en majoritet av tvättandet sker i

lägenheten. De som angett att de både tvättar i lägenheten och i tvättstugan anger att majoriteten av tvätten tvättas i de egna maskinerna medan större textilier som lakan och kuddar tvättas i tvättstugan.

Fördelningen av hur frekvent ett hushåll tvättar på en vecka visas med hjälp av värdena för övre och undre kvartil samt medianen. Siffrorna gäller för samtliga hushåll och åldrar och kan ses i Diagram 8.

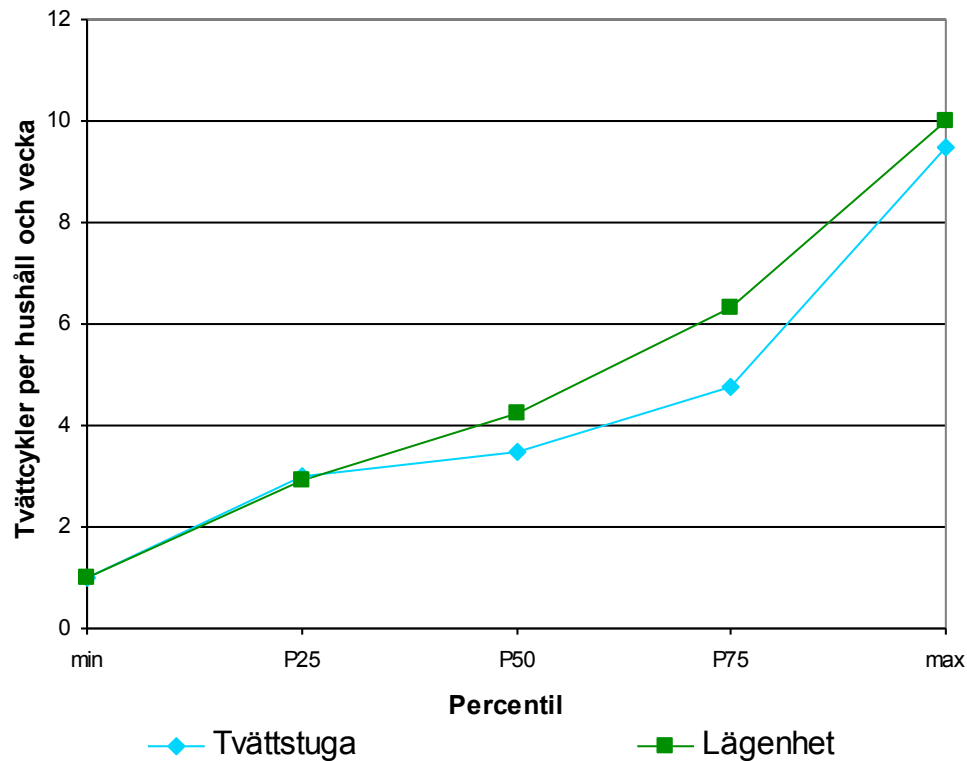


Diagram 8: Fördelning av tvättfrekvens

Värdena för figuren presenteras i Tabell 29.

Tabell 29: Fördelning av tvättcykler per vecka

	Min värde	Undre kvartil	Median	Övre kvartil	Max värde
Tvättstuga	1	3,0	3,5	4,8	9,5
Lägenhet	1	2,9	4,3	6,3	10

Tidpunkten för när tvätt sker ser olika ut för det två fallen. Här presenteras hur ofta de olika hushållen använder sig av tvättmaskinen eller torktumlaren.

Tabell 30: Tidpunkt för användning av maskinerna

	Tvättstuga		Lägenhet	
5-7 dagar/ vecka	-	-	7 %	2
2-4 dagar/ vecka	-	-	57 %	16
2 gånger/ vecka	5 %	3	-	-
en gång i veckan	46 %	27	29 %	8
en gång varannan vecka	40 %	23	7 %	2
en gång varje månad	7 %	4	0 %	0
en gång varannan månad	2 %	1	-	-
Totalt	100 %	58	100 %	28

Värdena som presenteras i tabellen ovan kan även ses i procentuell fördelning här nedan.

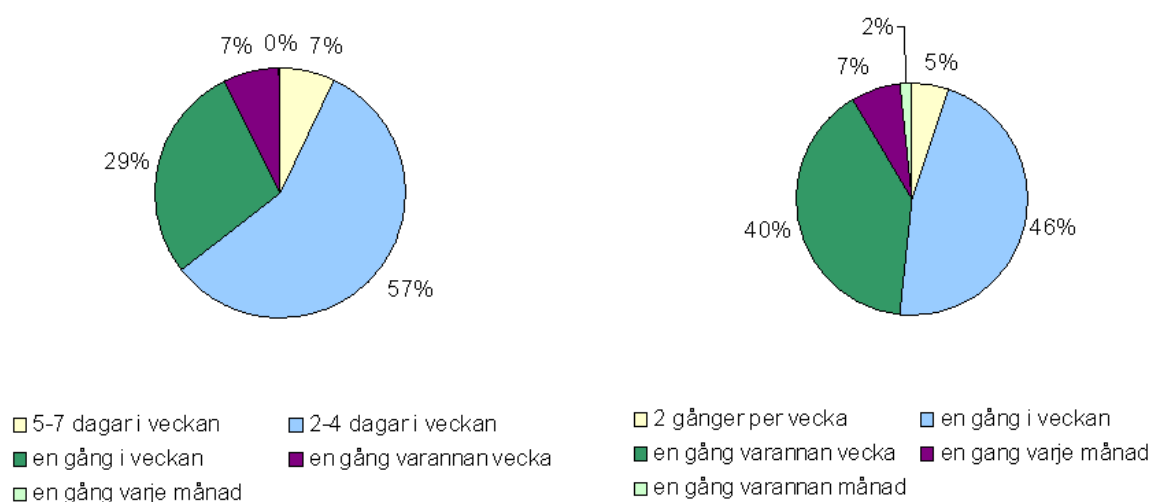


Diagram 9: Fördelning, tvättillfälle, th: Lägenhet, tv: Tvättstuga

Ytterligare undersöktes hur pass väl användaren ansåg att de i normala fall fyller sina maskiner. Här nedan presenteras fördelningen hur hushållen ansåg sig fylla maskinerna. För tvätt i lägenheten var det flera fall där hushållet inte hade egen torktumlare och därmed inte kunde svara på frågan.

