



Livscykelanalys av golvvård

En jämförande studie av Twister™-metoden och
golvvårdsmetoder med polish och vax

Henrik Larsson, Mattias Lindahl & Niclas Svensson

Linköping, juni 2009

Industriell Miljöteknik
Institutionen för ekonomisk och industriell utveckling (IEI)
Linköpings Universitet



Linköpings universitet

Bilden på titelsidan är tagen av HTC Sweden AB.

Sammanfattning

I dagens samhälle finns det en stor variation på golv och golvmaterial. Till dessa finns det en stor variation av de produkter och metoder som används för att hålla dessa golv funktionsdugliga. Samtliga golv och produkter ger upphov till miljöpåverkan av olika storlek och sort.

Denna studie är initierad av författarna för att utvärdera hur Twister™-metoden står sig miljömässigt, jämfört med andra traditionella golvvårdsmetoder. Detta sker genom en livscykelanalys. Arbetet har skett i samarbete med företaget HTC Sweden AB som har utvecklat Twister™-metoden.

En livscykelanalys ställer en produkt eller tjänst miljöpåverkan utifrån helhetsperspektiv innefattande materialframställning, tillverkning, användning och resthantering. Som hjälp i denna studie har programvaran SimaPro 7.0 använts vari metoden Eco-indikator 99 valts.

I studien ställs Twister™-metoden mot golvvårdsmetoder innefattande polish och vax. I analysen sker även en nedbrytning av Twister™-metoden likväl en nedbrytning av den Twister™-rondell som HTC Sweden AB tillverkar.

Resultatet visar att den del av Twister™-metoden som har störst miljöpåverkan är den skurmaskin som används och den energianvändning som Twister™-metoden kräver. Resultatet visar även att Twister™-metoden har signifikant lägre miljöpåverkan än golvvårdsmetoderna polish och vax. De delar av Twister™-rondellen som har störst miljöpåverkan är de industridiamanter och den rondell, som Twister™-rondellen består av.

Abstract

Today's society includes a large variation of floor materials. This also includes a large number of products and methods for keeping these floors functional. All floor types and products create environmental impact of different kinds and magnitudes.

This study was initiated by the authors in order to evaluate the Twister™-method's environmental pros and cons in relation to other traditional floor care methods. This has been ascertained through a Life Cycle Assessment which was conducted within the study. The study has been in co-operation with HTC Sweden AB, the developer of the Twister™-method.

A Life Cycle Assessment helps to identify and quantify the environmental impact of a product or a service, from a holistic perspective. The perspective includes extraction, production, use and disposal of materials. In order to conduct this study the software SimaPro 7.0 and the method Eco-indicator 99 have been used.

In this study the Twister™-method is compared with other floor care methods such as polish and wax. It also includes a breakdown of the Twister™-method as well as a breakdown of the Twister™-pad manufactured by HTC Sweden AB.

The results of this study show that the largest portion of the Twister™-methods environmental impact is the floor care machine as well as the methods energy demands. The results also show that the Twister™-method has a lower environmental impact than floor care methods using polish or wax. The industrial diamonds as well as the material of the pad makes up the largest portion of the Twister™-pads environmental impact.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	11
1.1	Syfte	11
1.2	Målgrupp och avsedd tillämpning.....	11
1.3	Disposition och innehåll.....	11
2	Bakgrund.....	13
2.1	Vad menas med golvvård?	13
2.1.1	Frekvent skötsel.....	13
2.1.2	Periodiskt underhåll.....	13
2.1.3	Kemiska produkter	13
2.1.4	Maskinanvändning vid golvvård.....	14
2.1.5	Miljömärkning och lagstiftning.....	14
2.2	HTC Sweden AB.....	14
2.2.1	Twister™.....	15
3	LCA metodiken	17
3.1	Vad är LCA?	17
3.2	Definition av mål och omfattning	18
3.2.1	Funktion och funktionell enhet	18
3.2.2	Systemgränser	18
3.3	Inventering	19
3.3.1	Datakvalité	19
3.4	Miljöpåverkansbedömning.....	20
3.4.1	Klassificering	20
3.4.2	Karakterisering	20
3.4.3	Viktning.....	20
3.5	Tolkning av resultatet.....	21
3.5.1	Osäkerhetsanalys och känslighetsanalys.....	21
4	Tidigare studier av golvvård	23
4.1	Identifiering av tidigare studier.....	23
4.2	Studier på golvmaterial	23
4.3	Studier på golvvård ur livscykelperspektiv.....	24
4.4	Studier av golvvård ur arbetsmiljö- och hälsoperspektiv.....	25
4.5	Studier på miljökritierier	26
4.6	Tidigare studier på Twister™.....	26
5	Mål och omfattningsbeskrivning.....	27
5.1	Funktionell enhet.....	27
5.2	Avgränsningar	27
5.2.1	Systemgränser	28
6	Inventering	31
6.1	Insamlande av data	31
6.1.1	Material tillhandahållen.....	31
6.1.2	Enkäter	31
6.1.3	Intervjuer och e-post.....	31
6.2	Inventering av Scenario Twister™.....	31
6.3	Tillverkningsfas.....	32

6.3.1	Industridiamanter	32
6.3.2	Rondell	32
6.3.3	Bindemedel.....	33
6.3.4	Transporter	33
6.3.5	Tillverkning.....	34
6.4	Användningsfas.....	35
6.4.1	Tillverkning av flergångsmopp	35
6.4.2	Användning av flergångsmopp	35
6.4.3	Skurmaskin.....	36
6.4.4	Resursanvändning vid städning med skurmaskin	36
6.5	Resthantering.....	37
6.6	Andra scenarier	38
6.6.1	Scenario Polish.....	38
6.6.2	Scenario Vax	38
6.6.3	Osäkerheter beträffande Scenario Polish och Scenario Vax.....	38
7	Miljöpåverkansbedömning.....	41
7.1	Modellering och beskrivning av programvaran	41
7.2	Osäkerheter vid användning av databaser.....	41
7.3	Jämförelse mellan scenarierna	42
7.3.1	Scenario Twister™.....	44
7.3.2	Scenario Polish.....	44
7.3.3	Scenario Vax	44
7.3.4	Sammanfattning av resultatet av samtliga scenarier	45
7.4	Scenario Twister™ nedbrutet till fraktioner	45
7.4.1	Flergångsmopp	46
7.4.2	Twister™-rondellen	46
7.4.3	Skurmaskin.....	46
7.4.4	Vattenanvändning vid städning.....	46
7.4.5	Energianvändning vid golvvård	46
7.4.6	Tvättning av mopp	46
7.4.7	Resthantering.....	47
7.4.8	Sammanfattning av Scenario Twister™ nedbrutet till fraktioner	47
7.5	Skadebedömning av Twister™-rondellen.....	47
7.5.1	Industridiamanter	48
7.5.2	Rondell	48
7.5.3	Bindemedel.....	48
7.5.4	Transporter	48
7.5.5	Tillverkning.....	49
7.5.6	Sammanfattning av Twister™-rondell.....	49
8	Känslighetsanalys.....	51
8.1	Scenarier till känslighetsanalys	51
8.1.1	Scenario Dubbelt Slitage.....	51
8.1.2	Scenario Extra Transport.....	51
8.2	Resultat av känslighetsanalysen.....	52
8.2.1	Scenario Twister™.....	53
8.2.2	Scenario Dubbel Förslitning.....	53
8.2.3	Scenario Extra Transport.....	53
8.2.4	Sammanfattning av känslighetsanalysen.....	53
9	Diskussion.....	55

9.1	Karakterisering eller skadebedömning?	55
9.2	Skillnader i maskinpark	55
9.3	Transporter	56
9.4	Val av energibärare	56
9.5	Jämförande med tidigare studier	56
9.5.1	Att väga in golvvård i golvet livscykel	57
9.5.2	Risker vid resthantering	57
9.5.3	Tidpunkt för frekvent skötsel	57
9.5.4	Hur Twister™-metoden förhåller sig till sjuka hus	58
9.5.5	Twister™-metoden eller miljömärkta kemikalier?	58
10	Slutsats	59
10.1	Vidare arbete	59
11	Referenser	61
11.1	Elektroniska källor	62
11.1.1	E-post	63
11.1.2	Muntliga källor	63
11.1.3	Programvara	63
12	Bilaga 1 - Skadebedömning	65
13	Bilaga 2 - Eco-indikator 99	67
13.1	Begreppet Miljö enligt Eco 99	67
13.2	Karakterisering	67
13.2.1	Mänsklig hälsa	67
13.2.2	Ekosystemskvalitet	68
13.2.3	Resursanvändning	68
13.3	Viktning	69

1 Inledning

När människan valde att slå sig ner och bli permanent boende för tusentals år sedan skapades även de första permanenta golven. Till en början var dessa jordstampade. Sedan dess har kraven på golv ökat, från estetiska perspektiv till krav på hållfasthet och tålighet utöver ekonomiska. Utvecklingen av golv har även ändrats ur dimensionsperspektiv, både storleksmässigt och tidsmässigt. Detta har skapat en stor variation av golvmaterial och tillverkningstekniker. En sak har dock samtliga golv i alla tider krävt: nämligen städning. Med större golvytor och med nyare material har utveckling av effektivare golvvårdsmetoder ökat, samtidigt som nya produkter för att underlätta detta uppkommit. Dock skapar denna utveckling, speciellt av rengöringskemikalier att den miljöpåverkan som golvet har under sin livstid kan öka. Med allt mer golv ökar den totala golvvården, som ifall felaktiga metoder och kemikalier används, kan leda till ökad miljöbelastning. För att underlätta i beslut, som har med val av golvvårdsmetod att göra, kommer denna rapport fokusera på en golvvårdsmetod och därefter försöka kartlägga hela den miljöpåverkan som en golvvårdsmetod åstadkommer utifrån dagens kunskap och teknik samt jämföra denna golvvårdsmetod med andra metoder.

1.1 Syfte

Denna studie är initierad av författarna för att utvärdera hur Twister™-metoden står sig miljömässigt, jämfört med andra traditionella golvvårdsmetoder. Syftet är att beskriva den miljöpåverkan som golvvård av en kvadratmeter golv under 1 år ger upphov till. Denna påverkan ska även sättas i relation till tidigare gjorda golvvårdsstudier.

För att kunna beskriva den miljöpåverkan som golvvårdsmetod Twister™-metoden ger upphov till kommer en livscykelanalys att göras (framöver förkortat med LCA).

1.2 Målgrupp och avsedd tillämpning

Denna studie har fler målgrupper, vilket gör att studien i den grad det går strävar mot att vara transparent samtidigt som den försöker tillgodose samtliga målgruppers krav på kvalitet.

Exempel på målgrupper:

- Kunder som använder eller vill använda sig av Twister™-metoden och vill veta hur produkten står sig i jämförelse med andra golvvårdsmetoder.
- De som generellt är intresserade av golvvård ur ett livscykelperspektiv.

1.3 Disposition och innehåll

Denna rapport består av tio kapitel utöver referenser och bilagor. Genom att här ge en kortare beskrivning av rapporten bör resonemanget och tydligheten i rapporten förstärkas,

Kapitel 1 består av inledning vari syfte och målgrupp och dispositionen är presenterad.

Därefter beskrivs bakgrunden i kapitel 2 med en förenklad beskrivning av golvvård, skillnader mellan olika moment som golvvård kan bestå av och en kortare presentation av viss lagstiftning och miljökriterier som gäller golvvård i Sverige. I kapitlet finns även en beskrivning av HTC Sweden AB och dess produkt Twister™.

I kapitlet 3 presenteras grunderna för genomförandet av LCA gällande vad som ska ingå.

Kapitel 4 innehåller en sammanfattning av tidigare studier som denna studie använder sig av.

Kapitel 5 innehåller första steget av LCA, nämligen mål och omfattningsbeskrivning, kapitlet innehåller även de avgränsningar som gjorts gällande denna studies LCA.

Kapitel 6 innefattar den inventering som genomförts i denna studie i syfte att kartlägga och samla in data till analysen av TwisterTM-metoden och även till de jämförda golvvårdsmetoder polish och vax.

Kapitel 7 innehåller resultatet av miljöpåverkansbedömningens analys. Kapitlet innehåller dels resultatet av en jämförelse mellan TwisterTM-metoden, och golvvårdsmetoder med polish och vax samt en nedbrytning av själva TwisterTM-metoden och en nedbrytning av TwisterTM-rondellen.

Kapitel 8 innefattar en känslighetsanalys vari TwisterTM-metoden studeras utifrån större slitage och extra transport.

Kapitel 9 innefattar en diskussion gällande funderingar som stötts på under studiens gång samt en återkoppling av resultatet till tidigare studier inom området och andra studier som kan bidra till att vidga resultatet.

I kapitel 10 summeras studien till en slutsats vari förslag till vidare arbete och forskning presenteras.

Referenser och bilagor återfinns i sist i rapporten.

2 Bakgrund

Detta kapitel innehåller en grundläggande introduktion till ämnet golvvård och HTC Sweden AB och deras produkt Twister™.

2.1 Vad menas med golvvård?

Den professionella golvvården i Sverige kan fördelas i flera moment. I samband med att ett golv installeras sker en grundstädning eller byggstädning. Därefter sker det regelbundet underhåll för att bibehålla golvet funktion. Detta regelbundna underhåll delas i denna studie upp i frekvent skötsel och periodiskt underhåll, med samlingsnamnet golvvård.

Hur golvvård av ett golv bör utföras varierar kraftigt, beroende på vem som tillfrågas. Golvtillverkarnas rekommenderade golvvårdsmetoder skiljer sig åt, inte bara av de tekniska egenskaper olika golvmaterial har, utan även beroende på vad kunder önskar och andra lokala förutsättningar (Lundblad, 1994). Golvvårdsmetoderna utvecklas kontinuerligt och flera metoder kan vara tillämpningsbara för samma sorts golv.

Två av de vanligare golvvårdsmetoderna som används idag är vaxbehandling av golv och polishbehandling av golv. Bägge metoderna innebär att det vid installationen av golvet sker en grundbehandling, då ett skyddande lager av vax eller polish appliceras. Därefter följer frekvent skötsel fram till det att golvet behöver nollställas, genom vad som kallas periodiskt underhåll. (Paulsen, 1999)

2.1.1 Frekvent skötsel

Med frekvent skötsel menas den dagliga eller veckovisa städning som sker. Beroende på faktorer som trafikbelastning, smuts, typ av lokal, golvbeläggningens ålder och struktur samt kundens krav på renlighet och lyster kan frekvensen och noggrannheten av städningen variera kraftigt. (Paulsen, 1999)

2.1.2 Periodiskt underhåll

Det periodiska underhållet är till för att underlätta den frekventa skötseln och golvet skyddas bättre (Nordic Ecolabelling, 2008). Detta sker då golvet är i behov av en mera grundlig rengöring och kan bero på att den frekventa skötseln inte är tillräcklig eller att belastningen varit högre än vanligt vilket gett upphov till ökat slitage. Det periodiska underhållet innebär att golvet först nollställs genom skurning och att det gamla golvvårdsmedlet tas bort innan det nya appliceras. Oftast krävs det att lokalen spärras av då eventuella kemikalier som används kan vara hälsofarliga (Paulsen, 1999).

2.1.3 Kemiska produkter

Både vid frekvent skötsel och periodiskt underhåll kan det krävas kemikalier eller kemiska produkter. Regler och direktiv för dessa skiljer sig åt ifall det är frekvent skötsel eller periodiskt underhåll som åsyftas. En anledning är att rengöringskemikalier vid frekvent skötsel anses vara lösta i vattnet, medan eventuella restkemikalier från det periodiska underhållet anses vara i fast form och därmed mindre miljöfarliga (Rick, 2009). Skillnaden mellan kemiska produkter återfinns även då det gäller miljömärkning. Användandet av kemikalier bidrar till flera komplikationer beroende på när och hur de används. Ifall mer kemikalier används vid periodiskt underhåll kan behovet av rengöringskemikalier vid

frekvent skötsel minskas. Dessutom kan resthanteringen av kemikalierna variera. Då golvet slits kan de kemikalier som bundits till golvet, genom den periodiska underhållet, frisättas till luften. Detta kan ge annorlunda miljöpåverkan jämfört med ifall golvet skuras enligt den frekventa skötseln då kemikalierna frigörs i skurvattnet. Om skurvattnet går till reningsverket via avloppet eller samlas in och behandlas som farligt avfall skapas ytterligare frågor kring kemikaliers miljöpåverkan. (Paulsen, 2008)

2.1.4 Maskin användning vid golvvård

I större lokaler blir det lönsamt att istället för att städa för hand använda skurmaskiner. Frekvent skötsel med skurmaskin kräver oftast att golvet först torrmpoppas för att få bort eventuella större gruspartiklar eller annan flyktig smuts (Karlsson, 2008). Skurmaskinerna har antingen inbyggda batterier, som laddas mellan körningarna, eller direktförsörjning av elektricitet via sladd. Både vid frekvent skötsel och vid periodiskt underhåll kan maskiner användas. Vid periodiskt underhåll kan andra maskiner än skurmaskiner behövas beroende på golvvårdsmetod.

2.1.5 Miljömärkning och lagstiftning

De två större miljömärkningarna som finns i Sverige är Svanen och Bra Miljöval. Svanen har kriterier för golv, golvvård, städtjänst, rengöringsprodukter och moppar (Nordisk Miljömärkning, 2006; Nordic Ecolabelling, 2008a; Nordisk Miljömärkning, 2002; Nordic Ecolabelling, 2008b; Nordic Ecolabelling, 2008c). Varje produkt och tjänst har sina egna kriterier. Svanen särskiljer exempelvis på produkter för frekvent skötsel och periodiskt underhåll, genom uppdelningen i golvvård och rengöringsprodukt. För att leva upp till Svanens golvvårdskriterier förutsätts att golvet är polish- eller vaxbehandlat (Nordic Ecolabelling, 2008a).

För rengöringsprodukter som ska märkas med Svanen krävs det att produkten har lägst miljöpåverkan inom sin kategori och att de substanser som produkten innehåller, ska ha så lite miljöpåverkan som möjligt. Samtidigt ställs det krav ur hälsoperspektiv på produkten (Nordic Ecolabelling, 2008b).

Bra Miljöval är ett av Naturvårdsföreningens verktyg för att minska samhällets miljöpåverkan. Bra Miljöval har kriterier för rengöringskemikalier som används vid frekvent skötsel, men saknar detta för periodiskt underhåll och installation av golv. Dessutom ser märkningen till produkten som sådan och inte till tillämpningen av produkten (Öberg Huss, 2008). Av Naturvårdsföreningens kemikaliepolicy framgår det att kemikalieanvändandet bör undvikas så långt det går och eventuell användning bör fasas ut (Naturskyddsföreningen, 2004).

Lagstiftningen för kemikalier och kemiska produkter som används vid frekvent skötsel och periodiskt underhåll återfinns bland annat i REACH och miljöbalken (Jedvall, 2008). Rengöringskemikalier som används vid den frekventa skötseln ställs även under Europaparlamentets och rådets förordning nr 648/2004, då dessa kan innehålla tensider (Rick, 2009). Med andra ord kräver användandet av kemikalier en viss administration, men framför allt eftertanke.

2.2 HTC Sweden AB

1987 bildades entreprenörsföretaget HTC Sweden AB (HTC). Företaget har sitt säte i Söderköping och ägs av Håkan och Gunn Thysell som tillsammans med 3iGroup kontrollerar företaget (HTC Sweden, 2008).

Från början var fokus på tillverkningen av golv. Företaget utvecklade allteftersom egna metoder och maskiner för detta ändamål. 1992 patenterades den utvecklade slipmetoden och idag levererar HTC och dess dotterbolag sina produkter över hela världen. HTC har även utvecklat en städmetod, den så kallade Twister™-metoden.

2.2.1 Twister™

Enligt HTC (2008) går det, istället för att använda kemikalier vid utförande av golvvård, att på mekanisk väg uppnå likvärdigt resultat. Twister™-metoden går ut på att en städrondell, preparerad med miljontals mikroskopiska diamanter (framöver benämnd som Twister™-rondell), polerar och rengör golvet med endast vatten som tillsats. Allt eftersom golvvårdsmomentet genomförs slits Twister™-rondellen ned utan att påverka livslängden på golvet. Genom att bindemedlet, som håller fast diamanterna till städrondellen, även innehåller ett färgpigment, är det enkelt att se när det är dags för att byta till en ny Twister™-rondell.

Twister™-rondellen monteras på en skurmaskin eller kombimaskin på samma sätt som en polerrondell, vilket gör att det inte ställs krav på en specifik maskin för att använda metoden. Inför själva användandet med skurmaskin bör golvet torrsmoppas för att avlägsna större partiklar, såsom grus och sandkorn (HTC Sweden, 2008).

Twister™-metoden fungerar på flera golvmaterial såsom natursten- terrazzo- vaxbelagda och polishbelagda golv (HTC Sweden, 2008). Då denna studie skrivs har städmetoden studerats mestadels på sten- och betonggolv, men har prövats på de andra golvmaterialen med, som det uppges, lyckat resultat.

Om Twister™-metoden används vid den frekventa skötseln ska inga rengöringskemikalier eller periodiskt underhåll behövas (HTC Sweden, 2008).

3 LCA metodiken

I detta kapitel förklaras först hur LCA har utvecklats som teori, därefter vad som krävs för att en metod ska kunna leva upp till kraven som krävs för att få kalla sig LCA enligt ISO 14040-serien.

3.1 Vad är LCA?

LCA metodiken har sitt ursprung i 60-talet (Rydh *et al.*, 2002). Innan bestod miljöåtgärder till att späda ut eller deponera föroreningar till den grad att det ansågs att naturen skulle kunna hantera dessa. Genom 70-talets energikris och 80-talets miljökatastrofer fick metoden sitt genombrott. Miljödebatten gjorde att livscykelmetoder kom att innefatta energi- och materialflöden i syfte till att minska förbrukningen.

Från och med 90-talet har användandet av livscykelanalyser ökat och metoderna har utvecklats. De har blivit än mer användarvänliga och kan användas för att bedöma miljöpåverkan (Rydh *et al.*, 2002).

Livscykelanalysmetodiken tilltalar industrin då den hanterar miljöaspekterna strukturerat och är upplagd för att hantera tekniskt system, tillsammans med flera miljöaspekter samtidigt (Baumann & Tillmann, 2004).

Livscykelanalys kännetecknas av att utsläpp, resursanvändning och annan miljöpåverkan i varje relevant fas av en produkts livscykel beskrivs från "vaggan till graven" (Rebitzer *et al.*, 2004). Från det att material och energi utvinns från naturen till dess att de återförs tillbaka till naturen. Detta sker genom att produktens livscykel delas upp i tre övergripande faser (Rydh *et al.*, 2002). Den första fasen berör materialframställning och tillverkning, därefter kommer användningsfasen som inkluderar den miljöpåverkan som produkten ger upphov till, likväl det behov av energi och resurser som produkten behöver för att fylla sin funktion. Sista fasen berör hur produkten resthanteras. Resthantering kan innebära att produkten hanteras som en helhet eller demonteras varvid varje del hanteras separat och detta sker genom deponering, förbränning, kompostering eller återvinning.

För att jämföra olika tillverkningsprocesser, eller för att påvisa effektiviseringsbehov samt ersättningsmöjligheter utifrån ett livscykelperspektiv kan en nedbrytning av en produkts olika faser och identifiering av miljöpåverkan vid respektive fas vara lämpligt. Förhoppningsvis kan en sådan nedbrytning minska den totala miljöpåverkan som en produkt eller tjänst skapar. Livscykelmetodiken är samtidigt flexibel och kan anpassas till den kontext och det syfte som gäller för varje studie.

Generellt gällande för LCA är att följande delar ingår:

- Definition av mål och omfattning
- Inventering
- Miljöpåverkansbedömning
- Tolkning av resultat

3.2 Definition av mål och omfattning

Målet och omfattningen av en LCA bidrar till att beskriva det system som produkten befinner sig i genom att definiera en funktionell enhet och systemets gränser (Rebitzer *et al.*, 2004).

3.2.1 Funktion och funktionell enhet

Den funktionella enheten är viktig för att kunna jämföra och analysera olika typer av tjänster och produkter. En funktionell enhet behöver inte vara kopplad till en viss typ av material utan kan vara att jämföra själva funktionen som en viss process har (Rebitzer *et al.*, 2004). För att bättre kunna jämföra olika alternativ måste den funktionella enheten specificera tre egenskaper: hållbarhet, kvantitet och kvalitet (Rydh *et al.*, 2002).

- Med hållbarhet menas hur lång livslängd funktionen ska beräknas efter.
- Den kvantitativa delen förutsätter att det går att beräkna in- och utflöden av energi och materia för att fylla funktionen.
- Den kvalitativa delen ställer krav på vad, utöver själva funktionen, produkten eller tjänsten ska fylla.

3.2.2 Systemgränser

En LCA görs med metoder som använder sig av modeller. Modellerna är till för att förenkla verkligheten, men ställer samtidigt krav på avgränsningar för vad som ska räknas till modellen eller som ska ligga utanför. Om inte dessa begränsningar sker blir en LCA komplicerad att genomföra, då en modell kan göras oändligt stor, vilket tar bort huvudsyftet med användandet av modeller. Nedan följer vissa begränsningar, som måste hanteras i en analys.

Begränsning i relation till naturliga system – Var börjar livscykeln? Denna begränsning är speciellt komplicerad när det gäller återvinning av material och speciellt förnyelsebara material. Ersätter materialet som återvinns samma material som var ursprunget eller uppstår det en ny marknad och i så fall vilket material ersätts då?

Avgränsning mot andra produkters livscykel – En produkt kan vara del i ett flöde av olika produkter som en process kan tillverka. Samtidigt kan varje maskins livscykel, som krävs för tillverkning av produkten, vägas in i produktens livscykel. Detta gör att en livscykel kan växa sig stor genom den väv av olika processers livscykler som den involverar.

Geografiska begränsningar – En produkt kan vara producerad i ett land, såld i ett annat och resthanterad i ett tredje. Då olika länder har olika förutsättningar, såväl tekniskt som juridiskt, kan detta vålla bekymmer vid modellerandet. Speciellt gäller detta vid bedömning av resthantering. Lagstiftningen gällande förbränning av avfall varierar beroende på vilket land det gäller. Även definitionen av vad som räknas som avfall skiljer sig åt. Samtidigt som variationen av olika länders återvinnings- och förbränningskapaciteter är av stor betydelse.

Tidsbegränsning – Ur vilket tidsperspektiv görs bedömningen? Vissa ämnen tar längre tid än andra att brytas ner i naturen och därmed kan miljöpåverkan över tiden bli större än vid en direkt jämförelse. Samtidigt kan det krävas en viss tid att hinna bygga ut befintlig kapacitet för att klara av den tilltänkta mängden som ska hanteras. En produkt med lång livslängd behöver inte vara bättre i miljöhänsyn än en med kort, trots att det vid första anblicken verkar så. Om livslängden för en produkt är kort kan den tidigare ersättas av en ny version, som i sin tur förhoppningsvis har lägre miljöpåverkan.

Teknologisk täckning – Ibland kan den data som samlas in beskriva den bästa tekniken som är tillgänglig, eller beskriva föråldrad teknik vilket kan göra att studien kan leda till att förhastade slutsatser dras.

3.3 Inventering

Första steget i en inventering är att samla in data för de olika material och processer som krävs för att uppfylla den funktionella enheten. Därefter kartläggs de råvaror och de energibehov, samt de utsläpp och avfall, som de olika materialen och processerna kräver och ger upphov till. Under kartläggningen sammanställs de olika in- och utflödena av material och energi i datakategorier.

Att genomföra inventering är aktiv process. Det studerade systemet vidgas kontinuerligt genom att kunskapen om det studerade systemet ökar då data identifieras. Detta kan i sin tur ställa krav på mer data eller att systemet avgränsas. För att underlätta inventeringen kan det vara lämpligt att använda databaser och datamodeller för att täcka eventuella dataluckor eller för att effektivisera inventeringsprocessen. Samtidigt är det viktigt att kvalitén på insamlad data aktivt granskas. Exempelvis kan data gällande samma produkt skilja sig åt beroende på var produkten är tillverkad.

3.3.1 Datakvalité

Ibland går det inte att få fram exakta data, vilket kräver kvalificerade gissningar, inte bara av utföraren av studien utan även av experter inom området. Anledningen till gissningar är att säkerställandet av data är resurskrävande. Därför bör säkerställande av data bara göras så långt att det går att konstatera att modellens beteende troligen överensstämmer med verkligheten. Detta säkerställande bör ske ur flera perspektiv beskrivna nedan.

Tidsrelaterad täckning – Vilken är den högsta tillåtna ålder för data? Mätutrustning utvecklas hela tiden och med det även möjligheten att förkasta/förstärka gamla teser. Inom den akademiska sfären eftersträvas det att återkoppla till grundkällan, vilket kan göra att nya rön härstammar från föråldrad data. Därför krävs det ett ställningstagande till varje enskilt värde som kommer från sekundärkälla.

Geografiska begränsningar – Geografiska begränsningar är kopplade till möjligheten att få ut korrekt data som gäller vid mätpunkten. Även ifall dagens teknik ger möjlighet till insamlande av data som inte varit mätbar tidigare, innebär inte det att tekniken finns tillgänglig för att mäta där den behövs. Valet som måste göras är ifall mätningar i liknande miljöer ska användas eller ifall tidigare data från rätt geografiskt område ska användas.

Datakvantitet – Ett stort omdebatterat område i LCA sammanhang är vilken typ av kvantitet på data som ska användas. Ska man utgå från medelvärden, specifik data eller marginaldata? (Rebitzer, 2004) Ifall en process kräver elektricitet, ska elkonsumtionen beräknas efter så kallad svensk bränslemix det vill säga den elektricitet som i dagsläget produceras i Sverige. Eller är det just den el som elleverantören kan tillhandahålla företaget? Eller ska det beräknas på den värsta tänkbara elproduktionen som finns inom det befintliga kraftnätet?

Tekniska begränsningar – Som tidigare nämnts, utvecklas mätutrustning. Men allt går fortfarande inte att mäta. Dels av kostnadsskäl, men även av att teknisk utrustning saknar förmågan att identifiera alla partiklar.

3.4 Miljöpåverkansbedömning

Det resultat som framkommer ur en inventering kan vara svåröverskådligt. Material i olika produkter eller i olika processer skiljer sig åt, likväl att material och energianvändande står sig olika. För att förenkla resultatet till att bli mer användbart kan flera olika metoder användas. Metoderna tar data från inventeringens olika datakategorier och sammanställer denna data i grupper innan en sammanräkning i respektive grupp sker. De olika datakategorierna bedöms genom att vald metod påvisar de kategorier som ger signifikant miljöpåverkan under livscykeln. Detta kallas för miljöpåverkansbedömning och innefattar följande delar:

- Klassificering
- Karakterisering
- Viktning

3.4.1 Klassificering

Syftet med klassificering är att sortera de olika datakategorierna från inventeringsfasen beroende på deras miljöpåverkan. Klassificeringen tar ingen hänsyn till kvantitet eller i vilken del av livscykelkedjan, som miljöbelastningen berör. Då en klassificering görs är det viktigt att ha kunskap om hur vilken miljöeffekt som respektive datakategori faller in under. En datakategori kan tillhöra flera miljöeffektskategorier. Sambandet mellan en datakategori och en miljöeffekt kan således vara komplex och det är i praktiken enklast att utgå från en redan befintlig klassificering (Rydh *et al.*, 2002).

3.4.2 Karakterisering

Klassificeringen tar ingen hänsyn till kvantitet, det görs däremot i karakteriseringen. Då karakteriseringen sker multipliceras inventeringsdata med kategori- och ämnesspecifika ekvivalensfaktorer. Därefter summeras samtliga bidrag i varje miljöeffektskategori. Ekvivalensfaktorer såsom växthuseffekt och strategisk ozon går att se ur ett globaltperspektiv medan andra miljöeffektskategorier kan ha lokala respektive regionala faktorer. Detta göra att det kan behövas flera olika karakteriseringsmetoder (även kallade karakteriseringsmodeller) för att bedöma resultatet, vilket givetvis kräver mer resurser och tid (Rydh *et al.*, 2002).

3.4.3 Viktning

Genom viktning vägs alla datakategorier samman till ett enda tal, som påvisar total miljöpåverkan (Rydh *et al.*, 2002). Detta görs genom att en sammanvägning av de olika miljöpåverkanskategorierna sker. Innan viktningen görs en normalisering. Normalisering innebär att de olika värdena i miljöpåverkanskategorierna divideras med ett referensvärde. Referensvärdena är subjektiva och uttrycker hur olika värderingar såsom politiska eller moraliska inom ett samhälle står i relation till förändringar i natursystem. Ju mer en förändring avviker från värderingarna desto högre viktas miljöaspekten. Värderingsgrunderna kan vara politiska beslut, expertpanelers tyckande, ekonomiska förhållanden med flera. Precisionen i viktningen begränsas till förenklingar och brist på vetenskaplig data, vilket gör att metoderna för karakterisering är mer accepterade då dessa vanligtvis baseras på accepterade naturvetenskapliga samband. Med andra ord blir resultatet av en viktning något som kan skifta beroende på vilken värdegrund som ligger bakom. Viktningsresultat bör därför inte användas i exempelvis marknadsföring, utan lämpligen internt (Goedkopp & Spriensma, 2000).

3.5 Tolkning av resultatet

Efter miljöpåverkansbedömningen bör resultatet tolkas. Detta för att utvärdera resultatet och de begränsningar som resultatet innehåller. Tolkningen är även ett sätt att dra slutsatser av resultatet och komma med rekommendationer. Tolkningen innefattar även att utvärdera kvalitén på de data som studien använt sig av. Det finns flera sätt att hantera osäkerheter inom datakvalitén. Två av dem är osäkerhetsanalys och känslighetsanalys.

3.5.1 Osäkerhetsanalys och känslighetsanalys

En osäkerhetsanalys är till för att belysa osäkerheterna som finns i en LCA:s tre faser: mål och omfattning, inventering samt miljöpåverkansbedömningen (Rydh, *et al.*, 2002). Den första fasen innehåller osäkerheter kring själva produktanvändningen såsom livslängd, avgränsningar och användningsmönster. Den andra fasen gäller osäkerheter kring insamlandet av data och den tredje fasen innefattar osäkerheter kring karakteriseringsfaktorer och viktning. Miljöpåverkansbedömning kan sägas omfatta alla steg från klassificering till viktning.

En känslighetsanalys går ut på att strukturen av modellen och/eller parametervärden varierar utifrån olika hypoteser (Gustafsson, *et al.*, 1982). Syftet är att se ifall modellen och valda parametrar är rimliga och kan även leda till identifiering av områden som behöver extra fokus. Detta går med fördel att göra genom att ställa upp ett antal scenarier som är relevanta för studien (Rydh, *et al.*, 2002). Scenarierna kan röra exempelvis olika processförändringar eller ändringar av parametrar.

4 Tidigare studier av golvvård

Det är två syften med att i denna studie presentera tidigare studier inom golvvård. Dels att lyfta problematiken som finns vid jämförande av golvvårdsmetoder, dels presentera de studier som bidragit med data och tankegångar som denna studie till viss del bygger på. Det finns med andra ord fler studier än de som används i denna studie.

De tidigare studier som varit aktuella till denna studie går att dela upp olika grupper:

- studier som fokuserat på inneklimat och arbetsmiljö
- studier som fokuserat på golvmaterial ur ett livscykelperspektiv
- studier av golvvård ur livscykelperspektiv
- studier av golvvård ur ett hälso- och arbetsmiljöperspektiv

4.1 Identifiering av tidigare studier

De flesta tidigare studier som använts till denna studie har framkommit genom sökning i bibliotekskataloger och vetenskapliga tidskrifter. Sökningar i bibliotekskataloger har bidragit till identifiering av sedan använd litteratur. De vetenskapliga tidskrifter som valts i syfte för att studera golvvård ur ett livscykelperspektiv har varit "International Journal of Life Cycle Assessment" och "International Journal of Cleaner Production". För att även täcka golvvård ur ett hälsoperspektiv har en artikel från tidskriften "Clinical Reviews in Allergy & Immunology" använts. Även studier gjorda av Naturvårdsverket och Nordisk Miljömärkning har använts till att komplettera den helhetssyn som en LCA innebär.

4.2 Studier på golvmaterial

Tanken bakom en genomgång av tidigare LCA-studier på golvmaterial är att skapa en uppfattning om hur vanligt det är att räkna med själva golvvårdsmomentet i den övergripande livscykeln. Om golvvårdsmomentet har räknats med, hur har det gjorts och hur har kemikalieanvändningen avgränsats eller beräknats.

I "Comparative Life Cycle Assessment of flooring materials: ceramic versus marble tiles" publicerad i Journal of Cleaner Production 10 jämförs två olika golvmaterial, keramik och marmor, ur ett livscykelperspektiv (Nicoletti *et al.*, 2002). Slutsatsen är att marmor har mindre miljöpåverkan. Studien har dock helt avgränsats från användarfasen vilket innebär att all påverkan från golvvård och golvens olika behov av golvvård helt ignoreras.

I "Life cycle Assessment Study on Resilient Floor Coverings" publicerad i International Journal of Life Cycle Assessment 2 jämfördes olika golvmaterial ur ett livscykelperspektiv (Günther & Langowsko, 1997). I studien hanterades användningsfasen av golvet som ett eget system med hänvisning bland annat till att tillverkaren av golvet inte kan påverka användningsfasen, på samma sätt som övriga faser i golvet livscykel. Studien avgränsade sig från att hantera symptomen sjuka byggnader med hänvisning till en avsaknad av toxiska data för många substanser. Studien kom fram till att mängden golvvård under ett golvs livslängd kan både kräva mer energi och vattenåtgång än vad tillverkningen av golv kräver.

I "Livscykelanalys av golvmaterial" utgiven av Byggeforskningsrådet har tre olika golvmaterial studerats ur ett livscykelperspektiv (Jönsson *et al.*, 1994). Studien tar inte med

underhållet i själva livscykelanalysen utan utgår ifrån att det i de olika golven använder likartad golvvård och att detta tar ut varandra bedömningsmässigt. Anledningen till att underhållets miljöbelastning inte har inkluderats mer tydligt i studien beror på att ”rekommendationerna från golv tillverkarna och tillverkare av rengöringsmedel skulle ge en alltför osäker bild av verkligheten” (Jönsson *et al.*, 1994). Studien framhäver dock att rengöring och underhåll har en betydande miljöpåverkan, och att det krävs fortsatt forskning. Ett steg i rätt riktning anses vara Svanenmärkning av golvvårdsmedel. I studien framkommer det även att våttorkning sker i större utsträckning än vad som behövs, något som ur hygienperspektiv kan vara positivt, men kanske inte ur ett miljöperspektiv (Jönsson *et al.*, 1994).