Tabell 31: Uppskattning av fyllnadsgrad

	Till 100 %	Till 75 %	Till 60 %	Till 50 %	Till 30 %	-	Summa
Tvättmaskin, tvättstuga	25	20	9	3	0	1	58
	43 %	34 %	16 %	5 %	0 %	2 %	100 %
Tvättmaskin, lägenhet	10	14	3	1	0	0	28
	36 %	50 %	11 %	3 %	0 %	0 %	100 %
Torktumlare, tvättstuga	21	16	4	5	4	8	58
	36 %	27 %	7 %	9 %	7 %	14 %	100 %
Torktumlare, lägenhet	2	7	5	1	1	12	28
	7 %	25 %	18 %	3,5 %	3,5 %	43 %	100 %

I de fallen man inte använder sig av torktumlaren för att torka sina kläder, måste man använda sig av ett alternativt torkningssätt.

Tabell 32: Alternativ torkning

	Torkrum	Torkskåp	Våtrum i lägenheten	Annan del av lägenheten	-	Totalt
Tvättstuga	24	18	4	7	5	58
	41 %	31 %	7 %	12 %	9 %	100 %
Lägenhet	-	-	18	10	-	28
	-	-	64 %	36 %		100 %

De sista tre frågorna i enkäten undersökte användarens förhållande till maskinerna samt till dosering av tvättmedel. Svarspersonen fick besvara frågorna utifrån en skala 1 - 4 där 1 stod för, stämmer helt och hållet, och 4 stod för, stämmer inte alls.

Tabell 33: Fördelning av åsikter om förståelse och dosering

	1	2	3	4	Ingen åsikt	totalt
Förståelse för tvättmaskinen	47	21	9	6	3	86
	55 %	25 %	10 %	7 %	3 %	100 %
Förståelse för torktumlare	41	11	10	5	19	86
	47 %	13 %	12 %	6 %	22 %	100 %
Doserar tvättmedel efter anvisningarna	31	20	15	17	3	86
	36 %	23 %	17 %	20 %	4 %	100 %

Analysering av resultatet

Här summeras en analys av resultatet. Inledningsvis diskuteras frågan om skillnaden, i antalet tvättade cykler per hushåll och vecka, mellan fallen.

Tvättfrekvens

Från Diagram 8 kan man urskilja fördelningen av svarsresultatet från enkäten. Här kan ses att hushållen med tvättstuga har en lägre tvättfrekvens per vecka mellan den övre och undre kvartilen. Det tyder då på att hushållen som tvättar i lägenheten tenderar att tvätta något fler tvättcykler per vecka.

Hur ofta man tvättar beror dock på många faktorer som betonades i avsnittet *Tidigare erfarenheter*. Här utgås från att titta på hushållens storlek, dvs. personer i hushållen. Men även familjesituation, ålder och inkomst spelar roll. För att kunna säga mer om vilka faktiska skillnader som finns krävs en utförlig undersökning där populationen bör delas upp i urvalsgrupper om hushållsstorlek.

Tidpunkt för tvätt

Hur ofta i veckan man tvättar, dvs. hur många dagar i veckan som man använder sig någon av maskinerna, skiljer sig åt mellan lägenhetstvättandet och tvättande i tvättstuga. Av hushållen för tvätt i lägenhet svarade 18 av 28 att de tvättar 2 gånger per vecka eller oftare. För de som använder sig av tvättstugan tvättar oftast endast en gång varje eller varannan vecka (50 av 58).

Skillnaden kan härledas till att hushållsmaskinerna behöver väsentligt mer tid på sig att bli färdiga. I tvättstugan måste man även samsas om tider med övriga hushåll och har ofta inte möjligheten att tvätta frekventare. Behovet av tid är också mindre i tvättstugan då maskinerna i regel är större, snabbare och fler. Här är det istället torkningen som är tidskrävande, men det gäller även för tvätt i lägenheten.

Fyllnadsgrad och tvättmängd

Nästan alla hushåll, både de med egen maskin som de i tvättstugan, uppskattar att de i normala fall fyller tvättmaskinen åtminstone till 75 % av den maximala kapaciteten. Skillnaden mellan de två fallen är dock de med egna maskiner uppger att de inte fyller maskinerna till 100 % lika ofta som de fyller den till 75 % av kapaciteten.

Praktiska långtidsmätningar visar dock att snittlasten vid tvätt är ca 2,5- 3,2 kg (Jonasson, B-L). Med den snittlasten fås enbart en belastning på, i runda tal, ca 40- 50 %, då en maskin klarar 6 kg.

Gör man ett försök att uppskatta den tvättmängd som fås vid den antagna belastningsgraden samt den antagna kapaciteten på tvättmaskinen fås först och främst ett aritmetiskt medelvärde på 80 % för fyllnadsgraden. Det resulterar dock i en väldigt hög årlig tvättmängd (ca 950 kg per hushåll). Utgår man dock ifrån den fyllnadsgrad som används i LCA-studien, ca 40 %²³, får man en årlig tvättmängd på ca 500 kg per hushåll, vilket också är den tvättmängd som antogs i LCA-studien.

Den höga fyllnadsgraden som beräknades från enkätundersökningens svar beror troligtvis på att mängden tvätt som en maskin fylls med är svår att uppskatta. Ytterligare så frågas endast hur även användaren normalt sett anser sig fylla maskinen. Varje tvättcykel fylls troligtvis inte med samma mängd tvätt.