I ”Livscykelanalys av industrigolv - En jämförande studie av HTC Superfloor™ och ett epoxigolv”, publicerad vid Linköpings Universitet, studeras två golv, ett epoxigolv och ett HTC Superfloor™ ur ett livscykelperspektiv (Hellström, 2006). Slutsatsen visar att HTC Superfloor™ har lägre miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv än epoxigolvet. Underhållet är beräknat utifrån den nollställning som golven får. Den frekventa skötsel och periodiska underhållet är inte medräknat då den inte bedöms som miljöfarlig.

4.3 Studier på golvvård ur livscykelperspektiv

Genom att studera tidigare LCA-studier på golvvård har fokus legat på hur golvvårdsmomentet har beräknats och hur kemikalieanvändningen har avgränsats eller beräknats.

I ”Miljöpåverkan av golvvård” publicerad av KTH studeras betydelsen av att inkludera golvvårdens miljöpåverkan vid brukarskedet i golvbeläggnings livscykel (Lundblad, 1994). Slutsatsen var att golvvården under brukarskedet kunde ha en större miljöpåverkan än under produktionsfasen beroende på vilka krav på golvvård som ställdes för att bibehålla kvalitén på golvet. Detta innebär att golvvården skall räknas in i den totala livscykelanalysen för ett golv enligt Lundblad (1994). Samtidigt spås en utveckling av golvvårdsmedel som kommer att gå mot större miljökrav och miljömärkning på golvvårdsprodukter för att vägleda marknaden. Samtidigt kommer golvmattornas egenskaper att utvecklas så att den miljöpåverkan som kemikalierna ger upphov till minskar.

I ”The Maintenance of Linoleum and PVC Floor Coverings in Sweden” publicerad i International Journal of Life Cycle Assessment 8 jämförs två olika golvvårdsmetoder utifrån flera scenarier (Paulsen, 2003). Den ena är en polishbaserad metod och den andra en vaxbaserad. Resultatet visar att den vaxbaserade golvvårdsmetoden ansågs bättre i flera fall än polishmetoden, beroende på vald städmetod. Rapporten tillhandahåller data, främst kring energi och miljöpåverkan från kemikalier beräknad utifrån torrsubstans. Som en vidareutveckling efterfrågas en metod för kvantitativ bedömning av golvvårdskemikalier. Studien bygger på en tidigare avhandling av Paulsen (1999) som är mer omfattande kring hur resultatet beräknats. I avhandlingen framhävs att behovet av miljövarudeklarationer för städmaterial och maskiner kan leda till bättre data. Från avhandlingen har viss data till denna studie hämtats.

I ”Life cycle Assessment of Water-based Acrylic Floor Finish Maintenance Program” publicerad i International Journal of Life Cycle Assessment 13 har två golvvårdsmetoder studerats (Thabrew *et al.*, 2007). Den ena metoden byggde på en zinkbaserad golvfinish och den andra på en icke-zinkbaserad golvfinish. Resultatet i studien visade att den zinkbaserade golvfinishens livscykel bidrog med en lägre miljöpåverkan till följd av ett minskat behov av frekvent golvvård. Tyvärr saknar studien en noggrannare redogörelse över de kemikalier som

använts. Dessutom överensstämmer inte flertalet antaganden med de antaganden som görs i denna studie.

Det som utmärker ”Life cycle Assessment of Water-based Acrylic Floor Finish Maintenance Program” var att studien tog hänsyn till tidpunkten på dygnet vid vilken golvvård utfördes (Thabrew *et al.*, 2007). Studien utgick ifrån att de berörda lokalerna, som inte nyttjades av personal nattetid, ställdes om till ett energisparläge (med sänkt temperatur och lägre grad av belysning). De tidpunkter då det utfördes golvvård i lokalen nattetid, kunde inte lokalen ställas om till energisparläge.

Genom att jämföra den ökade energiåtgången som lokalerna krävde för att golvvård skulle kunna ske nattetid med den totala miljöpåverkan från golvvårdsmomenten ur ett livscykelperspektiv, konstaterades det att den större delen av miljöpåverkan från golvvårdsmomentet kom från att energisparläget inte kunde nyttjas. Slutsatsen av denna jämförelse var att utvecklingen av golvvårdsmetoder borde fokusera på att öka tidsintervallet mellan golvvårdstillfällena (Thabrew *et al.*, 2007).

4.4 Studier av golvvård ur arbetsmiljö- och hälsoperspektiv

Att applicera arbetsmiljö- och hälsoperspektiv till en studie gällande livscykelperspektiv är inte en självklarhet. Anledningen till att det gjorts i denna studie är att se ifall arbetsmiljö- eller hälsoaspekter kan väga tyngre än miljöargument eller rent av förstärker dessa.

I ”Miljöbedömning av byggmaterial under brukarperioden” publicerad av Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut har färg- och golvmaterial studerats avseende emission av flyktiga organiska ämnen till omgivningen (Johnson, 1995). I studien har skötseln och underhållets påverkan exkluderats vid mätning. Anledningen till att det exkluderats är att rengöringsprodukterna skiljer sig ifråga om avgivning av olika ämnen. Men det påpekas att bidraget från lokalvårdsmedel kan vara betydande. Exempelvis nämns det att en skola på 10.000 m² förbrukar mer än ett ton städkemikalier per år (Johnson, 1995).

I ”Airborne Environmental Injuries and Human Health” publicerad i Clinical Reviews in Allergy and Immunology presenteras en genomgång av data över ett antal sjukdomar relaterade till luftburna partiklar (Borchers *et al.*, 2006). Studien konstaterar att flyktiga organiska föreningar inte går att direkt koppla till sjuka hus, men att de tillsammans med marknära ozon och andra kemikalier kan ge upphov till liknande symptom. Genom att analysera 29 stycken offentliga byggnader utifrån de hälsoeffekter som vistelse i dess lokaler kan ge upphov till konstaterades att de rengöringsprodukter och den vattenbaserade färg som används i byggnaderna, stod för den större delen av de negativa hälsoeffekterna som kunde relateras till ögon-, näsa-, hals- och hudsymptom.

I ”Belastningsarbets-skador vid städning” utgiven av IVL Svenska Miljöinstitutet AB studeras hur olika städmoment kan bidra till förslitningsskador (Antonsson *et al.*, 2006). Det framkommer i rapporten att periodisk städning är slitsam och tung för utföraren. Det framlyfts också att ensamarbete är en säkerhetsrisk och att vissa arbetsmoment är så tunga att det kräver två personer.

I ”Sjuk av att vara inne?” sker en genomgång av orsaker som kan leda till ”sjuka-hus-symptom” och hur de kan förebyggas (Björk & Eriksson, 2000). ”Sjuka-hussjuka” är ett samlingsnamn för symptom som uppkommer när människor vistas i vissa byggnader. Ofta upplever personen symtomen när de befinner sig i byggnaden, men symtomen försvinner när personen lämnar den. När det gäller golvvård utgår författarna från att smutsvattnet förs till reningsverket genom avloppet och således måste vara biologiskt nedbrytbart samtidigt som kemikalierna inte heller får vara skadliga för användaren. Vidare hävdas att leverantörer av

städkemikalier vill tillmötesgå användarens önskemål om att kunna utföra golvvård på olika typer av golv på samma sätt.

4.5 Studier på miljökriterier

Syftet med att föra in andra studier av miljökriterier är främst att se huruvida resultatet av denna studies LCA står sig jämfört med exempelvis andra miljömärkta produkter inom golvvård.

I ”Miljöanpassad upphandling i praktiken” utgiven av Naturvårdsverket har 270 upphandlingar av kommuner, landsting och statliga myndigheter granskats (Sjöholm & Sunnermalm, 2007). Totalt rör det sig om 27 stycken olika produkter och tjänster, varav städning och lokalvård är en. Utfallet av upphandlingar som behandlade städning och lokalvård i studien var totalt 10 stycken. Resultatet visar att samtliga upphandlingar ställde någon form av miljökrav, samt att upphandlingarna tagit hänsyn till miljön. Detta genom att kräva någon form av miljökrav på produkterna som används, antingen genom att vara miljömärkta eller innehålla så låga halter av kemiska produkter som möjligt. I fem upphandlingar ställdes det skall-krav på leverantören. Exempelvis ställde Riksrevisionen utförandevillkor som innebär att användandet av kemisk-tekniska produkter skulle reduceras eller helt avstås och att städmetoder som möjliggör städning utan kemikalier skulle användas i första hand (Sjöholm & Sunnermalm, 2007, s.131).

”Granskning av kriteriearbete för rengöringsprodukter i Svanenmärkningen” utgiven av IVL Svenska Miljöinstitutet AB har som syfte att granska de kriterier som miljömärkningen Svanen har för åtta stycken rengöringsprodukter och ställa dessa kriterier i relation till ISO-serien gällande LCA (Lindfors, 1999). Studien visar klart att Svanenmärkningen inte lever upp till ISO-standarden av flera orsaker. Främst genom avsaknaden av transparens och relevant miljöpåverkansbedömning samt att Svanen har ett livscykelperspektiv som kan ses sluta efter tillverkningsfasen. Enligt Lindfors (2008) finns det anledning att påstå att slutsatsen i rapporten fortfarande är aktuell.

4.6 Tidigare studier på Twister™

Twister™-metoden är en relativ ny produkt, men det finns det redan studier gjorda på den. I ”Miljöaspekter på golvvård” utgiven av Svenska Naturskyddsföreningen jämförs Twister™-metoden med golvpolish och vax (Alexandersson, 2006). Studien fokuserar på hur mycket kemikalier som inte skulle behövas ifall Twister™-metoden användes istället för polish och vax. Det har inte i studien tagit hänsyn till livslängd, funktion, arbetsmiljö, eller distribution vid bedömningen av golvvårdsmetod. Denna studie har i viss mån använt sig av data taget från ”Miljöaspekter på golvvård”.

5 Mål och omfattningsbeskrivning

Detta kapitel förtydligar utgångspunkten för livscykelanalysen på Twister™-metoden utifrån denna studies syfte.

5.1 Funktionell enhet

Den funktionella enheten är satt till ”att hålla en kvadratmeter golv per år rent”. Då rent är ett kvalitativt mått utgår denna studie utifrån att de jämförda golvvårdsmetoderna klarar av att leverera likvärdigt resultat, då det gäller renlighet och som överensstämmer med satta kundkrav.

5.2 Avgränsningar

Då en LCA genomförs krävs det att flera avgränsningar görs. Det är därför viktigt att presentera dels vad som är med, och dels vad som inte är med. Denna LCA har fokuserats på följande fraktioner:

- Framställning av material och komponenter som Twister™-rondellen består av
- Transport av dessa material och komponenter inklusive emballage
- Energiåtgång vid tillverkning av Twister™-rondellen
- Framställning av material och komponenter till en skurmaskin, som används vid golvvård med Twister™
- Framställning av torrmopp som används inför golvvård med Twister™
- Resursanvändning vid återanvändning av torrmopp
- Resursanvändning vid genomförandet av golvvård med Twister™
- Uppskattad resthantering av en förbrukad Twister™-rondell

Då syftet har varit att göra en LCA på den produkt som HTC tillhandahåller har fokus legat på Twister™-rondellen. Twister™-rondellen går att applicera på olika sorters skurmaskiner. Den skurmaskin som denna studie utgår ifrån anses vara representativ för marknaden. Detsamma gäller torrmoppen. Därför bygger data gällande skurmaskin och torrmopp på data från tidigare studier.

Under studiens gång har flera perspektiv utvecklats beträffande hur olika funktioner och processer är kopplade till livscykeln. För att dessa perspektiv inte skulle öka omfattning av denna studie har de i vissa fall avgränsats.

De faktorer som inte livscykeln tar hänsyn till:

- Studien tar inte hänsyn till ekonomiska-, tids- eller aspekter kopplade till den lokala produktion eller användandet av material för golvvård eller golvvårdsmomentet och dess resthantering äger rum.
- Alternativ till leverantörer av material till Twister™-rodellen, vilket bland annat skulle kunna förändra längden på transportsträckor.

- Transport av Twister™-rondellen eller dess emballage från HTC Sweden AB till eventuella försäljare eller brukare.

Att transporten till försäljare eller brukar inte är med beror på att detta är något som är specifikt i varje fall, samtidigt som denna studie inte vill låsa sig till dagens kunder.

5.2.1 Systemgränser

Utifrån avgränsningarna har systemgränserna bidragit till att göra studien hanterbar. De avvägningar som systemgränserna skapat har rört hanteringen av data, som framkommit under inventeringen, de modeller som programvaran använder sig av, samt de databaser som programvaran innehåller. Dessa begränsningar är beskrivna nedan.

Begränsning i relation till naturliga system – Denna studie utgår ifrån att samtliga produkter och material, som används är tillverkade av jungfruliga råvaror. Därmed kan resultatet ändras ifall återvunnet material används istället för jungfruligt råvara. Begränsningen är satt då det är oklart ifall de leverantörer av material och komponenter använder sig av återvunnet material.

Avgränsning mot andra produkters livscykel – Denna studie är fokuserad främst på Twister™. Genom användandet av databaser blir dock andra produkters och processers livscykler möjliga att använda. Denna studie har dock, när det gäller skurmaskiner och moppar, begränsats till att gälla material och energiåtgång vid framställning, då fokus varit på Twister™-rondellen.

Geografiska begränsningar – De geografiska begränsningar som kan ha störst betydelse i denna studie härrör till var någonstans den energikrävande produktionen är lokaliserad. I de fall där produktion och process bedömts äga rum i Sverige har svensk bränslemix använts. För framställning av industridiamanter har irländsk bränslemix använts. Både nyttjandet av Twister™-metoden och resthanteringen är beräknad utifrån ett svenskt perspektiv.

Det finns även flera geografiska begränsningar kopplade till valet av databaser, vilket har att göra med att programvaran är holländsk. Majoriteten av beräkningsdata, som finns i databaserna, bygger på tidigare studier gjorda i andra länder än som är aktuella i fallet med produktion av Twister™-metoden och övriga produkter som krävs vid golvvård.

Tidsbegränsning – Studien är fokuserad på golvvård under ett års tid, men har använt sig av data från tidigare studier som beräknats utifrån ett golvs livslängd, vilket motsvarar 20 år (Paulsen, 1999; Paulsen, 2003). Beträffande livslängden på de produkter som används vid golvvård med Twister™-metoden är det skurmaskinen vars livslängd kan ifrågasättas. Detta då nya skurmaskiner kan ha utvecklats, som har med lägre miljöpåverkan än den nu använda. De Twister™-rondeller som denna studie avser är beräknade utifrån aktuell insamlad data från leverantörer och användare. Ifall produktionen av delkomponenter eller tillverkningsfasen av Twister™-metoden skulle ändras, förändras även resultatet. Därmed kan data som denna studie avser komma att ändras under golvet livslängd. Samtidigt kan det vara rimligt att anta att det inte sker någon större förändring under den tid som anges i denna studies syfte.

Teknologisk täckning – Data för Twister™-metoden är baserad på data insamlad under 2008. Hur data samlats in från leverantörer och användare har inte analyserats. När det gäller data rörande själva golvvårdsmomentet härstammar data från tidigare studier som är några år gamla. Studierna gjorda av Paulsen (1999; 2003) har bekräftats vara fortsatt aktuella, men det bör tilläggas att om kemikalieanvändningens miljöpåverkan räknas in så skulle resultatet i studierna påvisa större miljöpåverkan (Paulsen, 2008). Samtidigt varierar åldern på den data som finns i databaserna. Databasernas aktualitet hör samman med vilken version av

programmet som används. Nyare versioner har mera utvecklade databaser, vilket dock inte innebär att äldre versioner har felaktiga värden.

6 Inventering

Detta kapitel börjar med en kortare beskrivning av hur data samlats in, vilket efterföljs av en presentation av respektive data och hur den använts.

6.1 Insamlande av data

Vid insamlandet av data har flera olika källor avsöks och använts, dels då enskilda källor inte kunnat bidra med data för hela livscykeln och dels för att bekräfta data som ansetts som osäker. Generellt sett kan det sägas att målet har varit att söka data så nära källan som möjligt, det vill säga leverantörer och kontaktpersoner på kontaktade företag. I de fall det inte gått att identifiera data gällande material eller processer har det gjorts kvalificerade gissningar eller så har sekundär data av varierande kvalitet använts. I de fall som denna studie är jämförbar med tidigare studier har data från dessa använts för att underlätta en eventuell jämförelse av resultat.

6.1.1 Material tillhandahållen

Studier gjorda för HTC har tillhandahållits av företaget och inkluderar Alexandersson (2006) och Hellström (2006). Dessa har utgjort en grund i formulerandet av funktionell enhet och identifieringen av viktiga aspekter utöver att bidra med data.

6.1.2 Enkäter

Det tillhandahållna materialet tillsammans med inläsning av tidigare studier rörande golvvård och tillverkning av golv möjliggjorde skapandet av en förenklad enkät som gick till HTC. Enkäten var ett första steg till att lägga en grund för inhämtning av data. Utifrån att frågor kvarstod och nya frågor uppkom skapades en ytterligare enkät. Utöver enkäterna har telefonintervjuer och e-post använts.

6.1.3 Intervjuer och e-post

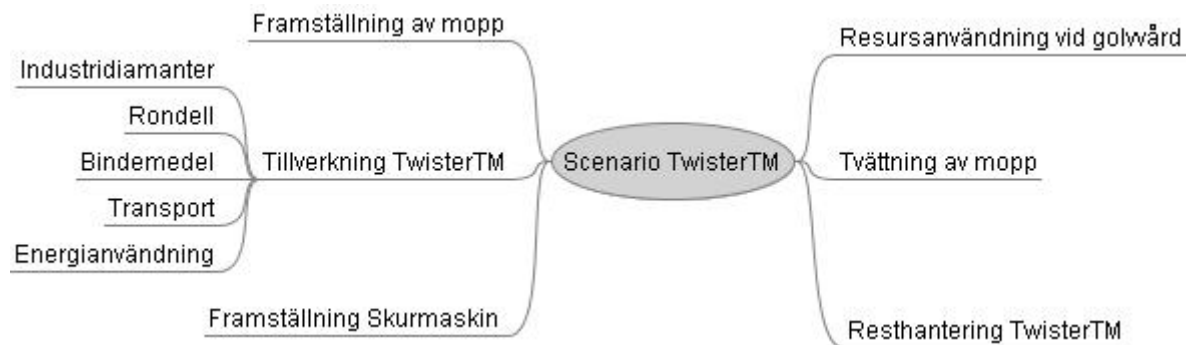
Kortare telefonintervjuer har skett för att dels samla in data, men även för att klargöra vissa osäkerheter som identifierats i tidigare studier eller för att se ifall tidigare studiers slutsatser fortfarande är giltiga. Fokus har inte varit på själva intervjuens genomförande därför har det inte skett någon inspelning eller transkribering av intervjuerna utan enbart noteringar. Målet med intervjuerna har alltid varit att kunna komma vidare i studien genom att få tag i data, processbeskrivningar eller bekräftelse på att data använts på rätt sätt. Detta gäller såväl telefonintervjuer som e-post. I de fall en intervju eller e-post ligger till grund för påstående redovisas kontaktpersonen, som sedan presenteras ytterligare i referenserna.

6.2 Inventering av Scenario Twister™

Detta avsnitt beskriver de olika produkterna och processerna, som krävs vid användning av Twister™-metoden. Scenariot utgår ifrån att frekvent golvvård sker 122 gånger om året (var tredje dag). Detta bör vara tillräckligt för att uppfylla kvalitetskraven, som är satta gällande funktionella enheten.

Under vissa av produkterna och processerna presenteras flera olika alternativ över hur det går att räkna. Det bör påpekas att Twister™-metoden i denna studie innebär att två Twister™-rondeller används (Lundin, 2008). Transportvägen för varje material är beskriven under

respektive material, medan den totala inventeringen av transporter beskrivs i avsnitt 6.3.4. Det underlag som presenteras under varje rubrik är de som används i Scenario Twister™ och som beskrivs framöver. En översikt av själva modellen syns nedan i Figur 1.



Figur 1. Modell av Scenario Twister™

6.3 Tillverkningsfas

Tillverkningen av en Twister™-rondell sker genom att en rondell får sin ena sida sprejad med industriamanter och bindemedel. Rondellen bakas i ugn för att få bindemedlet att härda (Alexandersson, 2006). Samtliga komponenter till Twister™-rondellen köps in och transporteras till HTC i Söderköping. Transporten av komponenterna innebär även en transport av respektive komponents emballage.

6.3.1 Industriamanter

Industriamanterna köps in från företaget Element Six och levereras från Irland till HTC. Frakten sker med fartyg från Irland till Göteborg och därifrån med lastbil till Söderköping (HTC, 2008).

Då denna studie påbörjades saknades data, gällande miljöpåverkan vid framställning av industriamanter, hos leverantören Element Six (Homanen, 2008). Genom denna studie har insamlandet av data gällande industriamanterna påskyndats så pass att leverantörens uppgifter kunnats användas (Bozzoni, 2008). Alternativet hade varit att ur en ekonomisk modell beräkna eventuell miljöpåverkan utifrån energiåtgång. Detta hade varit mindre tillförlitligt än den data som nu använts, då ett produktpris bland annat innehåller vinstmarginal, fasta kostnader, löner. Med andra ord är den data som ligger till grund för industriamanter mer realistisk än en ekonomiskt beräknad miljöpåverkan.

I denna studie har industriamanternas miljöpåverkan baserats på att materialet är grafit med ett utbyte viktmissigt på 1:1 och en energiåtgång vid tillverkning på 0,84 kWh/gram (Bozzoni, 2008). För att beräkna miljöpåverkan av energiåtgången har det utgått från att energin är baserad på irländsk bränslemix (IEA, 2005).

6.3.2 Rondell

Tillverkningen av rondellen har begränsats till själva materialframställningen. Den energiåtgång som eventuellt går åt vid en urfasning av materialet till själva rondellen har inte beaktats likväl eventuellt spill har inte tagits med. Rondellen består av polyester och väger 170 gram styck (Alexandersson, 2006). Frakten sker från USA till Göteborg, varifrån den transporteras med lastbil via Jönköping och Norrköping till Söderköping (HTC, 2008; Jacobson, 2008). Då det saknas uppgift om varifrån inom USA transporten börjar har det utgått från att transporten sker från New York i Scenario Twister™. Valet av New York som

avsändardestination bygger på de fraktleder som finns mellan Göteborg och USA (Farnel Capital, 2008).

6.3.3 Bindemedel

Vid produktionen av Twister™-rondellen används flera kemikalier. Kemikalierna ska binda industridiamanterna till rondellen samt göra det lättare att kunna avgöra när det är dags att byta rondell (genom att färgen slits ned) (Alexandersson, 2006).

Av sekretess skäl har de olika kemiska komponenterna som behövs vid framställning av Twister™-rondellen slagits samman till ordet *bindemedel*.

Vid tillämpning av insamlad data gällande bindemedel har flera osäkerheter framkommit. En anledning är att produktnamnet är ett försäljningsnamn som inte alltid beskriver innehållet.

I de fall då det har varit möjligt att precist identifiera de kemiska beståndsdelarna har svårigheter stötts på vid själva implementeringen i modellen. Dessa svårigheter beror främst på grund av begränsningar i databaser. Därför har de kemikalier som bindemedlet består av hanterats följande vis:

- Samtliga kemikalier har spårats till leverantören och den transport som kemikalien kräver har implementerats i modellen.
- De kemikalier som kan tänkas ha betydande miljöpåverkan har implementerats i den grad som databaserna har tillåtit.
- De kemikalier som har identifierats med ringa miljöpåverkan och/eller har varit för svåra att implementera i modellen, på grund av brister i databaserna, har beräknats utifrån transporten.

Denna hantering av kemikalier har lett till att denna studie har fokuserat på fenol (Frischknecht *et al.*, 1996). Till detta har de transporter samtliga kemikalier kräver beräknats. Beräkningsmässigt har det antagits att kemikalierna transporteras från Kolding, Danmark med lastbil till Söderköping och från Devon, England med fartyg till Göteborg för att därefter med lastbil till Söderköping.

6.3.4 Transporter

Två verktyg har använts för att beräkna fraktsträckan. Det ena, Google Maps Sverige (Google 2008 – Kartdata 2008), har använts vid beräkning av transport till väg och det andra, SeaRates (Farnel Capital, Inc) har använts till transport till havs. Studien har endast fokuserat på transporten av materialen till produktion av Twister™-rondellen. Däremot har inte distributionen av Twister™-rondellen och eventuell transport av skurmaskinen inte tagits i beaktelse. Detta kan ha stor betydelse då skurmaskinen väger 800 kg och är stor och skrymmande att transportera.

I de fall utgångspunkten för transporterna har gått att identifiera har denna valts och därefter har Söderköping angetts som slutdestination. I vissa fall används flera transportmedel i själva frakten och att flera omlastningar måste ske.

Tabell 1 visar distansen och det transportsätt som använts i beräkningen. Transport till land har gått att spåra till den grad att distansen till eventuell omlastning ingår (Jacobson, 2008). Samtliga distanser är omräknade till km. Kemikalierna har lagts samman efter att de har beräknats var för sig för att inte de olika kemikalierna ska framgå.

Tabell 1. Data för transporter

Material	Ursprung	Landsväg	Till havs
Diamanter	Irland	331 km	1 685 km
Rondell	USA	331 km	6 354 km
Kemikalier	Varierar	720 km	1 260 km

Vid insamlandet av data till denna studie konstaterades att emballaget i vissa fall vägde lika mycket eller mer än själva produkten som transporterats. Därför har emballagets vikt adderats till produktens vikt vid att beräkandet av transporternas inverkan. Emballaget har i de flesta fall kunnat återanvändas av HTC, exempelvis då det rör sig om lastpallar. Därför har det antagits att emballaget inte har någon mer miljöpåverkan i sig. Tabell 2 redovisar de olika vikterna som materialen inklusive emballage har utslaget per Twister™-rondell. Precis som för transporterna har kemikalierna lagts samman efter det att de beräknats separat.

Tabell 2. Vikt inklusive emballage

Diamanter	2,38 g
Rondell	348,1 g
Kemikalier	30,36 g

Genom att addera den vikt de olika materialen som Twister™-rondellen består av tillsammans med den sträcka respektive material transporterats skapas enheten kgkm. Därmed kan samtliga transporter beräknas utifrån transportmedel (se Tabell 3).

Tabell 3. Transporter

Fordon	kgkm
Lastbil ¹	134
Bulklastfartyg ²	2 218

¹ BUWAL 250, 1998

² Frischknecht *et al.*, 1996

Av naturliga skäl finns det flera osäkerheter gällande miljöpåverkan från transporter. Då det vanligtvis görs LCA på produkter och tjänster ligger transport av material och komponenter samt resthantering över 5 procent av den totala miljöpåverkan, vilket kan vara en riktlinje i denna studie (Jørgensen *et al.*, 1996).

I denna studie kommer de främsta osäkerheterna kring transporter av att HTC anlitar expeditörsföretag för att leverera material från leverantörer och för att skicka de färdiga produkterna till kund och återförsäljare. Detta gör att själva miljöpåverkan uppkommen från transporten inte ligger inom HTC:s kontroll utan expeditörsföretaget. HTC kan använda sig av flera olika expeditörsföretag, vilket gör att en mera noggrann kartläggning skulle kräva ytterligare fördjupning.

Expeditörsföretaget levererar ofta till centrallager och samtransporterar av kostnadsskäl, vilket kan leda till att transportsträckan är längre än uppskattat (Jacobson, 2008).

Vissa transportsträckor saknar även aktörer, något som kan leda till att rimligheten av vald transportsträcka kan diskuteras. Detta gäller framförallt transport till havs.

6.3.5 Tillverkning

Tillverkningen av Twister™-rondellen sker i Söderköping. Processen sker som följande: först sprejas rondellen med kemikalierna, som blandats med industridiamanterna. Därefter bakas

rondellen i en ugn så att kemikalierna härdas. Till sist paketeras produkten för att skickas iväg till återförsäljare eller kund. Det beräknas gå åt 0,27 kWh för att tillverka en Twister™-rondell (HTC, 2008). Energin antas utgöra av svensk bränslemix (BUWAL 250, 1998; Frischknecht *et al.*, 1996).

Då en ugn används för att härda bindemedlet och diamanterna på rondellen kan energianvändandet per rondell variera beroende på hur många rondeller som tillverkas per omgång. En anledning till variation kan vara den energiåtgång som går åt för att värma upp ugnen till den rätta temperaturen. I studien har energiåtgången för uppvärmning ansetts som ringa.

6.4 Användningsfas

Twister™-metoden innefattar en grovstädning med torr flergångsmopp i syfte att ta bort större partiklar. Därefter används en skurmaskin, som i detta fall beräknas använda sig av två stycken Twister™-rondeller med en storlek på 17 tum var. Livslängden på en Twister™-rondell beror på hur många kvadratmeter en Twister™-rondell räcker till innan den räknas som förbrukad. Detta då den effektiva ytan på rondellernas slits ned allteftersom golvvårdsmomentet fortlöper. Livslängden varierar kraftigt beroende på en rad faktorer såsom golvmaterial, behov av golvvård, årstid med mera. Hur golvvårdsmomentet går till har beskrivits och bekräftats av både Karlsson (2008) och Lundin (2008). Vid insamlandet av data framkom dock olika bud på livslängd (se Tabell 4). I grundscenariot utgår det ifrån att livslängden är 35 000 kvm. Det är den uppgift som används vid marknadsföring och försäljning av Twister™-metoden (Karlsson, 2008).

Tabell 4. Livslängd för en Twister™-rondell

Källa	kvm
Aquatech ¹	35 000
ISS Cleaning ²	21 000 – 28 000

¹ Karlsson, 2008

² Lundin, 2008

6.4.1 Tillverkning av flergångsmopp

Twister™-metoden påbörjas genom att golvet torrmoppas för att få bort större gruspartiklar från golvet. Material och energiåtgång för tillverkning av en flergångsmopp presenteras i Tabell 5 (Paulsen, 1999).

Tabell 5. Tillverkning av flergångsmopp

Trä ¹	5 g
Polyester ²	5 g
Elektricitet från olja ³	0,136 MJ
Elektricitet från svensk bränslemix ³	0,153 MJ

¹ Franklin Assoc, 1998

² Dutch bureau of emission registrations, 1992

³ BUWAL 250, 1998; Frischknecht *et al.*, 1996

6.4.2 Användning av flergångsmopp

En flergångsmopp beräknas räcka till att städa 900 kvm innan den behöver tvättas och den antas behöva dammsugas av efter 100 kvm med en dammsugare på 1 000 W i 30 sekunder. Tvättning av mopp är beräknad utifrån tvättmedlets torrsvikt. I Tabell 6 redovisas den material och den energi som krävs vid användandet av flergångsmopp vid rengöring av en

kvadratmeter. Samtliga data för flergångsmopp och resursanvändningen vid torr mopponing är taget från Paulsen (1999).

Tabell 6. Resursanvändning vid torr mopponing

Resurs	per kvm
Moppanvändning	$1,11 \cdot 10^{-07}$ st
Vattenåtgång vid tvätt ¹	$3,50 \cdot 10^{-03}$ liter
Energiåtgång tvätt ²	$4,86 \cdot 10^{-04}$ MJ
Energiåtgång dammsugning ²	$4,94 \cdot 10^{-03}$ MJ

¹ Köbenhavns Vand, 1999

² BUWAL 250, 1998; Frischknecht *et al.*, 1996

6.4.3 Skurmaskin

TwisterTM-metoden förutsätter användandet av någon slags skurmaskin. TwisterTM-rondellen finns i flera olika storlekar beroende på vilken skurmaskin den ska användas tillsammans med. I denna studie har skurmaskinen beräknats motsvara en Taski Combimat 4000. Det är en kombimaskin som kan anses vara representativ för den svenska städmarknadens större maskiner (Paulsen, 1999).

Maskinen består av HDPE-plast samt stål och har ett batteri av bly (se Tabell 7). Då en skurmaskin har en annan livslängd än övriga materiel som används vid golvvård har appliceringen av skurmaskinen i modellen hanterats på två sätt. Dels genom att beräkandet av skurmaskin har utgått utifrån en ekonomisk avskrivning på 8 år. Dels genom att beräkandet enbart har utgått utifrån förbrukningsmaterial och därmed exkluderat skurmaskinen.

Det ekonomiska perspektivet använts för att göra skurmaskinens miljöpåverkan hanterbar och för att påvisa hur skurmaskinen står sig jämfört med övriga komponenter som TwisterTM-metoden kräver. Rimligheten av att beräkna utifrån ekonomisk avskrivning går att diskutera vidare, då ekonomiska aspekter kan ha andra begränsningar än miljömässiga aspekter.

Valet att enbart beräkna förbrukningsartiklar och därmed exkludera skurmaskinen från livscykeln har sin grund i att HTC inte kan påverka vilken skurmaskin, som kunden använder sig av och att om skurmaskinen skulle ha stor inverkan så går det att ifrågasätta rimlighetsgraden av avskrivningstakten. Därmed bör en exkludering av skurmaskin bidra till en fokusering på den metod som HTC tillhandahåller och inte på den skurmaskin som används för att utföra metoden. Det bör påpekas att en exkludering av skurmaskinen inte innefattar en exkludering av de resurser som behövs vid användandet av skurmaskin.

Tabell 7. Taski Combimat 4000

Stål ¹	215 kg
HDPE ²	144 kg
Bly ³	441 kg
Svensk energimix ⁴	28045 MJ

¹ Frischknecht *et al.*, 1996

² BUWAL 250, 1998

³ Frischknecht *et al.*, 1996

⁴ BUWAL 250, 1998, 1996; Frischknecht *et al.*, 1996

6.4.4 Resursanvändning vid städning med skurmaskin

Skurmaskinen beräknas använda en deciliter vatten (som genom städningen blir smutsvatten) och 0,01 MJ per kvm rent golv (Paulsen, 1999, Tabell 52; Karlsson, 2008). Energiåtgången är beräknad efter svensk bränslmix. Skurmaskinen är beräknad utifrån att den används var

tredje dag året runt och då städa en yta motsvarande 10 000 kvm per gång. Livslängden på skurmaskinen är satt efter en ekonomisk avskrivning på 8 år (se Tabell 8). Vattenåtgången och energiåtgången vid städning redovisas separat i fortsättningen för att underlätta vid jämförelse av resultat.

Tabell 8. Resursanvändning vid städning med skurmaskin

Resurs	per kvm
Skurmaskin	$1,03 \cdot 10^{-07}$ st
Vattenåtgång ¹	0,1 liter
Energiåtgång ²	0,01 MJ

¹ Københavns Vand, 1999

² BUWAL 250; 1998 Frischknecht *et al.*, 1996

6.5 Resthantering

Resterna från Twister™-metoden kan delas upp i tre fraktioner: mopp, smutsvatten och städrondell. Resthanteringen är något som HTC i dagsläget inte kan råda över. Ett sätt att lösa delar av detta är att HTC samlar in förbrukade Twister™-rondellerna samtidigt som nya levereras. Men konsekvensen av en sådan hantering är så pass komplex att den inte ryms i denna studie.

Flergångsmoppen återvänds efter att ha tvättats, vilket är beskrivet tidigare. Variationen av smutsvattnets innehåll beror på vad för slags smuts som funnits på golvet och kommer inte att beaktas mer i denna studie.

Städrondellerna slängs i övriga grovsopor och hanteras därefter som vanligt hushållsavfall (Sjögren, 2008). Grovsoporna transporteras därefter i en lastbil på 28 ton med en uppskattad transportsträcka på 30 km till en förbränningsanläggning (BUWAL 250, 1998). Att en Twister™-rondell, som är förbrukad, förbränns är ett rimligt antagande så länge den geografiska begränsningen är satt till Sverige.

I denna studie har det beräknats att städrondellen motsvarar energiutvinningen vid förbränningen av polyeten av motsvarande vikt som rondellen. Förbränningen har beräknats utifrån en verkningsgrad på 90 % och med ett energiinnehåll på 43 MJ/kg (Tillmann *et al.*, 1991). Inga emissioner har räknats med då förbränningen antas ske genom sameldning av andra fraktioner. Den energi som utvinns, beräknas användas i fjärrvärmesystem för bostäder, service m.m. och ersätter motsvarande energimängd från biobränslen, i detta fall biomassa från skog (BUWAL 250, 1998). Miljöpåverkan av resthanteringen finns redovisat i Tabell 9. Valet att låta en Twister™-rondell ersätta motsvarande energimängd av biobränslen vid förbränningen är kopplade till försiktighetsprincipen.

Med försiktighetsprincipen avses i detta fall att då osäkerhet råder utgå ifrån teknik som inte är den senaste eller mest miljövänliga. Exempelvis skulle den mängd energi som utvinns vid förbränning av förbrukade Twister™-rondeller ersättas av energi på marginalen (olja eller kol). Utifrån försiktighetsprincipen har även eventuell framställning av elektricitet vid förbränningen ignorerats då inte alla värmeverk klarar av detta. Därmed kan det resultat som framkommer utifrån modelleringen påvisa en miljöpåverkan som är högre än verkligheten. Detta då en material- eller energiåtervinning, som är bättre än den beräknade, kan bidra till att minska behovet av andra material- eller energikällor, som ger upphov till större miljöpåverkan.

Tabell 9. Resthantering av Twister™

Resurs	Per Twister™
Lastbil ¹	30 km
Förbränning av biobränslen ¹	38,7 MJ

¹ BUWAL 250, 1998

6.6 Andra scenarier

För att jämföra Twister med golvvårdsmetoder som bygger på polish eller vax har två scenarier skapats utöver Scenario Twister. Dessa är Scenario Polish och Scenario Vax.

6.6.1 Scenario Polish

Scenariot bygger på att golvet har behandlats med polish och att den frekventa skötseln sker med ett allrengöringsmedel och städmaskin. Det periodiska underhållet sker en gång per år och den frekventa städningen sker tre gånger i veckan. Data är taget ifrån en tidigare studie av Paulsen (2003), men med skillnaden att här är den omräknad till att passa den funktionella enheten i denna studie. Scenariot innefattar enbart energiåtgång och tar ingen hänsyn till den eventuella miljöpåverkan kemikalierna ger upphov till, då de används vid den frekventa skötseln respektive periodiska underhållet. Även data för tillverkning av maskiner som används vid frekvent skötsel och periodiskt underhåll utgår ifrån energiåtgång. Data för detta scenario finns presenterat i Tabell 10.

Tabell 10. Indata till Scenario Polish

Parameter	Energi (MJ) ¹
Frekvent skötsel	3,11
Periodiskt underhåll	6,50
Tillverkning av maskiner	0,46

¹ BUWAL 250, 1998; Frischknecht *et al.*, 1996

6.6.2 Scenario Vax

Scenariot bygger på att golvet har behandlats med vax och att den frekventa skötseln sker genom att golvet skuras med en återvinningsbar mopp med ett vaxbaserat rengöringsmedel. Det periodiska underhållet sker en gång per år och den frekventa städningen sker tre gånger i veckan. Indata är taget ifrån en tidigare studie (Paulsen, 2003) men med skillnaden att här är den omräknad till att passa den funktionella enheten i denna studie. Scenariot innefattar enbart på energiåtgång och tar ingen hänsyn till den eventuella miljöpåverkan kemikalierna ger upphov till då de används vid den frekventa skötseln respektive det periodiska underhållet. Data för detta scenario finns presenterat i Tabell 11.