Alternativ torkning

Utöver torktumlaren använder sig hyresgästen av diverse lösningar för att torka tvätten. Svaren från enkäten visar att drygt 42 av 58 hushåll i tvättstugan använder sig av torkrum eller torkskåp som alternativ eller supplement till torktumlaren, medan 11 hushåll anger att de tar med tvätten upp i lägenheten för att torka. För hushållen med egen utrustning torkas tvätten främst utanför våtrummet, 18 av 28 hushåll, resterande hushåll uppger dock att de använder våtrummet.

Vane frågor

Majoriteten av alla svarande anser att de förstår sig på maskinerna de använder bra. Hela 46 av 88 hushåll, samt 41 av 88, anser att de vet hur de ska använda maskinen mycket bra. För torktumlaren var det 20 stycken som inte hade någon åsikt då de inte använder sig av torktumlare.

När det kommer till doseringen av tvättmedel anger 32 av 88 att de inte följer doseringsanvisningarna så noga.

Betydelse av skillnaden i tvättbeteende

Av det som kunde uttydas ur resultatet tenderar hushåll som tvättar i lägenheten att tvätta fler cykler per vecka. Tvättar de en cykel mer per vecka blir det ca 250 cykler per år och då en total tvättmängd på 625 kg. Utgår man från samma förhållanden som i LCA-studien fås då en torkmängd på 580 kg och ca 170 torkcykler.

En ny analys görs med dessa värden, resultatet kan ses här nedan.

²³ Vid en belastning på 2,5 kg

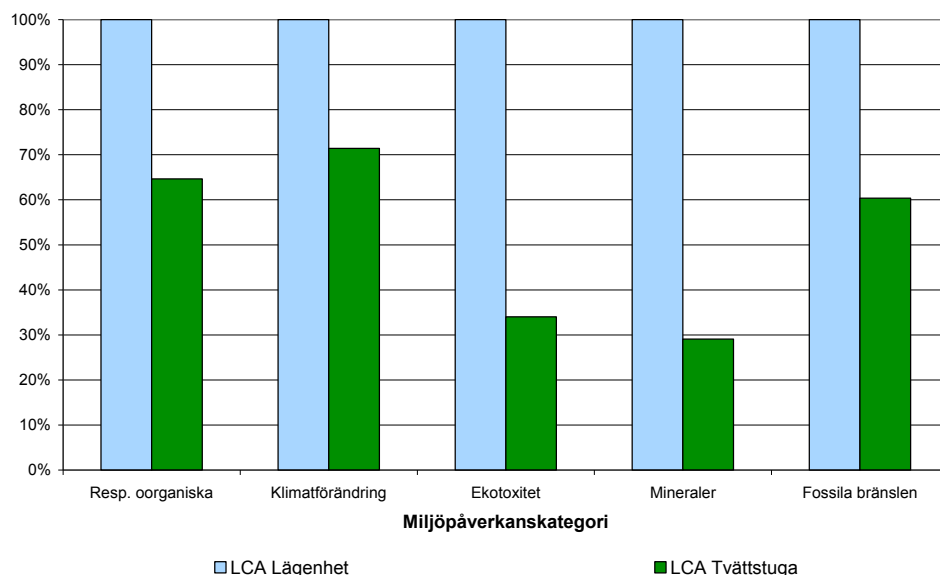


Diagram 3: Miljöpåverkan med olika tvättbeteende

Resultatet av analysen visar att skillnaden mellan hushållen i lägenheterna och tvättstugan ökar. Tvättstugan har nu för de tre miljöpåverkanskategorierna som påverkades mest av användningsfasen enbart mellan 60-70 % av den miljöpåverkan som hushållsmaskinerna har.

Utformning av enkäten

Här presenteras enkäten i dess helhet, så som den delats ut till hushållen.

Grundläggande frågor:

- Kön:
☐ Kvinna ☐ Man
- Ålder:
☐ 18-29 år ☐ 30- 49 år ☐ 50-64 år ☐ 65- år
- Hur många personer bor det i ditt hushåll?
☐ en person ☐ två personer ☐ tre personer ☐ fyra personer
☐ fem personer ☐ fler än fem personer
- Hur många barn bor i hushållet?
☐ ☐ ☐ ☐ ☐
- Var någonstans tvättar ditt hushåll?
☐ I den gemensamma tvättstugan ☐ I den egna lägenheten
☐ Både i tvättstugan och i lägenheten

Ifall du på fråga 5 svarade "i den gemensamma tvättstugan", hoppar du över till fråga 18.

- Vilken eller vilka av dessa maskiner har du i din lägenhet?
☐ Tvättmaskin ☐ Torktumlare

7. Hur stor del av din tvätt tvättar du i tvättstugan respektive lägenheten?
I tvättstugan
I lägenheten

Tvättvanor för lägenheten:

8. Hur ofta tvättar ditt hushåll?
☐ 5-7 dagar i veckan ☐ 2-4 dagar i veckan ☐ en gång varje vecka
☐ varannan vecka ☐ en gång i månaden ☐ mer sällan än en gång i månaden
9. Uppskatta hur många "maskiner" du under en **vecka** tvättar i 40°?
☐ ingen ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ fler än fem
10. Uppskatta hur många "maskiner" du under en **vecka** tvättar i 60°?
☐ ingen ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ fler än fem
11. Uppskatta hur många "maskiner" du under en **månad** tvättar i 90°?
☐ ingen ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ fler än fem
12. Uppskatta hur många "maskiner" du under en **månad** tvättar i temperaturer **under** 40°?
☐ ingen ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ fler än fem
13. Uppskatta hur många "maskiner" du torktumlar under en vecka?
☐ ingen ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ fler än fem
14. Var torkas den tvätt du inte torktumlar?
☐ våtrum i lägenheten ☐ annan del av lägenheten