Tabell 11. Indata till Scenario Vax

Parameter	Energi (MJ) ¹
Frekvent skötsel	12,75
Periodiskt underhåll	0,69
Tillverkning av maskiner	0,14

¹ BUWAL 250, 1998; Frischknecht *et al.*, 1996

6.6.3 Osäkerheter beträffande Scenario Polish och Scenario Vax

Vid skapandet av Scenario Polish och Scenario Vax eftersträvades att resultatet skulle bidra till att belysa de skillnader som scenarierna hade jämfört med Scenario Twister™. Till en

början var det därför önskvärt att använda samma data för moppning och skurmaskiner om så var möjligt. Men detta ändrades då data till scenarierna togs ifrån Paulsen (2003) och inte Paulsen (1999). Därmed försvann möjligheten till att tillämpa samma värden för skurmaskin som används i Scenario Twister™ som dessa scenarier. Denna problematik har hanterats på två sätt, som nämnts i avsnitt 6.4.3. Därmed beräknas Scenario Polish och Scenario Vax utifrån att tillverkning av maskiner dels inkluderas och dels genom att tillverkning av maskiner exkluderas.

Skillnaden mellan Paulsen (1999) och Paulsen (2003) är att i den senare framkommer inte data för golvvårdsutrustning, såsom skurmaskiner och moppar, tillräckligt transparent för att det i denna studie skulle vara möjligt att jämföra samtliga scenarierna. Det som dock går att se i de data, som är tagen från Paulsen (2003), är att tillverkningen av de maskiner, som behövs vid golvvård med polish eller vax, är en mindre del än den energimängd som går åt vid det frekventa skötseln eller periodiska underhållet.

Till Scenario Polish och Scenario Vax har även kemikaliernas miljöpåverkan beräknats utifrån energianvändning vid tillverkning och transport av kemikalien. Däremot har inte kemikaliens själva miljöpåverkan vid användande och resthantering beaktats. Detta gör att Scenario Polish och Scenario Vax har en lägre beräknad miljöpåverkan än vad som överrensstämmer med verkligheten. (Paulsen, 2008)

Då bägge scenarierna är beräknade ur ett energiperspektiv finns det ingen anledning att bryta ner dem ytterligare. En nedbrytning skulle endast redovisa den miljöpåverkan svensk bränslemix har och inte den som golvvård med respektive metod ger upphov till.

7 Miljöpåverkansbedömning

Detta kapitel innehåller det samlade resultatet av miljöpåverkansbedömning utifrån den data som återfinns i tidigare kapitel. Kapitlet börjar med en beskrivning av hur denna miljöpåverkansbedömning skett och hur den senare redovisas samt en presentation av osäkerheter som måste beaktas beträffande databaser. Därefter kommer tre avsnitt som presenterar själva resultatet av miljöpåverkansbedömningen. Den första är en jämförelse mellan golvvårdsmetoderna Twister™, polish och vax. Jämförelsen baseras dels utifrån att de maskiner som golvvårdsmetoderna kräver inkluderas och dels utifrån att maskinerna exkluderas. Därefter sker en nedbrytning av Twister™, för att påvisa vilken del av Twister™, som bär den största miljöpåverkan. Det tredje avsnittet är en analys av Twister™-rondellen, för att påvisa vilket material eller process vid tillverkningen som har störst påverkan.

Miljöpåverkansbedömningen sker utifrån en skadebedömning. Värdena för skadebedömningen återfinns i Bilaga 1 - Skadebedömning. För att underlätta och tydliggöra resultatet av modelleringen presenteras resultatet i procent, både i tabellform och i diagram med fokus på skadebedömningens kategorier.

7.1 Modellering och beskrivning av programvaran

Den större delen av arbetet i denna studie ligger i att skapa en modell för att beskriva det system som golvvård utgör. Modellen har skapats i programmet SimaPro 7.0. Programmet kan använda sig av flera LCA metoder, i denna studie har Eco 99 använts. Data till de olika metoderna och därmed de olika skademodellerna återfinns i flera olika databaser som programmet innehåller.

Valet av metod grundades efter testkörning av programvaran och utifrån de databaser som programvaran bygger på, då vissa metoder är bättre utvecklade för specifika databaser. I avsnitt 3.3 framkommer det vilken databas, som använts till respektive produkt och process.

Eco 99 använder sig av tre skadekategorier: Mänsklig hälsa, Ekosystemskvalitet och Resursanvändning. Närmare beskrivning av metoden och dess skadekategori och deras respektive enhet finns i Bilaga 2 - Eco-indikator 99.

Resultatet från simuleringen i programmet har exporterats till Microsoft Office Excel 2003 för att förtydliga resultatet i tabell- och diagramform.

7.2 Osäkerheter vid användning av databaser

Vid genomförandet av modellering med databaser framtvings kompromisser. Oftast handlar dessa kompromisser om det valda materialet ifrån databasen stämmer överens med befintligt material. Samtidigt finns det brister i databaserna, då dessa är uppbyggda av tidigare studier.

För att säkerställa modellerandet och de använda databasernas validitet till denna studie, har det vid modellerandet aktivt jämförts olika databaser och rimligheten i de värden som aktuella databaser har använt sig av. Jämförelsen har främst skett utifrån information om databasen och hur klassificeringen gått till, samtidigt som en viss trial-and-error metodik använts. Detta har bland annat lett till att den från början valda databasen som var grunden till beräkningarna av svensk bränslemix (BUWAL 250, 1998) kompletterats med än mera rättvisande värden gällande svensk kärnkraft (Frischknecht *et al.*, 1996).

Med andra ord bör en samkörning av databaser ske vid användandet av programvara som hanterar LCA för att markera de mest realistiska värdena samt komplettera de som saknas.

Det område gällande databaser, som varit mest svårt att bedöma rimligheten hos har varit modellering av transporter. Modellerande av transport ställer krav på kunskap om vilken typ av fordon som används för transporten och vilken databas värdena för fordonet hämtas från. Det måste även tas hänsyn till huruvida samtransport äger rum eller inte. Ett sätt att hantera detta är att allokera transporternas påverkan utifrån vikt (Rydh et al., 2002). Allokering innebär att de emissioner, som material och energianvändande ger upphov till, fördelas mellan produktgemensamma processer. I detta fall har vikten av det material som transporteras kopplats till ett antagande om hur stor del av den totala transportlasten som det utvalda materialet utgör. Detta har gjorts genom att de varor som transporterats till sjöss fått en allokering med 50 procent av den totala miljöpåverkan som frakten med bulklastfartyg innefattar, och varor som transporterats till land fått en allokering med 40 procent av den totala miljöpåverkan som frakten med lastbil innefattar (Frischknecht et al., 1996). Att allokeringen är kopplad till vikt och inte volym, bidrar till osäkerheter då rondellen är relativt lätt till vikten, men samtidigt är skrymmande.

7.3 Jämförelse mellan scenarierna

I detta avsnitt presenteras de olika scenarierna i jämförelse med förhållandet till referensscenariot Scenario Twister™. Resultatet är uppdelat i två delar. Den första delen är en jämförelse mellan scenarierna inklusive maskiner vari resultatet är presenterat i Figur 2 och Tabell 12. Den andra delen är en jämförelse mellan scenarierna utifrån enbart förbrukningsmateriel vari resultatet är presenterat i Figur 3 och Tabell 13. Figureerna är en grafiskt förtydligande av tabellerna. Därefter kommer en kort analys av vad resultatet visar.

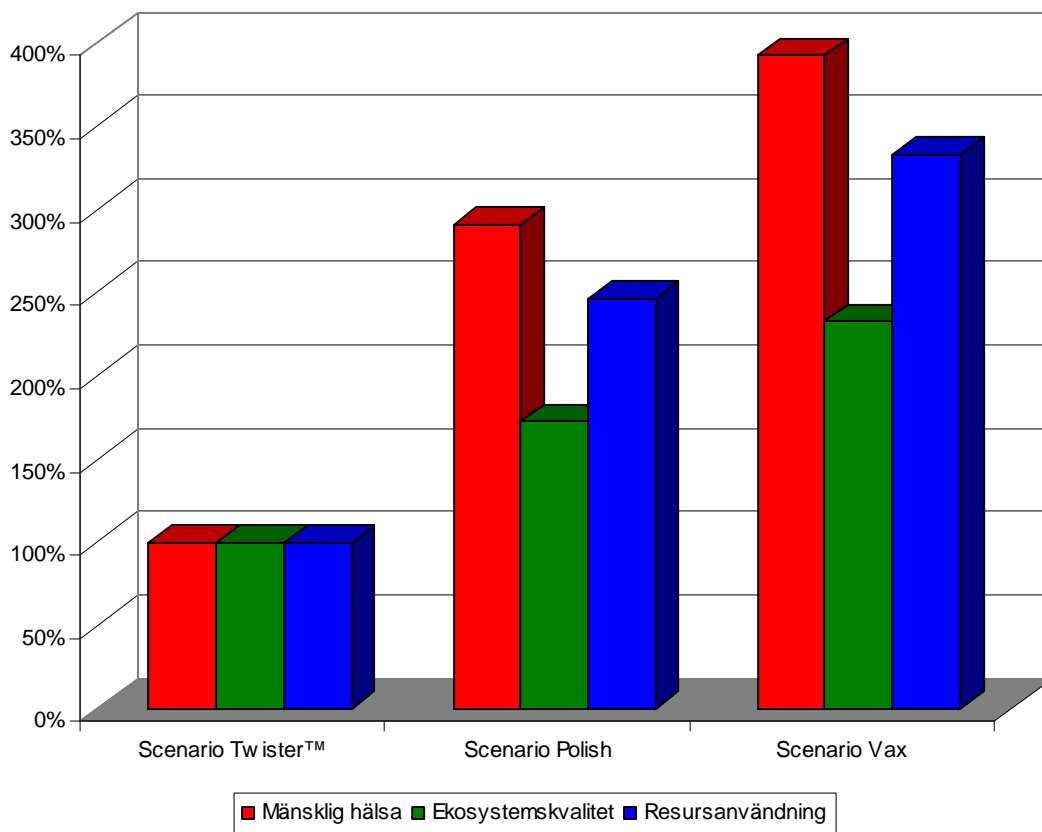
Analysen är uppdelad efter scenario och beskriver först resultatet utifrån jämförelsen mellan scenarierna inklusive maskinerna och sedan resultatet utifrån jämförelsen mellan scenarierna exklusive maskinerna (utifrån förbrukningsmaterial). Någon jämförelse mellan de olika resultaten utifrån de olika beräkningssätten kommer inte att göras i detta kapitel för att undvika förvirring, men samtidigt måste det påpekas att figurer och tabeller kan skapa en synvilla av att miljöpåverkan ökar då enbart förbrukningsartiklar jämförs, vilket inte är fallet.

Tabell 12. Skadebedömning av scenarierna Twister™, Polish och Vax inklusive maskiner

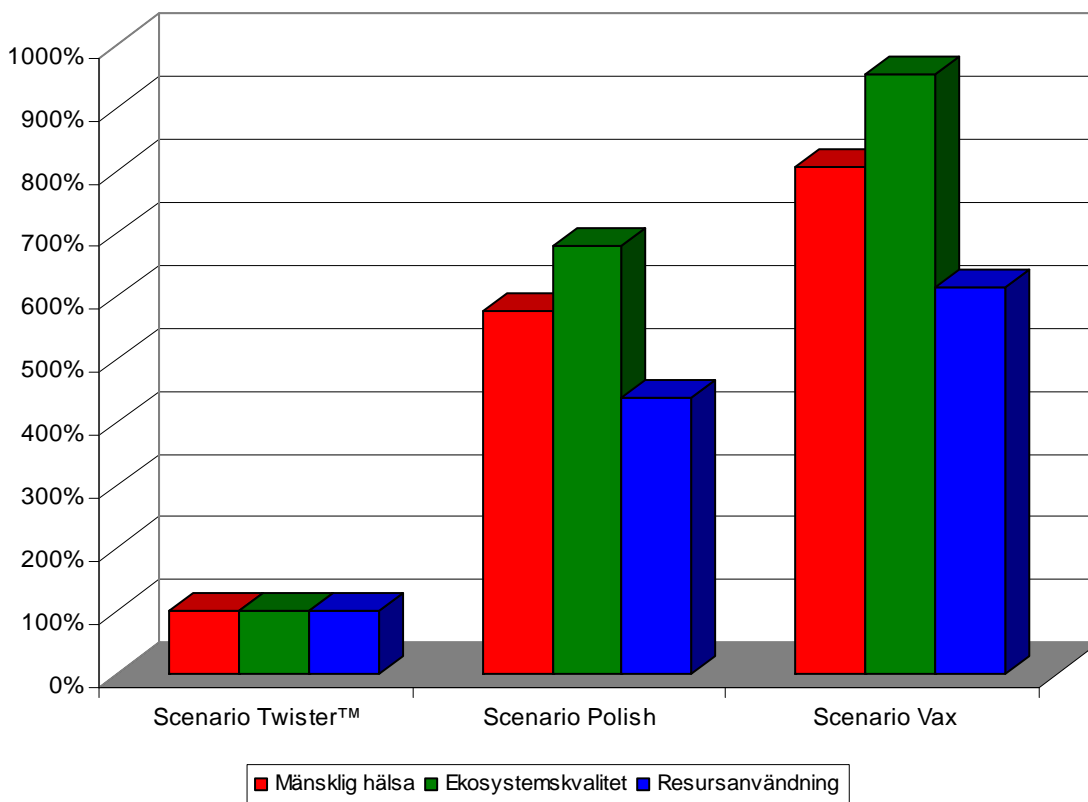
Skadekategori	Mänsklig hälsa	Ekosystemskvalitet	Resursanvändning
Scenario Twister™	100 %	100 %	100 %
Scenario Polish	291 %	172 %	246 %
Scenario Vax	392 %	232 %	333 %

Tabell 13. Skadebedömning av scenarierna Twister™, Polish och Vax enbart förbrukningsmateriel

Skadekategori	Mänsklig hälsa	Ekosystemskvalitet	Resursanvändning
Scenario Twister™	100 %	100 %	100 %
Scenario Polish	576 %	681 %	439 %
Scenario Vax	806 %	953 %	614 %



Figur 2. Skadebedömning av scenarierna Twister™, Polish och Vax inklusive maskiner.



Figur 3. Skadebedömning av scenarierna Twister™, Polish och Vax enbart förbrukningsmateriel

7.3.1 Scenario Twister™

Scenario Twister™ är satt till att vara referens. Detta innebär att övriga scenarier jämförs mot detta genom att det jämförda scenariots miljöpåverkan i skadekategorin divideras med den miljöpåverkan som Scenario Twister™ har i respektive skadekategori. De scenarier som har högre värde än 100 procent är sämre miljömässigt än Scenario Twister™.

Resultaten visar tydligt att Scenario Twister™ har lägst miljöpåverkan av samtliga scenarier. Detta gäller oavsett ifall scenarierna enbart beräknats utifrån förbrukningsmateriel, likväl som när maskinernas miljöpåverkan inkluderats i beräkningen.

7.3.2 Scenario Polish

Jämförs Scenario Polish med Scenario Twister™ framgår det att Scenario Polish är sämre i samtliga skadekategorier, men är fortfarande bättre än Scenario Vax. Precis som i Scenario Twister™ är placeringen oberoende till huruvida beräkandet utgått ifrån att enbart beröra förbrukningsmateriel eller innefatta golvvård inklusive maskiner. Dock är skillnaden mellan de olika scenarierna olika beroende på ifall maskinerna är inkluderade eller inte.

Scenario Polish har en 191 procent högre påverkan på Mänsklig hälsa, en ökad försämring av Ekosystemskvaliteten med 72 procent samt en ökad Resursanvändning på 146 procent högre än Scenario Twister™ då maskiner inkluderas i beräkningen.

Ifall jämförelsen enbart bygger på förbrukningsmateriel så har Scenario Polish en 476 procent högre påverkan på Mänsklig hälsa, en ökad försämring av Ekosystemskvaliteten med 581 procent samt en Resursanvändning på 339 procent högre än Scenario Twister™.

Det bör påpekas att scenariot enbart bygger på energianvändande och att eventuell toxicitet som kemikalieanvändandet ger upphov till har ignorerats. Detta kan göra att skillnaden mot övriga scenarier förändras till det sämre. Dock är det tydligt att scenariot är klart sämre ur ett livscykelperspektiv i samtliga skadekategorier, jämfört med Scenario Twister™ vare sig ifall livscykeln innefattar maskiner eller avgränsas till enbart förbrukningsmateriel.

7.3.3 Scenario Vax

Scenario Vax framstår, vid jämförelse med samtliga andra scenarier, som det scenario med störst miljöpåverkan i samtliga skadekategorier. Precis som i avsnitt 7.3.1 och avsnitt 7.3.2 är placeringen oberoende till huruvida beräkandet utgått ifrån att enbart beröra förbrukningsmateriel eller innefatta golvvård inklusive maskiner däremot förändras skillnaden mellan de olika scenarierna beroende på ifall maskinerna ska inkluderas eller inte.

Scenario Vax ligger på 292 procent högre påverkan på Mänsklig hälsa, en ökad försämring av Ekosystemskvaliteten med 132 procent samt en ökad Resursanvändning på 233 procent högre än Scenario Twister™ då maskiner inkluderas i beräkningen.

Ifall jämförelsen enbart bygger på förbrukningsmaterial så har Scenario Vax en 706 procent högre påverkan på Mänsklig hälsa, en ökad försämring av Ekosystemskvaliteten med 853 procent samt en Resursanvändning på 514 procent högre än Scenario Twister™.

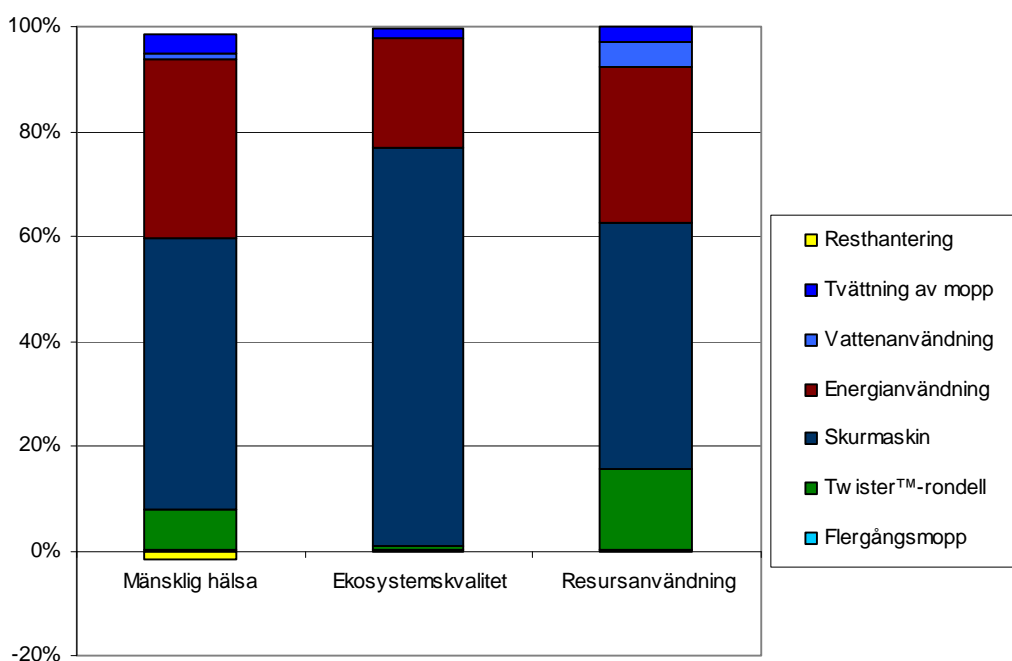
Precis som i Scenario Polish bygger Scenario Vax på energiåtgång och att eventuell toxicitet som kemikalieanvändandet ger upphov till ignoreras. Detta innebär att skillnaden mellan övriga scenarier kan ändras till det sämre. Dock är det tydligt att scenariot är sämst ur ett livscykelperspektiv i jämförelse till de övriga scenarierna vare sig ifall livscykeln innefattar maskiner eller avgränsas till enbart förbrukningsmateriel.

7.3.4 Sammanfattning av resultatet av samtliga scenarier

Det framgår tydligt att scenarierna Vax och Polish har större påverkan än Scenario Twister™ vare sig ifall livscykeln innefattar maskiner eller avgränsas till enbart förbrukningsmateriel. Om livscykeln enbart innefattar förbrukningsmaterial ökar skillnaden mellan scenarierna till fördel för Scenario Twister™. Med andra ord är Twister™-metoden en golvvårdsmetod med mindre miljöpåverkan än både polish och vax enligt detta resultat.

7.4 Scenario Twister™ nedbrutet till fraktioner

Då Scenario Twister™ innefattar flera moment än enbart Twister™-rondellen, har en nedbrytning av scenariot skett. Detta för att påvisa hur de olika fraktionerna, som ingår Scenario Twister™, förhåller sig mot varandra och därmed urskilja det bidrag som Twister™-rondellen har till den totala påverkan. Samtliga delar är vägda mot den totala påverkan som Scenario Twister™ har i varje enskild skadekategori. Resultatet är presenterat dels i Figur 4, och dels i Tabell 14. Figuren är ett försök att grafiskt förtydliga resultatet. Vissa fraktioner ger dock så låga värden att de inte framkommer utifrån den grafiska skalan i figuren, ett har ett negativt värde varav den totala påverkan i skadekategori Mänsklig Hälsa inte når upp till 100 procent. Efter tabellen kommer en analys av vad resultatet där varje fraktion ställs mot det totala.



Figur 4. Skadebedömning Twister™

Tabell 14. Skadebedömning Twister™

Skadekategori	Mänsklig hälsa	Ekosystemskvalitet	Resursanvändning
Flegångsmopp	0 %	0 %	0 %
Twister™-rondell	8 %	1 %	15 %
Skurmaskin	53 %	76 %	47 %
Energianvändning	35 %	21 %	30 %
Vattenanvändning	1 %	0 %	4 %
Tvättning av mopp	3 %	2 %	3 %
Resthantering	-2 %	0 %	0 %
Totalt	100 %	100 %	100 %

7.4.1 Flergångsmopp

Den påverkan som flergångsmoppen ger upphov till vid golvvården är så minimal att den anses utgöra 0 procent i samtliga skadekategorier. Därav framkommer den inte i Figur 4. Med detta menas inte att flergångsmoppen inte har någon miljöpåverkan, utan att påverkan är så pass litet i jämförelse med de andra komponenterna som behövs vid golvvårdsmomentet att den är försumbar.

7.4.2 Twister™-rondellen

Under ett år av golvvård med Twister™-metoden står användandet av Twister™-rondellen för 8 procent av själva påverkan på Mänsklig hälsa, 1 procent av försämringen av Ekosystemskvaliteten och en Resursanvändningen på 15 procent av den totala påverkan som Twister™-metoden ger upphov till. Resultatet visar att Twister™-rondellen är den tredje största bidragande delen till den totala miljöpåverkan som Twister™-metoden innefattar.

7.4.3 Skurmaskin

Under ett år med Twister™-metoden står skurmaskinen för 53 procent av själva påverkan på Mänsklig hälsa, 76 procent av försämringen av Ekosystemskvaliteten och en Resursanvändningen på 47 procent av den totala påverkan som Twister™-metoden ger upphov till. Därmed är skurmaskinen den enskilda del som bidrar mest till den totala miljöpåverkan som Twister™-metoden ger upphov till. Det bör påpekas att om förutsättningarna är sådana, att golvet beräknas kräva golvvård oftare än var tredje dag och/eller den totala ytan är större än angivet eller/och ifall livslängden på skurmaskinen är längre än beräknad avskrivningstid, så minskar den miljöpåverkan som maskinens produktion ger upphov till. Detta då skurmaskinens totala miljöpåverkan fördelas på fler städtillfällen respektive fler kvadratmeter.

7.4.4 Vattenanvändning vid städning

Under ett år med Twister™-metoden står vattenanvändningen för 1 procent av själva påverkan på Mänsklig hälsa, noll procent av försämringen av Ekosystemskvaliteten och en Resursanvändningen på 4 procent av den totala påverkan som Twister™-metoden ger upphov till. Värt att notera är att det kan finnas en stor variation inom detta område beroende på tillgång på vatten och tillgång på rening.

7.4.5 Energianvändning vid golvvård

Under ett år med Twister™-metoden står den energi som skurmaskinen använder för 35 procent av själva påverkan på Mänsklig hälsa, 21 procent av försämringen av Ekosystemskvaliteten och en Resursanvändningen på 30 procent av den totala påverkan som Twister™-metoden ger upphov till. Därmed är energianvändning vid golvvårdsmomentet den näst största delen av totala miljöpåverkan som Twister™-metoden ger upphov till. Till skillnad från skurmaskinen ökar denna påverkan ifall förutsättningarna kräver att frekvensen av golvvård ökar. Påpekas bör att resultatet kan variera beroende på i vilket land golvvården sker. Detta resultat är baserat på golvvård i Sverige.

7.4.6 Tvättning av mopp

Under ett år med Twister™-metoden står dammsugning och tvättning av flergångsmoppen för 3 procent av själva påverkan på Mänsklig hälsa, 2 procent av försämringen av Ekosystemskvaliteten och en Resursanvändningen på 3 procent av den totala påverkan som

Twister™-metoden ger upphov till. Även detta resultat kan variera beroende på i vilket land golvvården sker i.

7.4.7 Resthantering

Resthanteringen av ett år med Twister™-metoden har inte inkluderat smutsvattnet eller hantering av aska till deponi. Den resthantering som Twister™-rondellen ger upphov till en påverkan på Mänsklig hälsa är -2 procent samt påverkan av Ekosystemskvaliteten och Resursanvändning på noll procent. Det negativa värdet i skadekategorin kommer sig av att den energi som utvinns vid förbränningen av Twister™-rondellen ersätter värme framställd av biobränslen. Det bör påpekas att energin från resthanteringen är lägre än den som går åt vid tillverkning och därmed går det inte att förbättra miljön genom att resthantera Twister™-rondeller.

7.4.8 Sammanfattning av Scenario Twister™ nedbrutet till fraktioner

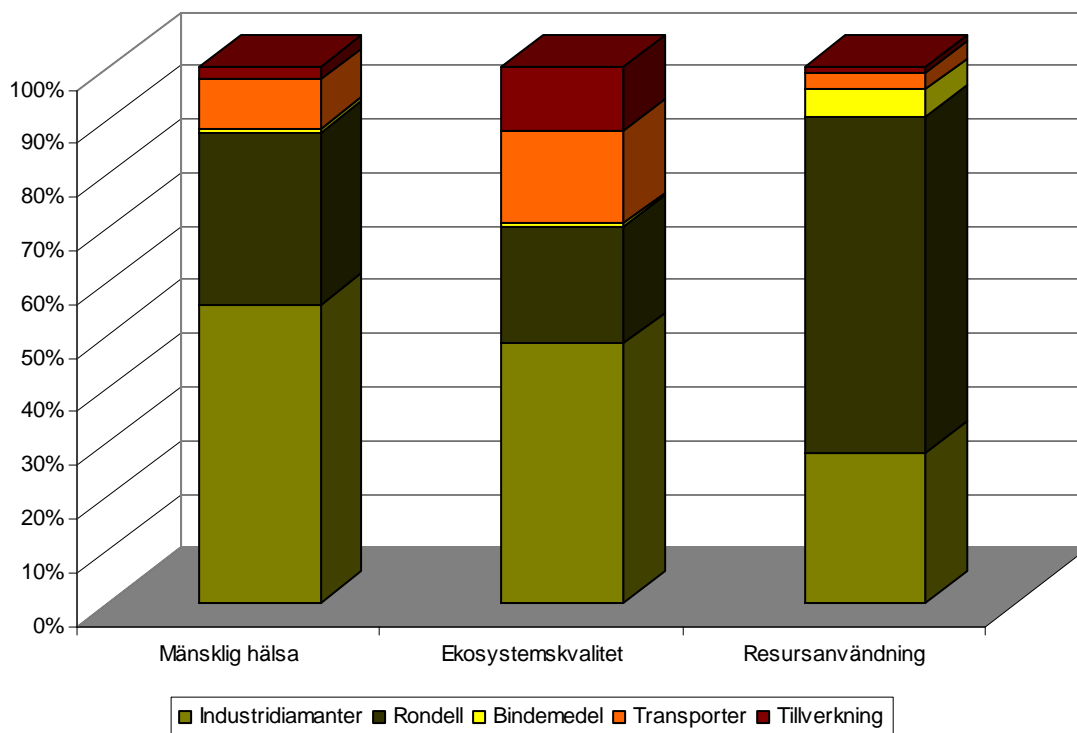
Den större delen av påverkan i Scenario Twister™ kommer ifrån användandet av skurmaskinen och energiåtgången vid utförandet av själva golvvårdsmomentet. Twister™-rondellen har en påverkan på den totala Resursanvändningen på 15 procent och är därmed den tredje största faktorn i denna kategori. Däremot har Twister™-rondellen en lägre påverkan på Ekosystemskvalitet än tvättning av mopp. Varken vattenanvändningen eller resthanteringen har någon större betydelse jämfört med övriga faktorer miljöpåverkan. Tillverkningen av flergångsmoppen har sådan minimal påverkan att det inte framgår i jämförelse med övriga faktorer som Twister™-metoden innefattar.

7.5 Skadebedömning av Twister™-rondellen

Den miljöpåverkan som Twister™-rondell ger upphov till härleds till de material och processer som Twister™-rondell består av. Genom att bryta ned dessa framkommer vilken del av produktionen som bidrar till störst påverkan. Den Twister™-rondell som är nedbruten är samma som i Scenario Twister™. Samtliga delar är vägda mot den totala påverkan som Twister™-rondellen har i varje enskild skadekategori. Resultatet är presenterat dels i Figur 5, och dels i Tabell 15. Figuren är ett försök att grafiskt förtydliga resultatet. Vissa fraktioner ger dock så låga värden att de inte framkommer utifrån den grafiska skalan i figuren. Efter tabellen kommer en analys av vad resultatet visar i varje del. Därefter kommer en sammanfattning av själva analysen.

Tabell 15 Skadebedömning Twister™-rondell

Skadekategori	Mänsklig hälsa	Ekosystemskvalitet	Resursanvändning
Industriamanter	56 %	48 %	28 %
Rondell	32 %	22 %	63 %
Bindemedel	1 %	1 %	5 %
Transporter	9 %	17 %	3 %
Tillverkning	2 %	12 %	1 %
Totalt	100 %	100 %	100 %



Figur 5. Skadebedömning Twister™-rondell

7.5.1 Industridiamanter

Den del av Twister™-rondellens framställning, som står för den större delen av den totala påverkan, är industridiamanterna. Om påverkan, från en Twister™-rondell, bryts ner står industridiamanterna för 56 procent av den totala påverkan på Mänsklig hälsa, 48 procent av den totala påverkan av Ekosystemskvalitet och 28 procent av den totala påverkan av Resursanvändning som en Twister™-rondell har.

7.5.2 Rondell

Den andra delen som bidrar till den påverkan som Twister™-rondell ger upphov till kommer från rondellen. Om påverkan, från en Twister™-rondell, bryts ner står rondellen för 32 procent av den totala påverkan på Mänsklig hälsa, 22 procent av den totala påverkan av Ekosystemskvalitet och 63 procent av den totala påverkan av Resursanvändning som en Twister™-rondell har.

7.5.3 Bindemedel

Vid framställning av Twister™-rondellen bidrar bindemedlet med en påverkan på Mänsklig hälsa med 1 procent, en påverkan på Ekosystemskvaliteten med 1 procent och en Resursanvändning på 5 procent av den totala påverkan som tillverkning av Twister™-rondell medför. Bindemedlet står således för en låg del av den totala påverkan som Twister™-metoden ger upphov till.

7.5.4 Transporter

Vid framställning av Twister™-rondellen står transporterna för en påverkan på Mänsklig hälsa med 9 procent, en påverkan på Ekosystemskvalitet med 17 procent och en Resursanvändning på 3 procent av den totala påverkan som tillverkning av Twister™-rondell medför.

7.5.5 Tillverkning

Vid framställning av Twister™-rondellen bidrar den energi som tillverkningsprocessen använder med en påverkan på Mänsklig hälsa med 2 procent, en påverkan på Ekosystemskvalitet med 12 procent och en Resursanvändning på 1 procent av den totala påverkan som tillverkning av Twister™-rondell medför.

7.5.6 Sammanfattning av Twister™-rondell

Det framgår tydligt att framställningen av industridiamanterna och rondellen bär den större delen av den miljöpåverkan som Twister™-rondellen ger upphov till. Rondell bidrar även till den större delen av transporternas miljöpåverkan, dels då rondellen är den del som väger mest av beståndsdelarna i en Twister™-rondell, men även då transportdistansen är den längsta.

8 Känslighetsanalys

Då resultatet av denna studie innehåller osäkerheter kring omfattning, datainsamlande och modeller valideras resultatet genom en känslighetsanalys. Känslighetsanalysen kan utföras för att visa vilka delar av modellen som påverkar resultatet mest eller för att hantera de delar som innefattar mest osäkerheter.

För att validera resultatet av miljöpåverkan från Twister™-metoden och samtidigt kunna jämföra med andra golvvårdsmetoder har följande hypoteser använts:

- Transportsträckan och transportmedlet skiljer sig mot de data som samlats in.
- Slitaget av Twister™-rondellen är större än beräknat.

8.1 Scenarier till känslighetsanalys

För att kunna se hur dessa hypoteser kan påverka slutresultatet har två scenarier använts för att jämföra med Scenario Twister™. Dessa scenarier är:

- Scenario Dubbelt Slitage
- Scenario Extra Transport

Det har under studiens gång övervägts att införa fler scenarier, men detta har inte behövts då det utifrån valda scenarier och nedbrytning av Scenario Twister™ går att dra slutsatser som täcker de scenarier som gallrats bort.

8.1.1 Scenario Dubbelt Slitage

Scenario Dubbelt Slitage är främst skapat för att kvalitetsäkra de antaganden som gäller Twister™-rondellernas livslängd. Scenariot går dock att använda på två sätt. Dels genom att se vad som händer ifall livslängden är kortare än beräknat. Dels genom att se vad som händer ifall den miljöpåverkan, som uppkommer från de material och processer, en Twister™-rondell kräver skulle vara dubbelt så stor. Det senare synsättet framkommer då detta scenario inte ser till livslängden på Twister™-rondellen, utan enbart ser till skillnaden mellan Scenario Twister™ och detta scenario. Därmed bör detta scenario ses som en kraftfull del i känslighetsanalysen.

Scenariot bygger på att slitaget av Twister™-rondellen är större än i Scenario Twister™. Antagandet är baserat på de olika uppgifterna om livslängd, som framkom vid datainsamlandet. I scenariot har en Twister™-rondell beräknats kunna städa hälften av den yta som i Scenario Twister™ innan den behöver bytas ut. Detta leder till en beräknad livslängd på 17 500 kvm, vilket är avsevärt lägre än uppskattningen från ISS och bör därför täcka eventuella felmarginaler (Lundin, 2008). Detta innebär att den halveringen av städyta som en Twister™-rondell räcker till gäller bägge rondellerna som används med Twister™. I övrigt använder sig Scenario Dubbelt Slitage av samma data och samma förutsättningar som Scenario Twister™.

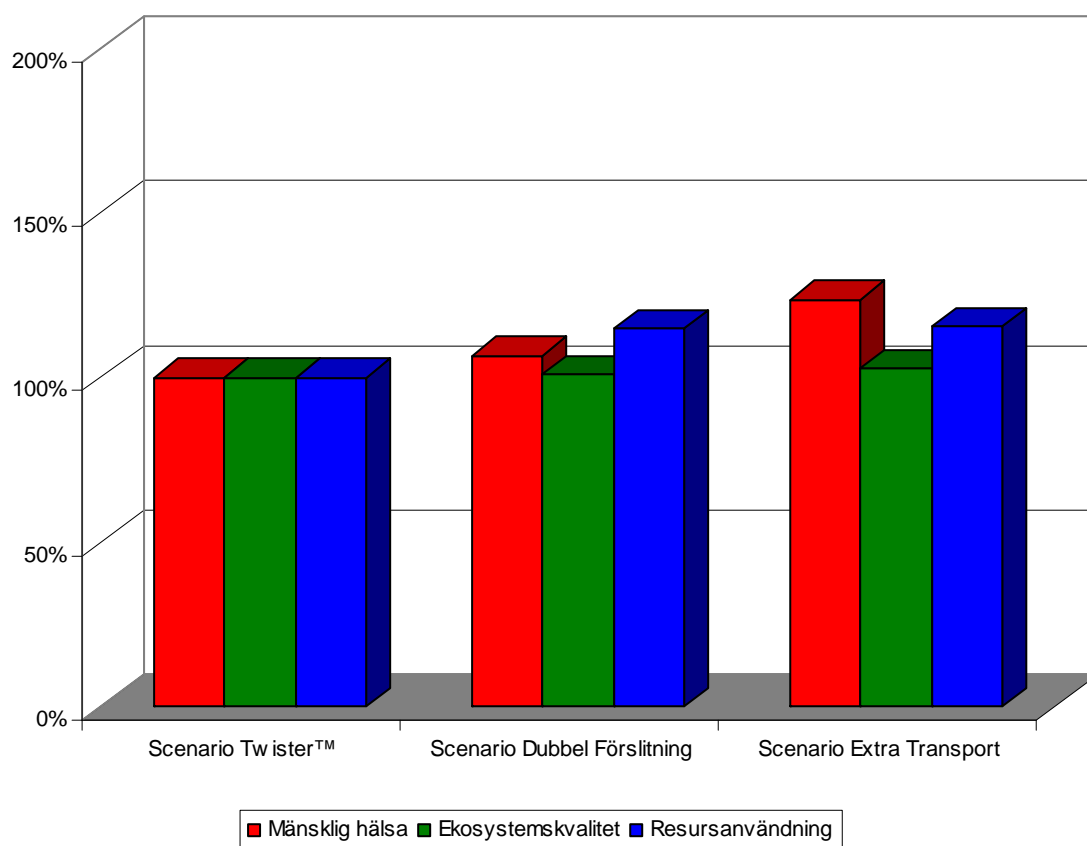
8.1.2 Scenario Extra Transport

Scenario Extra Transport är skapat för att kvalitetssäkra de antaganden som gjorts gällande transporter. De osäkerheter som konstaterats vid beräkandet av transporter framgår i avsnitt 6.3.4.

Scenariot utgår ifrån att rondellen transporterats från New York till Los Angeles med lastbil (28 000 km) för att sedan transporteras med fraktbåt via Panama (freighter oceanic, 15 000 km) till Göteborg. En fraktbåt har en större miljöpåverkan än bulklasterfartyg (Frischknecht *et al.*, 1996). I övrigt använder sig Scenario Extra Transport av samma data och samma förutsättningar som Scenario Twister™. Att scenariot utgår från en extremt förlängd transportsträcka har att göra med alla osäkerheter som kan finnas inom samtliga transportled. Genom att öka transportsträckan, av den del av Twister™-rondellen som väger mest och är mest skrymmande, så pass som gjorts i detta scenario bör eventuella felmarginaler gällande transporterna täckas.