☐ någon annanstans, utanför lägenheten, nämligen
15. Uppskatta din tvättmaskins kapacitet i antal kg tvätt
☐ 3 kg ☐ 4 kg ☐ 5 kg ☐ 6 kg ☐ 7 kg ☐ 8 kg
16. Uppskatta hur väl du normalt sätt fyller din tvättmaskin till dess maximala kapacitet?
☐ till 100% ☐ till 75% ☐ till 60% ☐ till 50% ☐ till 30%
17. Uppskatta hur väl du normalt sätt fyller din torktumlare till dess maximala kapacitet?
☐ till 100% ☐ till 75% ☐ till 60% ☐ till 50% ☐ till 30%

Ifall du enbart angav "tvätt i egen lägenhet" hoppar du över till fråga 27

Tvättvanor för tvättstugan:

18. Hur ofta tvättar ditt hushåll?
☐ oftare än 2 gånger i veckan ☐ 2 gånger i veckan ☐ en gång varje vecka
☐ varannan vecka ☐ en gång i månaden ☐ mer sällan än en gång i månaden

19. Uppskatta hur många "maskiner" du under en **vecka** tvättar i 40°?
☐ ingen ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ fler än fem
20. Uppskatta hur många "maskiner" du under en **vecka** tvättar i 60°?
☐ ingen ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ fler än fem
21. Uppskatta hur många "maskiner" du under en **månad** tvättar i 90°?
☐ ingen ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ fler än fem
22. Uppskatta hur många "maskiner" du under en **månad** tvättar i temperaturer **under** 40°?
☐ ingen ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ fler än fem
23. Uppskatta hur många "maskiner" du torktumlar under en vecka?
☐ ingen ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ fler än fem
24. Var torkas den tvätt du inte torktumlar?
☐ torkrum ☐ torkskåp ☐ våtrum i lägenheten ☐ annan del av lägenheten
25. Uppskatta hur väl du normalt sätt fyller din tvättmaskin till dess maximala kapacitet?
☐ till 100% ☐ till 75% ☐ till 60% ☐ till 50% ☐ till 30 %
26. Uppskatta hur väl du normalt sätt fyller din torktumlare till dess maximala kapacitet?
☐ till 100% ☐ till 75% ☐ till 60% ☐ till 50% ☐ till 30 %

Hur stämmer följande påståenden in på dig? (svara genom att kryssa i ett av alternativen mellan 1 - 4 där **1 står för, stämmer helt och hållet**, och **4 står för, stämmer inte alls**)

27. Jag känner mig säker på hur jag ska använda tvättmaskinen och alla dess program.
☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ Ingen åsikt
28. Jag känner mig säker på hur jag ska använda torktumlaren och alla dess program.
☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ Ingen åsikt
29. Jag följer alltid tvättmedelsdoseringen på förpackningen, för att undvika överdosering.
☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ Ingen åsikt

Tack för din medverkan!

Bilaga D – Alternativa metoder och maskiner

I den här bilagan presenteras det resultatet som ska besvara FF4, som beskrivs i rapporten.

Fokus för undersökningen har här varit att identifiera områden för tvättstugan där förbättringar kan sänka den totala miljöpåverkan.

Under arbetets gång har så två problemområden identifieras som är viktiga för den totala miljöpåverkan från fastighetstvättstugan, dessa är:

- Elenergiåtgången i användningsfasen för båda maskinerna är en central bidragande faktor till systemets miljöpåverkan. Förbättringspotentialen ligger här i att minska eller byta ut elenergin vid uppvärmning av vatten eller luft.
- Överdoserings av tvättmedel leder till onödiga utsläpp av kemikalier som kan leda till diverse problem för miljön.

För att sänka åtgången av el vid användning av maskinerna har en tvättmaskin och en torktumlare valts ut med en alternativ teknik för uppvärmning. De som undersöks ut har valts då de är "låg-energi" varianter från ELS som kan appliceras i fastighetstvättstugan idag. För tvättmaskinen har en modell som delvis använder sig av fjärrvärme vid uppvärmningen av tvättvattnet använts. För torktumslaren har en värmepumpstorktumlare valts.

Dessa två har sedan jämförts med motsvarande modell som användes i LCA-studien.

För att undvika överdosering kan ett automatiskt doseringssystem för tvättmedel användas till tvättmaskinen. Det här alternativet ökar på kostnaderna något för fastighetstvättstugan då nya komponenter installeras. Systemet ingriper också på användarens valfrihet av tvättmedel då ett bestämt tvättmedel används till alla tvättcykler. Då valfriheten inskränks är det intressant att se vilken förbättringspotential av miljöpåverkan som kan komma med detta system.

Fjärrvärmeuppvärmd tvättmaskin

Tvättstugor där tvättmaskinen utnyttjar fjärrvärmenätet som energikälla är en intressant lösning för att sänka förbrukningen av elektricitet. Dock är utbudet på hushållsmaskinsidan tunt och de maskiner som finns tillhör de dyraste på marknaden.

Två tekniker nämns av Wallentun et al (2004) vid utnyttjandet av fjärrvärme. Den första ansluter tvättmaskinen direkt till varmvattenledningen och med hjälp av en termostat kan den sedan styra vattentemperaturen. En begränsning som finns är dock att vid användandet av varmvattenledningen, går det bara att komma upp i runt 50°C på inflödande värme. Därefter används el vid uppvärmning. Det andra alternativet är ansluta tvättmaskinen till fjärrvärmecentralen och direkt ta del av den inkommande värmen. Det är däremot en mer komplex anslutning än den första vilket gör den kostsammare (Wallentun et al 2004).

Här fokuseras på de potentiella miljövinster som användandet av fjärrvärme i tvättstugan kan medföra. Den tvättmaskin som studeras är W465HLE, och är en fjärrvärmeanpassad variant av W465H. Uppgifterna för W465HLE har tagits del av A, Johansson (email 2010) och ELS 4, 2010.

Tabell 34: Förbrukningsvärden för W465H och W465HLE

	W465H	W465HLE
Fullt belastad 60°C	1,05 kWh	0,45 kWh + 10 l
Genomsnittligt belastad 60°C	0,72 kWh	0,35 kWh + 6 l
Fullt belastad 40°C	0,8 kWh	0,2 kWh + 10 l
Genomsnittligt belastad 40°C	0,56 kWh	0,2 kWh + 6 l

För att beräkna hur många kWh fjärrvärme som behövs har Ekvation 12 använts för att transformera andelen liter fjärrvärme till kWh.

$$\frac{Fj\ddot{a}rrv\ddot{a}rme_{liter} \cdot 4,19 \cdot (\Delta T)}{3600} = Fj\ddot{a}rrv\ddot{a}rme_{kWh}$$

Ekvation 12: Omvandling från liter fjärrvärme till kWh

Där ΔT är skillnaden mellan inflödes- och utflödestemperatur av fjärrvärmen i växlaren som definierats till 65 och 15 grader. Talet 4,19 är värmekapaciteten för vatten.

Beräkningarna för W465HLE och W465H har jämförts efter samma förutsättningar. Tvättfrekvens är antagen till 200 cykler och maskinerna anses vara fyllda till hälften av dess kapacitet, nämligen 3,25 kg, då mätningar normalt inte görs lägre (Johansson, email 2010). Det motsvarar en något högre tvättmängd än den som tidigare antogs, nämligen 650 kg. Utöver det har samma förhållande mellan tvättprogrammen antagits, 50/50.

Tabell 35: Uppställning, Energijämförelse mellan W465HLE och W465H

Energiberäkning för tvättmaskiner		
	W465HLE	W465H
Belastning [kg]	3,25	3,25
Antal beräknade cykler	200	
Total el-energiåtgång ²⁴ [kWh]	1 170	2 650
Fjärrvärmeåtgång [kWh]	1 980	-

Med dessa värden har sedan de två maskinerna jämförts med varandra i SimaPro utifrån samma metod som livscykelanalysen. Dock har endast påverkningen från användningsfasen undersökts då maskinerna i övrigt är lika.

²⁴ Gäller för två enheter som delar på hushållens tvättbehov i en tvättstuga

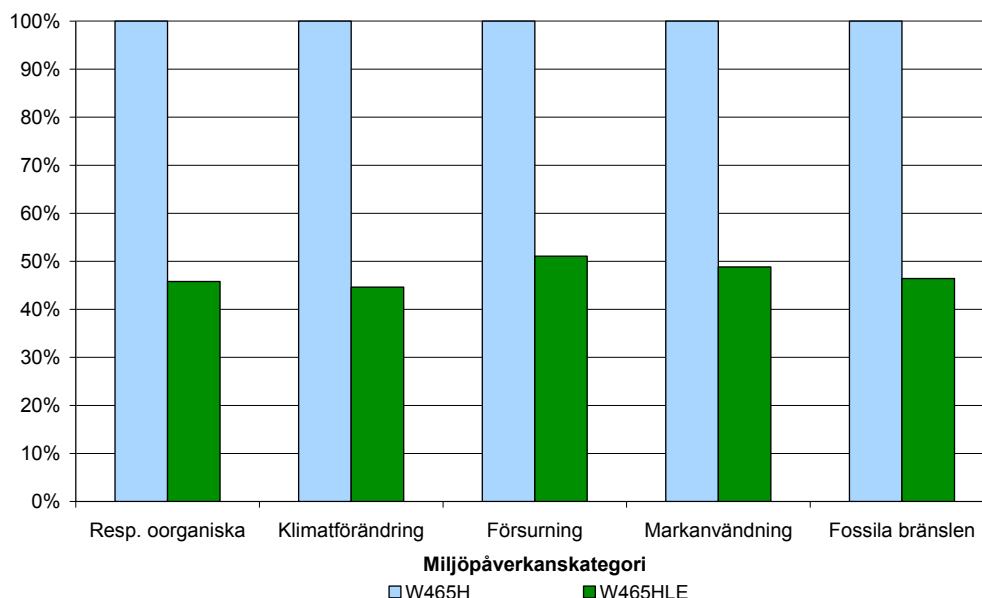


Diagram 19: Resultat, Jämförelse mellan W465HLE och W465H

Resultatet i Diagram 19 visar att det finns möjligheter att reducera tvättmaskinens miljöpåverkan från användningsfasen. I och med att elenergi byts ut mot fjärrvärme kan viktiga miljöpåverkanskategorier som resp. oorganiska, klimatförändring och fossila bränslen reduceras till ca 45 % av W465H miljöpåverkan.

Torktumlare med värmepump

För att undersöka de miljövinster ersättandet av absorptionstorktumlaren med en värmepumpstorktumlare kan bidra med T4300LE valts ut för att jämföra med T4190. T4300LE är även den från ELS och data som presenteras för den kan läsas i (ELS 6, 2010). Den värmepumpsdrivna torktumlarens energiförbrukning påverkas av maskinens utgångstemperatur, då en maskin som körs för andra gången inte behöver tillföra den värmeenergi som redan finns i maskinen från föregående cykel. Därför har antagits att när man torktumlar används maskinen två gånger, därmed fördelningen 50/50.

Tabell 36: Torktumlare med värmepump, T4300LE

Torktumlare med värmepump		
	T4300LE (kall)	T4300LE(varm)
Trumvolym	300	
Kapacitet	13,6	
Vikt	120+150 kg	
Energiförbrukning [kWh]		
1:22	3,01	2,76
1:30	2,24	2,01
1:50	1,54	1,36
Tork tid	38	31
Fördelning	50 %	50 %

Då den utvalda värmepumpstumlaren har större kapacitet än T4190 så används värdena för belastningen 1:50.

Från LCA-studien visade det sig att användningsfasen har en stor inverkan på den totala miljöpåverkan. En reducering av energiförbrukningen är därmed önskvärd för att sänka hela systemets miljöpåverkan. Maskinerna antas köra 135 cykler med en belastning på 5 kg, vilket är mindre än hälften av värmepumpstumlarens maximala kapacitet.