8.2 Resultat av känslighetsanalysen

I detta avsnitt presenteras de olika scenarierna i jämförelse med förhållandet till referensscenariot Scenario Twister™. Resultatet är presenterat dels i Figur 6 och i Tabell 16. Figuren är en grafiskt förtydligande av tabellen. Därefter kommer en kort analys av vad resultatet visar.



Figur 6 Känslighetsanalys

Tabell 16 Känslighetsanalys

Skadekategori	Mänsklig hälsa	Ekosystemskvalitet	Resursanvändning
Scenario Twister™	100 %	100 %	100 %
Scenario Dubbel Förlitning	107 %	101 %	115 %
Scenario Extra Transport	124 %	103 %	116 %

8.2.1 Scenario Twister™

Scenario Twister™ är även här satt till att vara referens. Precis som tidigare innebär detta att övriga scenarier jämförs var och en mot detta genom att det jämförda scenariots miljöpåverkan i skadekategorin divideras med den miljöpåverkan som Scenario Twister™ har i respektive skadekategori. Med andra ord är de scenarier som har högre värde än 100 procent, sämre miljömässigt än Scenario Twister™. Då de jämförda scenarierna är utformade till att innefatta mer miljöpåverkan än Scenario Twister™ så framkommer resultatet naturligt, att Scenario Twister™ har lägst miljöpåverkan av jämförda scenarier.

8.2.2 Scenario Dubbel Förslitning

Om slitaget på Twister™-rondellen är dubbelt så stort som i Scenario Twister™ innebär detta en ökad påverkan på Mänsklig hälsa med 7 procent, en ökad påverkan på Ekosystemskvaliteten med 1 procent och ökad Resursanvändningen med 15 procent. Ur detta går det att tolka att en Twister™-rondell bär en mindre del den totala miljöpåverkan som Twister™-metoden innebär, jämfört med övriga delar. Ställt mot Scenario Extra Transport visar resultatet även att osäkerheterna kring transporter kan ha större betydelse gällande den miljöpåverkan som Twister™-metoden har, än ifall slitaget på Twister™-rondellerna ökar. Ställt mot golvvårdsmetoder som polish och vax, visar resultatet tydligt att även om slitaget av Twister™-rondeller ökar radikalt, blir miljöpåverkan lägre än ifall golvvård skulle ske efter de premisser som är beskrivna i Scenario Polish och Scenario Vax.

8.2.3 Scenario Extra Transport

Vid jämförelse mellan Scenario Twister™ och Scenario Extra Transport framkommer det att Scenario Extra Transport har en ökad påverkan på Mänsklig hälsa med 24 procent, en ökad påverkan på Ekosystemskvaliteten med 3 procent och ökad Resursanvändning med 16 procent. Resultatet visar att ifall distansen för transporterna av materialet till Twister™-rondellen skulle öka och transportmedlet skulle ändras blir miljöpåverkan av Twister™-metoden större (se 6.6). Då det råder osäkerheter kring insamlande av data kring transporterna är det intresse att undersöka dessa mer framöver. Dock visar resultatet att Twister™-metoden med ökad miljöpåverkan från transporter fortfarande har lägre miljöpåverkan än Scenario Polish och Scenario Vax.

8.2.4 Sammanfattning av känslighetsanalysen

Om förbrukningen av Twister™-rondeller fördubblas, såsom i Scenario Dubbel förslitning, eller ifall transporterna förändras, till att utgå ifrån premisserna givna i Scenario Extra Transport, visar resultatet ändå att Twister™-metoden har en markant lägre miljöpåverkan än golvvårdsscenarioer innehållande polish och vax.

9 Diskussion

I detta avsnitt diskuteras resultatet. Detta genom en diskussion utifrån valet av de olika perspektiv, som framkommit under studien, och utifrån en koppling mellan resultatet från miljöpåverkansbedömningen och tidigare studier. Avsnittet avslutas med en slutsats och förslag på fortsatta studier.

9.1 Karakterisering eller skadebedömning?

Karakteriseringen är steget innan skadebedömningen. Det sker en beräkning mellan en karakterisering och en skadebedömning då karakteriseringens miljöaspekter räknas om till skadebedömningskategorier. Det torde därför vara naturligt att jämföra resultat utifrån karakteriseringen. Detta för att minska eventuella missvisande tolkningar som steget mellan karakterisering och skadebedömning kan innehålla. Därmed skulle det teoretiskt vara mera rättvisande, att vid bedömning av resultatet, göra detta utifrån en karakterisering istället för en skadebedömning.

Detta har beaktats, men då Scenario Vax och Scenario Polish enbart är beräknande utifrån energianvändande skulle resultatet kunna misstolkas. Exempelvis skulle resultatet påvisa påverkan på ekotoxicitet, som motsvarar den påverkan som svensk bränslemix innefattar för de bägge scenarierna, och inte den påverkan på ekotoxicitet som själva golvvårdsmetoderna polish och vax egentligen har. Det samma gäller övriga material och produkter som ingår i Twister™-rondellen och som denna studie tagit från sekundärdata.

9.2 Skillnader i maskinpark

Användning av maskiner och hur dessa beräknas i en LCA ger upphov till flera problem. Detta har bland annat att göra med ifall en produkts totala miljöpåverkan ska slås ut under dess livslängd. Om det beräknas vara extra smutsigt och det behöver utföras golvvård oftare än var tredje dag så minskar den miljöpåverkan som härleds till maskinens produktion per gång. Detta då maskinens miljöpåverkan fördelas på fler golvvårdstillfällen respektive fler kvadratmeter (utan att den totala miljöpåverkan förändras).

Jämförs den data, som Scenario Polish och Scenario Vax utgår ifrån, framkommer det att de maskiner som används, både till frekvent skötsel som periodiskt underhåll, står för en mindre del av det totala energianvändandet (läs miljöpåverkan). Samtidigt är den enskilda del som hade störst miljöpåverkan av Twister™-metoden skurmaskinen, vilket gör att den data som gäller maskinparken för Scenario Polish och Scenario Vax bör ifrågasättas. Detta blir ännu tydligare vid jämförelsen mellan de olika scenarierna då maskinerna exkluderas. Jämförelsen påvisar ett ökat avstånd mellan Scenario Twister™ och de övriga scenarierna till Scenario Twister™ fördel.

Ett rimligt antagande vore att om skurmaskinen och dess energianvändande var densamma i Scenario Polish och Scenario Vax, som i Scenario Twister™, borde denna del av den totala påverkan vara större för golvvård med Scenario Polish och Scenario Vax då scenarierna inklusive maskiner jämförs.

Anledningen till att det i denna studie inte har utgått ifrån en likvärdig skurmaskin i samtliga scenarier är att det inte har bekräftats ifall dessa golvvårdsmetoder använder sig av en skurmaskin till den frekventa skötseln. Detta har att göra med den data som är Scenario Polish

och Scenario Vax utgår ifrån (se avsnitt 6.6.3). Därmed skulle gapet mellan Twister™-metoden och golvvård med polish eller vax bli avsevärt större ifall data för skurmaskin och energianvändning antagits varit densamma i samtliga scenarier. Till Scenario Polish och Scenario Vax skulle det även tillkomma ytterligare miljöpåverkan från den utrustning som krävs vid det periodiska underhållet.

9.3 Transporter

Beräkning av transporter bygger på hur långt komponenterna till Twister™-rondellen har transporterats. Jämförelsen mellan Scenario Twister™ och Scenario Extra Transport visar en markant skillnad beroende på transportsträckan, men även val av transportmedel. Det kan därför vara väsentligt att minska osäkerheten kring transportdata. Det gäller både den som samlats in till denna studie från HTC, men även de transportdata som hämtats från databaserna. Faktum kvarstår dock att även vid ökade transporter är Scenario Extra Transport bättre än Scenario Polish och Scenario Vax. Vidare ska det åter påpekas att transporterna av skurmaskinens komponenter och skurmaskinen i sig är negligerad i denna studie. Skulle en fördjupning i transporter ske bör dessa i första hand fokusera på transport av skurmaskin och inte Twister™-rondellen. Detta då skurmaskinens komponenter väger betydligt mer än Twister™-rondellens komponenter.

9.4 Val av energibärare

Ett omdebatterat område gäller huruvida det vid beräkning av energianvändning ska utgå ifrån energi som ligger på marginalen eller det som utgör huvuddelen av energiframställningen. I denna studie har energikällan kommit från irländsk och svensk bränslemix. Dessa bränslemixar skulle kunna ersättas med marginal-el, som i så fall skulle vara kolkraft.

I ett tidigt skede i denna studie genomfördes en beräkning då energianvändandet i samtliga scenarier kom från marginal-el. Dock visade det sig att den irländska bränslemixen har en högre påverkansgrad än kolkraft beroende på databasernas sammansättning. Samtidigt blev jämförelsen mellan de olika scenarierna missvisande då Scenario Polish och Scenario Vax enbart är beräknade utifrån energianvändning. Scenario Polish och Scenario Vax har utifrån att de är beräknade med svensk bränslemix, en låg miljöpåverkan jämfört med vad de skulle kunna ha ifall de skulle ha beräknats utifrån marginal-el. Med andra ord borde miljöpåverkan från Scenario Polish och Scenario Vax vara större än beräknats om energiperspektivet varit energi på marginalen.

9.5 Jämförande med tidigare studier

Det finns ytterst få studier av golv gjorda ur ett livscykelperspektiv som inkluderar golvvård. En anledning kan vara att själva golvets livscykel ses separat från en golvvård som innefattar frekvent skötsel och periodiskt underhåll (Jedvall, 2008; Paulsen, 2008). Det som är gemensamt med de fåtal studier som är gjorda är att samtliga påpekar problematiken med att få fram data. Marknaden för kemikalier, golvvårdsmetoder samt städutrustning är stor samtidigt som de olika produkterna skiljer sig markant (Lundblad, 1994).

Denna studie innehåller, precis som tidigare studier, förenklingar. Men paralleller går fortfarande att dra, såväl genom att resultatet i denna studie är tydligt som att det oftast finns generella slutsatser i tidigare studier.

9.5.1 Att väga in golvvård i golvet livscykel

Då studier på golv sker bör betydelsen av den tänkta golvvården vägas in, vilket inte alltid sker (Nicoletti *et al.* 2002). En anledning till att det inte sker kan vara att golvvårdsmetoden inte anses som miljöfarlig. Därav dras slutsatsen att dess miljöpåverkan är ringa (Hellström, 2006). Andra anledningar kan vara med svårigheterna kring att finna data kring miljöpåverkan från golvvård (Jönsson *et al.*, 1994).

Ändå bör golvvården räknas in då ett golvs brukarperiod kan ha högre miljöpåverkan än själva tillverkningen av golvet, något som påvisats av Lundblad (1994) samt Günther & Langowsko (1997).

Om brukarperioden räknas med i ett golvs livscykel kan resultatet i denna studie påvisa, inte bara hur miljöpåverkan av golvvård kan minskas, utan även hur ett golvs totala miljöpåverkan kan minskas om en övergång till TwisterTM-metoden sker från golvvårdsmetoder som vax och polish.

Det sker en ständig utveckling av golv och golvvårdsprodukter som leder till mindre miljöpåverkan än tidigare, något som Lundblad (1994) har tagit upp och andra studier instämmer i. Lundblad (1994) menar att golvmattornas egenskaper utvecklas till en minskad miljöpåverkan från kemikalier. Men även med dagens kunskapsnivå så efterfrågas det fortfarande efter mera kvantitativa bedömningar av golvvårdskemikalier (Paulsen, 2003). Enligt Paulsen (2008) borde den miljöpåverkan som är kopplad till golvvårdskemikalier öka ifall kemikaliernas miljöpåverkan bättre kunde beräknas. Därmed bör resultatet i denna studie, som visar att TwisterTM-metoden har lägre miljöpåverkan än golvvårdsmetoder innefattande polish och vax, stå sig även ifall kemikaliernas miljöpåverkan bättre utreds. Lundblad (1994) har säkert rätt när han konstaterar att behovet av kemikalier minskat. Om det är golvvårdsmetoder, såsom TwisterTM, som bidrar till denna minskning eller om det är golvmattans egenskaper går att diskutera vidare.

9.5.2 Risker vid resthantering

En stor risk, som kemikalieanvändningen alltid måste ta hänsyn till, är felaktig resthantering (Björk & Eriksson, 2000). Något som är svårt att beräkna effekten av. Även denna studie har avgränsat sig från att beakta resthanteringen av smutsvattnet. Det bör ändå gå att diskutera kring ämnet. Då det restvattnet som kommer utifrån TwisterTM-metoden inte innehåller några rengöringsmedel från den frekventa skötseln, så bör den miljöpåverkan som restvattnet har bli lägre än vid golvvård med polish eller vax, då eventuella kemikalierester är i fast form och inte flytande (Rick, 2009). Därmed kan eventuella misstag där restvattnet släpps ut i det lokala avloppet leda till att reningsverket bättre klarar av att hantera restvattnet, än då rengöringskemikalier är inblandade.

9.5.3 Tidpunkt för frekvent skötsel

Andra aspekter som kan vägas in, för att få en mer rättvisande bild, är när själva golvvårdsmomentet genomförs. Detta har inte beaktats i denna studie. Det kan vara rimligt att anta att den totala tid som går åt till golvvård per år minskar, om den periodiska underhållet undviks. Detta förutsatt att behovet av den frekventa skötseln förblir detsamma. Därmed minskas den totala miljöpåverkan som golvvårdsmomentet innefattar i lokaler som kan nyttja möjligheten att gå över till ett energisparläge (Thabrew *et al.*, 2007). Att undvika det periodiska underhållet kan även leda till en bättre hälsa för den personal som utför golvvården något som också bör beaktas (Antonsson *et al.*, 2006).

9.5.4 Hur Twister™-metoden förhåller sig till sjuka hus

En teknisk avgränsning, som gjorts i denna studie, gäller emissioner till luft som uppkommer då Twister™-metoden utförs. Avgränsningen har gjorts då det saknats data och studien inte innefattat en mätning av sådant slag. Vid golvvård kan symptom kopplade till sjuka byggnader uppstå genom dessa emissioner (Borchers *et al.*, 2006). Tidigare studier kring sjuka byggnader har innehållit avgränsningar gentemot kemikalieanvändande då toxisk data saknats för flera substanser (Günther & Langowsko, 1997). Samtidigt har det påpekats att rengöringsprodukter kan vara en av de faktorer som bidrar med mest negativa hälsoeffekter gällande sjuka byggnader och som kan relateras till fysiska sjukdomar (Borchers *et al.*, 2006). Men då Twister™-metoden inte kräver kemikalier borde risken för dessa symptom minska, dock krävs det vidare studier för att kunna säkerställas detta påstående.

Genom en övergång till Twister™-metoden minskas dock kemikalieåtgången. Detta bör kunna leda till att färre antal kemikalier behöver analyseras gällande flyktiga organiska ämnen till omgivning som beskrivits av Johnson (1995).

9.5.5 Twister™-metoden eller miljömärkta kemikalier?

Alla kemikalier som används vid golvvård, vare sig om det rör sig om en golvvårdsmetod baserad på polish eller vax, är inte lika miljöfarliga. Därför vidgas diskussionen en aning då exempelvis Jönsons *et al.* (1994) menar att ett steg i rätt riktning gällande golvvård är Svanenmärkning. Detta förstärks av Sjöholm & Sunnermalm (2007) som beskriver hur offentlig verksamhet hanterar frågan med mindre miljöpåverkan av golvvård genom miljömärkta produkter.

Samtidigt är det en skillnad i kriterier mellan miljömärkta golv, golvvårdsprodukter, rengöringsmedel och städtjänster (Nordisk Miljömärkning, 2006; Nordic Ecolabelling, 2008a; Nordic Ecolabelling, 2008b; Nordisk Miljömärkning, 2002). Detta kan innebära att miljöpåverkan skiftas från att belasta rengöringsmedlet till att belasta golvvårdsprodukterna. Vissa kriterier kräver även att det är golvvårdsmetoder som bygger på polish eller vax för att de ska kunna bli miljömärkta (Nordic Ecolabelling, 2008a). Bra Miljöval skulle även kunna sägas sakna den helhetssyn som golvvård egentligen kräver för ett livscykelperspektiv då enbart rengöringskemikalierna kan miljömärkas i dagsläget (Öberg Huss, 2008).

Denna avsaknad av helhetsperspektiv eller livscykelperspektiv kan liknas med de LCA-studier gjorda på golv som negligerar användarfasen såsom Nicoletti *et al.* (2002). Då fokus fastnar vid att jämföra enskilda produkter och inte hela den miljöpåverkan som produkten ger upphov till vid användning, så kan livscykeln avgränsas till att sluta för tidigt.

Kriterierna bör utökas så att helhetsperspektiv gäller, något som påpekades av Lindfors (1999) och som antagligen fortfarande gäller (Lindfors, 2008). Utifrån Naturskyddsföreningens kemikaliepolicy (2004) går det dock att utläsa att all kemikalieanvändning successivt ska urfasas om så är möjligt och därmed borde det slås fast att Twister™-metoden står sig väl gentemot miljömärkta kemikalier. Att Twister™-metoden enligt denna studie även påvisar sig vara bättre miljömässigt, än de jämförda golvvårdsmetoder polish och vax, bör förtydliga detta än mer.

10 Slutsats

I denna studie har en LCA på Twister™-metoden gjorts utifrån att hålla en kvadratmeter rent i ett år. Resultatet innefattar även en jämförelse med två andra golvvårdsmetoder tagna från tidigare studier inom golvvård varav den ena golvvårdsmetoden innefattar polish och den andra vax. I resultatet har även funnits en känslighetsanalys genom användandet av två scenarier.

Resultat visar tydligt att den skurmaskin och dess energianvändning, som Twister™-metoden beräknats använda, bidrar till den största miljöpåverkan vid golvvård med Twister™-metoden. Vid tillverkning av en Twister™-rondell framkommer det att industridiamanterna och rondellen står för den största delen av den miljöpåverkan som Twister™-rondell ger upphov till.

Resultatet visar även klart och tydligt att Twister™-metoden är en golvvårdsmetod med mycket lägre miljöpåverkan än golvvårdsmetoder med polish eller vax utifrån de förutsättningar som är beskriva i denna studie.

10.1 Vidare arbete

Denna studie har klara avgränsningar som skulle kunna minskas av vidare studier i ämnet. Exempelvis skulle livscykelanalyser av de material och produkter som HTC köper in för att tillverka Twister™-rondellen kunna göras av HTC underleverantörer. Detta för att säkerställa eller ersätta den data som denna studie använt sig av.

Studien har haft fokus på att göra en LCA på Twister™, vilket också har skett. Dessutom har studien jämfört Twister™-metoden med andra golvvårdsmetoder. Då det finns ytterst få studier gjorda kring och golvvårdsprodukter, ur ett livscykelperspektiv, är detta något som bör efterfrågas mera aktivt. Speciellt beträffande skurmaskiner, som i denna studie visade sig stå för en betydande miljöpåverkan. Livscykelperspektiv bör även gälla vid miljömärkning av golvvårdsprodukter/metoder vare sig det rör sig om miljömärket Bra Miljöval eller Svanen.

För HTC finns det fyra områden, som denna studie rekommenderar, att studera vidare, förutom en mera detaljerad genomgång av den logistik som används och dess miljöpåverkan.