Tabell 37: Uppställning, jämförelse T4300LE och T4190

Energiberäkning för torktumlare		
	T4300LE	T4190
Cykler	135	
Andel tvätt [kg]	5	
Total energiåtgång [kWh]	196	336

De beräknade värden visar en tydlig förminskning av energiförbrukningen hos T4300LE, vars förbrukning enbart är ca 60 % av standard torktumlarens. Med den minskade energiförbrukningen följer också reducering av de miljöpåverkande effekterna. Nedan visas miljöpåverkan för tillverkning och användning, men utan resthantering, för torktumlarna. Resthanteringen har inte tagits med då T4300LE innehåller andra detaljer som t.ex. kylmediumet i värmepumpen som måste tas hand om vid resthantering.

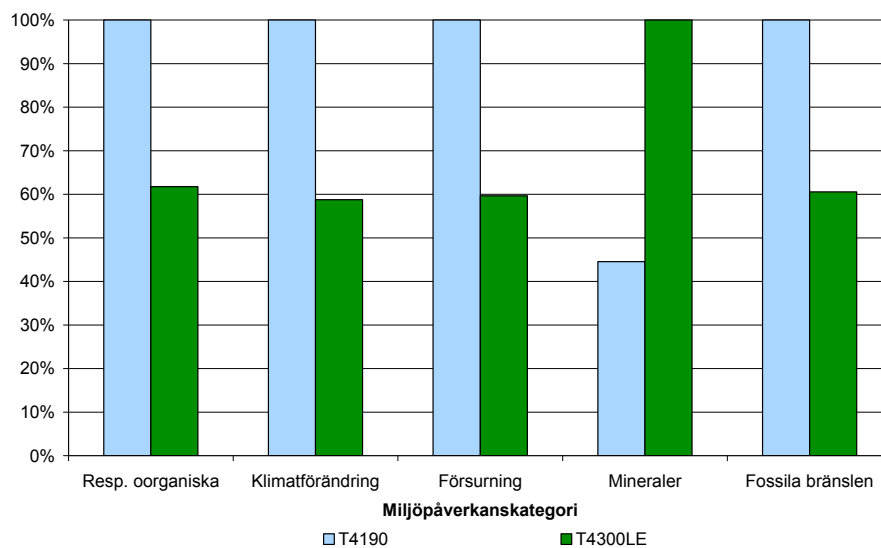


Diagram 20: Jämförelse av torktumlare

I Diagram 20 visas resultatet av jämförelsen. I fyra av fem av kategorierna som studerats har värmepumpstorktumlaren T4300LE ca 60 % av standard torktumlarens, T4190, miljöpåverkan. Enbart i kategorin mineraler har T4300LE en större påverkan.

Automatiskt doseringssystem

Vid dosering av tvättmedel finns en risk för överdosering. Genom att låta ett system automatiskt dosera tvättmedlet tas den risken bort. Doseringen kan antas vara lika för tvättstugan som för

lägenheterna, men potentialen att installera ett automatiskt doseringssystem ses endast som lämplig i tvättstugan. Det automatiska doseringssystemet tar hjälp av signaler som fås ifrån tvättmaskinen gällande tvättgodsets vikt och kan därifrån själv dosera rätt mängd tvättmedel.

För undersökningen har tre doseringsfall definierats; normal dosering, automatisk dosering samt vid en 20 procentig överdosering. En jämförelse i SimaPro har enbart gjorts utifrån en generalisering av tvättmedlets innehåll, och enbart framställningen av medlen jämförs.

Tvättmedelskonsumtion - Tvättmedelskonsumtionen skiljer sig mellan användare. Här kommer doseringsmängden för tre olika metoder presenteras. Den normala doseringen bygger på de uppgifter som fås ifrån tvättmedelsförpackningen. Överdoseringsen är en procentuell ökning av den normala doseringen, här satt till 20 %. Doseringsanvisningarna för det utvalda tvättmedlet är (via1, u.å.):

40-70 ml för hushållsmaskiner (3-5 kg).

60-105 ml för fastighetsmaskiner (5-8 kg).

Då maskinerna i analysen båda anger att de har en kapacitet på ca 6 kg antas doseringen därefter. Doseringen av pulvertvättmedlet blir då ca 12 ml/kg²⁵, och med 20 % överdosering ca 14,4 ml/kg

För det automatiska doseringssystemet, där ett alternativt tvättmedel används, doseras enligt följande tabell:

Tabell 38- tvättmedelsdosering, Källa: Brage, muntligen 2010

Typ av tvätt	Tvättmedelsmängd
Kulör tvätt	5,5+1 ml/kg
Vit tvätt	6,5+4 ml/kg
Skonsam	4 ml/kg

Den årliga doseringsmängden för ett hushåll har sedan beräknats utifrån dessa värden²⁶, med antagen tvättmängd på 500 kg per hushåll och år. Beräkningarna resulterade i följande tabell

Tabell 39: Tvättmedelsmängd, summering

Tvättmedelsmängd	
Normal dosering	6 liter
20 % överdosering	7,2 liter
Automatiserad dosering	3,25 liter

Doseringssystemet sänker den årligt totala åtgången till ca 3 liter per hushåll och år, en minskning med ca 45 %.

Tvättmedel och ingående ämnen - Tidigare användes ofta fosfater för avhärdning av vatten, men på grund av dess bidrag till övergödningen har den nu tagits bort i många tvättmedel och är förbjudet

²⁵ Antagen dosering på 70 ml för 6 kg tvätt.

²⁶ För doseringssystemet har doseringen för kulör tvätt antagits.

i Sverige. Zeoliter och fosfonater har istället ersatt fosfaterna, men även dessa har en påverkan på miljön. Fosfaterna är svåra att bryta ned medan vid användning av zeolit A kan damm uppstå som kan orsaka allergier hos människor. Zeoliterna bidrar även till övergödningen då den kan bilda ett slam som hindrar solens strålar, och därigenom gynnar algtillväxten (Bruce & Thulin 2010).

Två tvättmedel har valts ut för att representera tvättmedel i handeln. De valda tvättmedlen är Via Color standard samt Via Color flytande. Material innehåll är uppskattat utifrån de uppgifter som tagits del av från Vias hemsida. Här presenteras de ämnen som valts ut och vilka processer som antagits i SimaPro.

Tabell 40: Innehåll, tvättmedel pulver, källa: Via3, u.å

%	Namn	Ecoinvent data
15-30	Natriumkarbonat	Sodium percarbonate, powder, at plant/RER U
15-30	Zeoliter	Zeolite, powder, at plant/RER U
5-15	Natriumalkylsulfat	Alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical, at plant/RER U
5-15	Alkoholetoxylat	Ethoxylated alcohols (AE3), petrochemical, at plant/RER U
5-15	Natriumsulfat	Sodium sulphate, powder, at plant/RER U
1-5	Natriumsilikat	Layered sodium silicate SKS-6, powder, at plant/RER U
1-5	Tvål	Soap, at plant/RER U

Tabell 41: Innehåll, tvättmedel flytande, källa: Via2, u.å.

%	Namn	Ecoinvent data
5-15	Alkoholetoxylat	Ethoxylated alcohols (AE3), petrochemical, at plant/RER U
15-30	Natriumcitrat	Sodium carbonate from ammonium chloride production, at plant/RER U
5-15	Tvål	Soap, at plant/RER U
1-5	Monopropylenglykol	Propylene, glycol, at plant/RER U
>30	Vatten	Tap water, at user/RER U

För doseringssystemet har information om materialinnehållet hämtats ifrån Henkel Ecolab och tvättmedlet ska vara anpassat för doseringssystemet. Här presenteras de ämnen som valts att användas i analyseringen.

Tabell 42: Tvättmedel för doseringssystem, Baseras på Turbo Emulsion (Ecolab)

%	Namn	Ecoinvent data
5-10	natriumhydroxid	Sodium perborate, tetrahydrate, powder, at plant/RER U
5-10	Fettalkoholetoxylat	Fatty alcohol sulfate, petrochemical, at plant/RER U
2-5	Alkoholetoxylat	Ethoxylated alcohols (AE3), petrochemical, at plant/RER U
2-5	fosfonater	EDTA, ethylenediaminetetraacetic acid, at plant/RER U
2-5	polykarboxylater	Polycarboxylates, at plant/RER U
2-5	Tvål	Soap, at plant/RER U
>40	Vatten	Tap water, at user/RER U

Tvättmedlen som jämförs har sin bas i existerande tvättmedel men den mängd som används, eller de processer som valts är antaganden som gjorts. Analysen jämför enbart framställandet av dessa ämnen och inga vidare processer eller livscyklifaser. Resultatet av jämförelsen ses i Diagram 21.

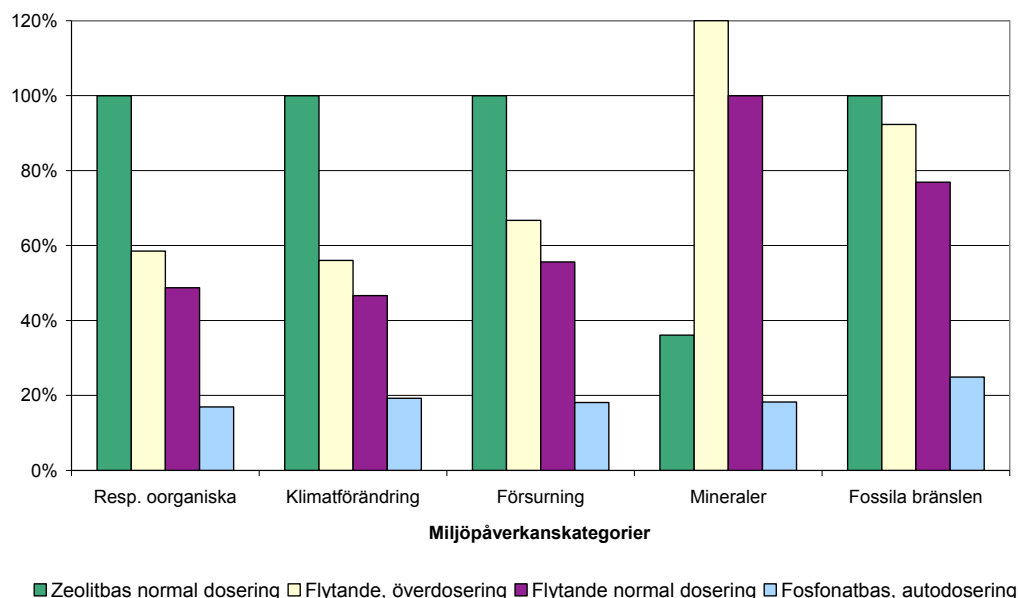


Diagram 21: Jämförelse av tvättmedel

Jämförandet sker utifrån framställt tvättmedel, med den dosering som angavs tidigare. Överdoseringsen ökar enbart miljöpåverkan med 20 %, vilket kan ses i kategorin mineraler.

Tvättmedlets andel av den totala miljöpåverkan - I Rüdenauer (2004) har en LCA utförts där även tvättmedlets inverkan på den totala miljöpåverkan är med. För de miljö relaterade miljöpåverkningskategorierna i den undersökningen bidrog tvättmedlet med 28- och 54 % av den totala miljöpåverkan (GWP och UZPB)²⁷. Det visar att tvättmedlet påverkar mycket till systemets miljöpåverkan.

Summering - Tvättmedlets andel av miljöpåverkan gentemot övriga processer visar att tvättmedlet är en viktig faktor. Genom att använda sig av ett doseringssystem minskar mängden använt tvättmedel med 45 %. Denna reduktion påverkar både effekterna från användningen, då reningsverken inte överbelastas lika hårt, men även råvaruutvinningen då mindre tvättmedel behöver framställas.