Den ena studien bör belysa hanteringen av smutsvattnet, som Twister™-metoden ger upphov till ur ett miljöperspektiv.

Den andra studien bör vara fokuserad på eventuella luftburna partiklar som uppkommer då Twister™-metoden genomförs. Detta för att förekomma arbetsmiljö- och hälsorelaterade krav, exempelvis krav vid Svanenmärkning (Nordic Ecolabelling, 2008a).

Den tredje är en tidmätning av Twister™. Om en tidmätning kompletteras, med en analys av kundens behov, kan Twister™-metoden bidra till en bättre optimering av lokalens nyttjande, exempelvis genom att lokalen kan ställas om till ett energisparläge.

Den fjärde är att undersöka ifall rondellen tillverkas av återvunnen plast eller om det är möjligt att byta till rondeller bestående av återvunnen plast. Fördelaktigt bör även leverantören vara lokaliserad närmare HTC för att minska miljöpåverkan än mer.

11 Referenser

- Alexandersson, P. (2006) Miljöaspekter på golvvård, Svenska Naturskyddsföreningen Stockholm, ISBN: 915587891-1
- Antonsson, A-B., Schmidt, L., Hägg, G., Holmefalk, C. (2006) Belastningsskador vid standing - 17 städare berättelser om sina anmälda arbetsskador, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, IVL Rapport B1704, Stockholm
- 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
- Borchers, A., Chang, C., Keen, C., Gershwin, E. (2006) Airborne Environmental Injuries and Human Health, Clinical Reviews in Allergy & Immunology volume 31, ISSN 1559-0267
- BUWAL 250 (1998) Environmental. Series No. 250/1, Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL) Berne, 1998
- Franklin Associates Ltd. (1998), USA LCI Database Documentation, Franklin Associates, Prairie Village, Kansas, USA.
- Frischknecht, R., Bollens, U., Bosshart, S., Ciot, M., Ciseri, L., Doka, G., Dones, R., Gantner, U., Hischer, R., Martin, A. (1996) Ökoinventare von Energiesystemen. Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz, Version 3, Gruppe Energie - Stoffe - Umwelt (ESU), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich und Sektion Ganzheitliche Systemanalysen, Paul Scherrer Institut, Villigen, www.energieforschung.ch, Bundesamt für Energie (Hrsg.), Bern.
- Goedkoop, M. & Spriensma, R. (2001), The Eco-indicator 99 A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment Methodology report nr 1999/36A 22 Third Edition. PRé Consultants B.V., Amersfoort
- Gustafsson, L., Lanshammar, H., Sandblad, B. (1982) System och modell – En introduktion till systemanalysen, Studentlitteratur, Lund 2003, ISBN 91-44-18551-0
- Günther, A., Langowski, H-C. (1997) Life Cycle Assessment Study on Resilient Floor Coverings, International Journal of Life Cycle Assessment 1997:2: 73-80
- Hellström, J. (2006) Livscykelanalys av industrigolv – En jämförande studie av HTC SuperfloorTM och ett epoxigolv, Linköpings Universitet, LiU-Tryck, 2006
- Johnson, L. (1995) Miljöbedömning av byggmaterial under brukarperioden, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP Rapport 1995:46, Borås, ISBN 91-7848-574-6
- Jørgensen, A-M., Ywema, P., Frees, N., Exner, S., Bracke, R. (1996) Transportation in LCA - A Comparative Evaluation of the Importance of Transport in Four LCAs, International Journal of Life Cycle Assessment 1 1996;4: 218-220
- Københavns Vand. (1999). Grønt regnskab 1999. Copenhagen Water Supply.
- Lundblad, D. (1994) Miljöpåverkan av golvvård – en betydelsefull del i golvmattans livscykel, Trita-Byma 1994:7, Stockholm, 1994

Naturskyddsföreningen (2004) Kemikalier och avfall – Svenska Naturskyddsföreningens policy, Antagen av Naturskyddsföreningens styrelse 2004, Birger Gustafsson AB, Stockholm, 2004. ISBN: 91 558 7821-0

Nicoletti, G. Notarnicola, B., Tassielli, G. (2002) Comparative Life Cycle Assessment of flooring materials: ceramic versus marble tiles, *Journal of Cleaner Production* 2002:10: 283-296

Paulsen, J. (2003) The Maintenance of Linoleum and PVC Floor Coverings in Sweden, *International Journal of Life Cycle Assessment* 8 2003;6: 357-364

Paulsen, J. (1999) LCA på golvmaterial – fallstudier med särskild hänsyn till användningsfasen, *Trita-Byma* 1999:7, Stockholm, 1999 ISBN: 91-7170-462-0

Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., Schmidt, W.-P., Suh, S., Weidema, B.P., Pennington, D.W. (2004) Life cycle assessment, Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis and applications, *Environmental International* 2004;30: 701-720

Rydh, C., Lindahl, M., Tingström, J. (2002) Livscykelanalys: en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster, *Studentlitteratur*, Lund, 2004, ISBN 91-44-02447-9

Sjöholm, U. & Sunnermalm, A. (2008) Miljöanpassad upphandling i praktiken – En genomgång av offentliga upphandlingar 2007, *Naturvårdsverket Rapport 5807*, ISBN 978-91-620-5807-4.pdf

Thabrew, L., Lloyd, S., Cypcar, CC, Hamilton, JD., Ries, R. (2007) Life Cycle Assessment of Water-based Acrylic Floor Finish Maintenance Programs, *International Journal of Life Cycle Assessment* 13 2008;6: 65-74

Tillman, A-M., Baumann, H., Eriksson, E., Rydberg, T. (1991) Miljön och förpackningarna Livscykelanalyser för förpackningsmaterial – beräkning av miljöbelastning, *SOU 1991:77*, Nordsteds Tryckeri AB, Stockholm, 1991

Dutch bureau of emission registrations (1992) *Process 1851*

11.1 Elektroniska källor

HTC Sweden AB (2008) *Produktskatalog 2008*,
http://www.htc-sweden.com/ariadne/files/HTC/TWISTER_II_broschyr_SV.pdf, acc: 2008-12-24

IEA (2008) *Electricity/Heat data for Ireland in 2005*,
http://iea.org/Textbase/stats/electricitydata.asp?COUNTRY_CODE=IE, acc: 2008-06-26

Nordic Ecolabelling (2008a) *Floor care products 051*, version 3.1,
<http://www.ecolabel.se/Default.aspx?tabName=CriteriaDetail&menuItemID=6998&pgr=51>,
acc: 2008-12-22

Nordic Ecolabelling (2008b) *Cleaning products 026*, version 4.2,
<http://www.ecolabel.se/Default.aspx?tabName=CriteriaDetail&menuItemID=6998&pgr=26>,
acc: 2008-12-22

Nordic Ecolabelling (2008c) *Micro fibre cloths and mops 083*, version 1.4,
<http://www.ecolabel.se/Default.aspx?tabName=CriteriaDetail&menuItemID=6998&pgr=83>,
acc: 2008-12-22

Nordisk miljömärkning (2002) Svanmärkning av Städtjänster 076, version 1.3.,
<http://www.ecolabel.se/Default.aspx?tabName=CriteriaDetail&menuItemID=6998&pgr=76>,
acc: 2008-12-22

Nordisk miljömärkning (2006) Svanenmärkning av Golv, version 4.07,
<http://www.ecolabel.se/Default.aspx?tabName=CriteriaDetail&menuItemID=6998&pgr=29>,
acc: 2008-12-22

11.1.1 E-post

Homanen, Susanna, Miljösamordnare Element6 Sverige, 21 April, 2008,
susanna.homanen@e6.com

Bozzoni, Neil, Försäljningschef Element6, 2 December, 2008, neil.bozzoni@e6.com

11.1.2 Muntliga källor

Jacobson, Christer, Poståkeriet, Platschef, telefonsamtal september 2008

Jedvall, Ingrid, Naturvårdsverket, ansvarig för organisk kemisk industri, kemikaliefrågor,
plastindustri, branschexpertssystem, telefonsamtal december 2008

Karlsson, Jimmy, Aquatec, telefonsamtal maj 2008

Lindfors, Lars-Gunnar, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, forskningschef, telefonsamtal
december 2008

Lundin, Patrick, ISS Cleaning, Driftchef, telefonsamtal september 2008

Paulsen, Jacob, SIS Miljömärkning AB, Produktansvarig Golvbeläggningar, telefonsamtal
december 2008

Rick, Ulf, Kemikalieinspektionen, telefonsamtal januari 2009

Sjögren, Matts, ISS, Miljöansvarig, telefonsamtal september 2008

Öberg Huss, Sara, Naturskyddsföreningen, Kvalitetsansvarig Bra Miljöval, december 2008

11.1.3 Programvara

Google 2008 - Kartdata 2008, <http://www.maps.google.se>, acc: 2008-09-23

Farnel Capital, 2008, <http://www.searates.com/reference/portdistance/>, acc: 2008-09-23

SimaPro 7.0: SimaPro LCA software, PRé Consultants bv · Plotterweg 12 · 3821 BB
Amersfoort · The Netherlands. The software can be obtained at www.pre.nl

12 Bilaga 1 - Skadebedömning

Skadekategori Enhet	Mänsklig hälsa DALY	Ekosystemskvalitet PDF*m2yr	Resursanvändning MJ surplus
<u>Scenarier</u>			
Scenario Twister™ inkl. maskiner	8,57*10 ⁻⁰⁸	3,93*10 ⁻⁰²	1,27*10 ⁻⁰¹
Scenario Polish inkl. maskiner	2,49*10 ⁻⁰⁷	6,77*10 ⁻⁰²	3,13*10 ⁻⁰¹
Scenario Vax inkl. maskiner	3,36*10 ⁻⁰⁷	9,13*10 ⁻⁰²	4,23*10 ⁻⁰¹
Scenario Dubbel Förslitning	9,14*10 ⁻⁰⁸	3,96*10 ⁻⁰²	1,46*10 ⁻⁰¹
Scenario Extra Transport	1,06*10 ⁻⁰⁷	4,04*10 ⁻⁰²	1,47*10 ⁻⁰¹
Scenario Twister™ enbart förbrukningsmtrl	4,13*10 ⁻⁰⁸	9,49*10 ⁻⁰³	4,51*10 ⁻⁰²
Scenario Polish enbart förbrukningsmtrl	2,38*10 ⁻⁰⁷	6,46*10 ⁻⁰²	1,98*10 ⁻⁰¹
Scenario Vax enbart förbrukningsmtrl	3,33*10 ⁻⁰⁷	9,04*10 ⁻⁰²	2,77*10 ⁻⁰¹
<u>Skadebedömning Twister™¹</u>			
Flergångsmopp	4,40*10 ⁻¹⁴	3,76*10 ⁻⁰⁹	8,06*10 ⁻⁰⁸
Twister™-rondell	5,83*10 ⁻¹¹	3,14*10 ⁻⁰⁶	1,61*10 ⁻⁰⁴
Skurmaskin	3,75*10 ⁻¹⁰	2,45*10 ⁻⁰⁴	4,88*10 ⁻⁰⁴
Energianvändning	2,48*10 ⁻¹⁰	6,73*10 ⁻⁰⁵	3,12*10 ⁻⁰⁴
Vattenanvändning	8,74*10 ⁻¹²	2,76*10 ⁻⁰⁷	4,68*10 ⁻⁰⁵
Tvättning av mopp	2,46*10 ⁻¹¹	6,61*10 ⁻⁰⁶	3,22*10 ⁻⁰⁵
Resthantering	-1,15*10 ⁻¹¹	-6,77*10 ⁻⁰⁷	4,61*10 ⁻⁰⁸
<u>Skadebedömning Twister™-rondell²</u>			
Industridiamanter	5,66*10 ⁻⁰⁷	2,66*10 ⁻⁰²	7,88*10 ⁻⁰¹
Rondell	3,29*10 ⁻⁰⁷	1,20*10 ⁻⁰²	1,76*10 ^{±00}
Bindemedel	6,82*10 ⁻⁰⁹	3,48*10 ⁻⁰⁴	1,41*10 ⁻⁰¹
Transporter	9,35*10 ⁻⁰⁸	9,6*10 ⁻⁰³	9,02*10 ⁻⁰²
Tillverkning	2,41*10 ⁻⁰⁸	6,54*10 ⁻⁰³	3,03*10 ⁻⁰²

¹ Skadebedömning för Twister™ är beräknad utifrån golvvård av en kvadratmeter. Resultatet av skadebedömning för Twister™ har omarbetats för att passa Scenario Twister™. För resultatets del har omarbetningen ingen betydelse.

² Skadebedömning Twister™-rondell är beräknad utifrån livslängden på en Twister™-rondell. Resultatet av Skadebedömning Twister™-rondell har omarbetats för att passa Skadebedömning för Twister™. För resultatets del har omarbetningen ingen betydelse.

13 Bilaga 2 - Eco-indikator 99

Denna bilaga innehåller en sammanfattning av metoden Eco-indikator 99 (Eco 99). En mera fullständig beskrivning av metoden finns i Goedkopp & Spriensma (2000). Metoden har ett top-down perspektiv. Perspektivet innebär att studien börjar med att definiera vad som behövs för att göra bedömningen. Detta innebär bland annat att definiera begreppet ”miljö” och hur olika miljöproblem ska viktas.

13.1 Begreppet Miljö enligt Eco 99

“A set of biological, physical and chemical parameters influenced by man, that are conditions to the functioning of man and nature. These conditions include Human Health, Ecosystem Quality and sufficient supply of Resources.” (Goedkopp & Spriensma, 2000, s. 9)

13.2 Karakterisering

Metoden Eco 99 använder sig av tre olika kategorier för att bedöma den miljöpåverkan som en produkt eller tjänsts livscykel har. Detta sker genom en skadebedömning utifrån tre modeller, som var och en bygger på ett antal miljöaspekter. De tre olika modellerna berör mänsklig hälsa, ekosystemskvalitet och resursanvändning.

13.2.1 Mänsklig hälsa

Modellen bygger på grundtanken att alla människor, idag såväl som i framtiden, ska vara fria från miljöbetingade orsaker för sjukdomar, funktionshinder eller förtidig död.

För att kunna kvantifiera resultat från modellen behövs en form av måttstock för att mäta hälsan hos befolkningen. I Eco 99 används hälsoindikatorn DALY som står för ”Disability-Adjusted Life Years”. DALY mäter den totala ohälsan utifrån specifika sjukdomar och skador. Den jämför tid med funktionshinder med tid förlorad på grund av förtidig död. Detta sker genom användandet av ett antal olika miljöaspekter:

- Respirationshämmande effekter (skapad av både organisk och oorganiska ämnen)
- Cancerogena effekter
- Effekter från klimatförändringar
- Radioaktiv strålning
- Förändringar i ozonlagret

Eco 99 har dock begränsat sig till ett antal aspekter ur hälsoperspektiv:

- Livscykelanalysen räknar med hänsyn till antropogena utsläpp till luft, vatten och mark. Därav avgränsas arbetsmiljö, inomhusmiljö, trafikolyckor samt droger.
- Livscykelanalysen tar inte med ohälsa orsakad av naturkatastrofer, rådande klimat eller mikroorganismer.
- Livscykelanalysen tar inte hänsyn till ekonomiska aspekter, såsom konsekvenser av att ha låg inkomst.
- Andra aspekter kopplade till välfärd.

13.2.2 Ekosystemskvalitet

Att definiera begreppet ekosystem och dess avgränsningar är tämligen svårt. I begreppet ekosystemskvalitet som metoden använder ingår energi-, material- och informationsflöden. En hög kvalitet kännetecknas av låga antropocentriska störningar som inte påverkar ekosystemet. Det är givetvis komplicerat att avgöra till vilken grad människan påverkar systemet, speciellt då det finns flera olika nivåer som dessa flöden verkar inom ekosystemet.

Som en lämplig indikator för kvalitén på ekosystemet används mångfalden av arter som parameter. Representationen bygger på grundtanken att inga arter ska drabbas av plötsliga förändringar för deras population eller deras geografiska fördelning. Därför koncentreras modellen på informationsflöden på art-nivå.

Det finns två olika sätt att se på hur ekosystemet påverkas av människan. Det ena är utifrån en total och irreversibel utrotning av arter. Det andra är utifrån ett reversibelt och irreversibelt försvinnande av art eller stress på en art i en utvald region över en viss tid. Det första synsättet är omöjligt att applicera inom modellen. Dels då det ställer för höga krav på utförandet, dels skulle resultatet bindas till en geografisk region emedan modellen är av generell karaktär.

Det andra synsättet innebär att en art kan komma tillbaka till regionen under särskilda förutsättningar trots att den för stunden inte kan leva i regionen. Detta leder till att modellen utgår ifrån att ett påverkat ekosystem alltid går att återställa. Beräkning av eventuell skada på ekosystem i modellen sker utifrån följande ekvation:

*“The relative decrease of the number of species (fraction)*area*time”* (Goedkopp & Spriensma, 2000, s. 53).

Fyra olika miljöaspekter används för att beräkna påverkan på arter:

- Ekotoxitet
- Försurning
- Eutrofiering
- Markanvändning

För att beräkna effekterna av ekotoxitet används ”Potentially Affected Fraction of species in relation to concentration of toxic substances” (PAF) (Goedkopp & Spriensma, 2000). PAF uttrycker det antal arter som exponeras för koncentrationer över ”No Observed Effect Concentration” (NOEC) (Goedkopp & Spriensma, 2000).

För att beräkna effekterna av försurning och eutrofiering används Potentially Disappeared Fraction (PDF) som använder sig av ”fate modellering” och skademodellering. I fallet försurning och eutrofiering utgår den ifrån NO_x, SO_x och NH₃.

För att beräkna effekterna av markanvändning används PDF. Relationen mellan markanvändning och antalet arter är utformat så att antalet arter ökar ju mer yta som de har till förfogande. Förutsättningen är att det konverterade området är en artificiell skapelse, som inte bidrar till att gynna artrikedomen och att de arter som trivs i det konverterade området likväl kan finnas i naturliga områden. Detta medför att ifall ett område delvis konverteras så minskar antalet arter, både i den yta som konverterats och det kvarstående området. Vidare antas det att det naturliga områdets arter har högre värde än den konverterade området.

13.2.3 Resursanvändning

Modellen bygger på grundtanken att naturens lager av ickelevande material, som bedöms viktiga för människan, också ska finnas tillgänglig för framtida generationer.

Modellen räknar enbart med två miljöaspekter:

- Mineraler
- Fossila bränslen

Resurser som vatten och luft täcks in av modellen Mänsklig hälsa (se ovan) och andra material räknas in som markanvändning. Då det är svårt att säga hur mycket mineraler och fossila bränslen som finns kvar, antas det att den fortsatta utvinningen kommer att kräva än mer resurser/energi än tidigare. Detta bygger på antagandet att marknadskrafterna alltid kommer att utvinna de resurser, som har bästa kvalitet och därmed minskar den kvarvarande jungfruliga råvaran.

Modellen har därför två delar varav den första räknar på hur mycket av råvaran som finns kvar efter extraktion, den andra delen räknar på vad det blir för skada av själva extraktionen utifrån ett koncept om överskottsenergi (MJ surplus) (Goedkopp & Spriensma, 2000).

13.3 Viktning

De tre olika modellerna kan sedan viktas sinsemellan till ett enda resultat. Eco 99 är skapat för en europeisk marknad och har således ett referensvärde överrensstämmande med europeiska förhållanden och värderingar. Då en viktning innebär att resultatet av studien inte går att användas i marknadsföringssammanhang samtidigt som en viktning inte är nödvändig ifall resultatet är tydligt kommer inte någon viktning att ske (Goedkopp & Spriensma, 2000).