En växling från pulverbaserat tvättmedel till flytande ger också i det här fallet ett byte av avhårdare. En minskning av zeolitdammet kan därmed också reducera risken för allergier. Från den jämförelse som gjorts kan även uttydas att flytande fosfonatbaserat tvättmedel är att föredra mot det zeolitbaserade i pulverform. Dock undersöks inte effekterna vid användning och hur fosfonaterna eller zeoliten ger för miljöpåverkan efter användningen.

Kostnad för automatisk dosering av tvättmedel

Kostnaden för att installera ett automatiskt doserandesystem beror på hur många tvättmaskiner som kan anslutas. Priset ligger mellan 7 000 och 12 000 kr där det lägre priset är för ett system med 8-9 maskiner (Brage, K). Den extra kostnaden vid inköp av systemet har antagits till 10 000 kr per

²⁷ GWP = Global Warming Potential, UZBP = Umweltzielbelastungspunkten

maskin, då det sällan enbart är en tvättstuga som kopplas till systemet. Denna kostnad adderas helt enkelt till grundinvesteringen och fördelas per annuitet.

Den andra huvudkostnaden som förändras är driftskostnaderna, då kostnaden för tvättmedlet tas med. Istället för den ekvation som användes i LCC-studien beskriver nu Ekvation 13 beräkningen av driftskostnaderna.

$$C_{Drift} = E_{pris} \cdot E_{Förbrukning, \text{år}} + V_{Pris} \cdot V_{Förbrukning, \text{år}} + T_{Pris} \cdot T_{Förbrukning, \text{år}}$$

Ekvation 13: Driftskostnad med automatiskt doserande tvättmaskiner

Priset för det tvättmedel som köps i till hushållsmaskinerna varierar mellan tillverkare och produkt. För analysen har 0,037²⁸ kr/ml antagits.

Motsvarande kostnad för fastighetsmaskinerna är beräknad utifrån uppgifter som fåtts av Kjell Brage på Ecolab, 0,67 kr/kg tvätt eller 0,103 kr/ml.

Resultat för kostnadsberäkningen - Nedan visas resultatet av beräkningarna med de tillagda kostnaderna.

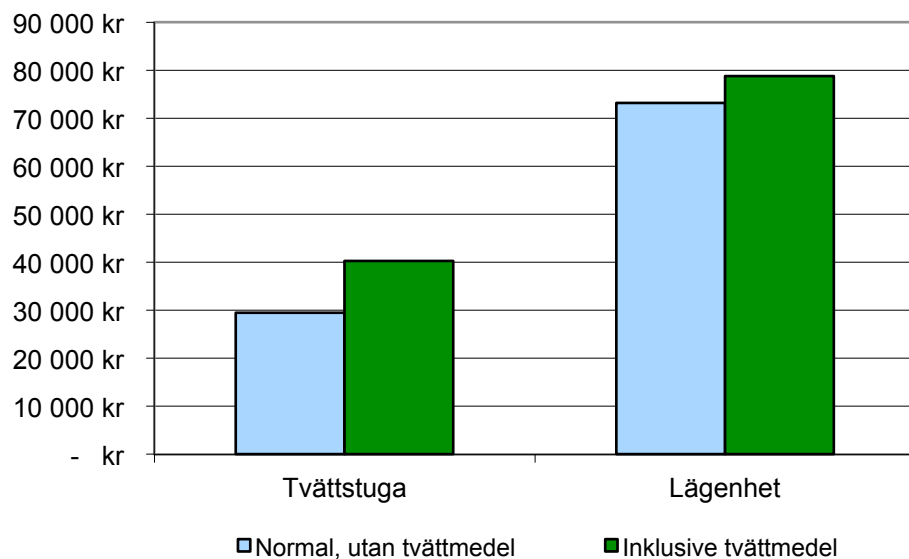


Diagram 22: Resultat, addering av kostnader för tvättmedel och tvättmedelssystem

Genom att lägga till kostnaderna för doseringssystemet och tvättmedel ökar totalkostnaden för bägge systemen. Kostnaderna för doseringssystemet tillsammans med kostnaden för den årsförbrukning av tvättmedel som beräknats kommer bara strax över 40 000 kr per år, vilket fortfarande är betydligt lägre än annuitetskostnaden för lägenheterna utan tvättmedel inräknat. Det skulle tyda på att utöver den miljövinst man gör vid en installation blir även kostnaderna lägre än för alternativet med maskiner i varje lägenhet.

²⁸ Egna beräkningar, hösten 2010

Bilaga E – Produktblad

Här presenteras data som använts för att bestämma hushållsmaskinernas prestanda:

Tvättmaskin

Tabell 43: Produktdata tvättmaskiner

Tillverkare	Miele	Miele	Miele	Cylinda	Cylinda	Antagen
Modell	W 1754	W 1614	W3241NDS	FT 426	FT 36	
Vikt [kg]	99	95	94	73	73	85
Kapacitet [kg]	6	6	6	6	6	6
Energiförbrukning [kWh/kg]	0,17	0,17	0,17	0,19	0,17	0,173
Vattenförbrukning [liter]	47	49	49	80	69	54
Restfuktighetsgrad	50 %	50 %	50 %	44 %	45 %	50 %
Programtid [min]	109	109	109	142	125	120
Trumvolym [liter]	-	-	-	-	50	50

Torktumlare

Tabell 44: Produktdata torktumlare

Tillverkare	Electrolux	Miele	Miele	Miele	Antagen
Modell	EDC77550W	T 8402 C	T 8822 C	T9666 C	
Vikt [kg]	-	51	50	51	50
Kapacitet [kg]	7	6	7	7	7
Elförbrukning skåptorr 60 % vid 7 kg [kWh]	3,92	3,35	3,8	3,8	3,86
Elförbrukning skåptorr 50 % vid 7 kg [kWh]	3,37	2,90	3,25	3,25	3,3
Elförbrukning skåptorr 50 % vid 5 kg [kWh]	-	-	2,7	2,7	2,7
Programtid, 50 % [min]	-	-	105	105	105
Trumvolym [liter]	108	-	-	-	108