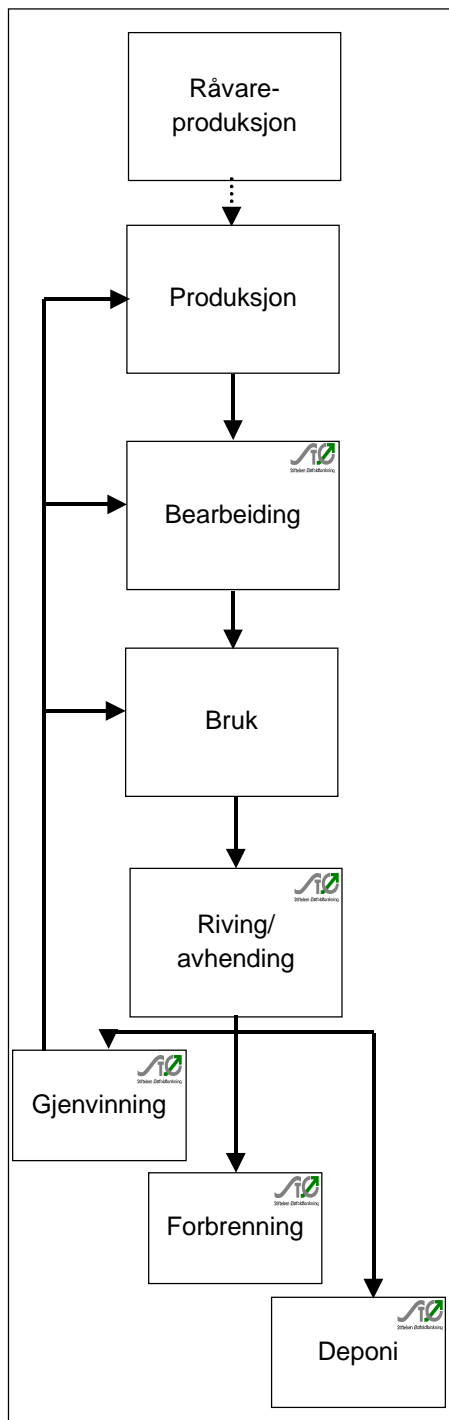


## Sikker produksjon og bruk av polyuretanskum (PUR)



# PUR

Hovedrapport  
"Sikker produksjon  
og bruk av polyuretanskum"

## PUR-skum produkter i et livsløpsperspektiv

- en vurdering av  
arbeidsmiljø og ytre miljø.

STØ OR.02.02

Anne Rønning, STØ  
Oddmund Brekke, STØ  
Mie Vold, STØ  
Bjørn Vik, BA8  
Morten Berntsen, TI

et prosjekt støttet av  
NHO Arbeidsmiljøfondet.

# RAPPORTFORSIDE

<b>Rapportnr:</b> OR 02.02	<b>ISBN nr:</b> 82-7520-446-1 <b>ISSN nr:</b> 0803-6659	<b>Rapporttype:</b> Oppdragsrapport
<b>Rapporttittel:</b> PUR-skum produkter i et livsløpsperspektiv - en vurdering av arbeidsmiljø og ytre miljø		<b>Forfatter(e):</b> Anne Rønning, Oddmund Brekke, Mie Vold, Bjørn Vik, Morten Berntsen
<b>Prosjektnummer:</b> 232530	<b>Prosjekttittel:</b> Sikker produksjon og bruk av polyuretanskum	
<b>Oppdragsgiver:</b> Plastindustriforbundet ved PUR-gruppen <b>Oppdragsgivers referanse:</b> Anne Kjersti Frydendal		
<b>Sammendrag:</b> Prosjektets overordnede mål har vært å bidra til utvikling av en bærekraftig norsk PUR-skumindustri med gode og miljøvennlige arbeidsplasser og som leverer trygge produkter til videre industriell bearbeiding eller direkte til sluttbruker.  Industrien har selv tatt initiativet til dette prosjektet gjennom Plastindustriforbundets PUR-gruppe. Prosjektdeltagelsen har omfattet en henimot samlet norsk PUR-skum industri, med 4 større produsenter av mykt PUR-skum og 6 produsenter av stivt PUR-skum.  Et gjennomgående element i prosjektet har vært å kartlegge potensiell helsefare forbundet med isocyanat gjennom PUR-skumproduktenes livsløp samt å bidra til at tiltak blir iverksatt for å redusere eller eliminere helsefaren. For å nå prosjektets målsetting har man gjennom prosjektet kartlagt, dokumentert og informert om potensielt farlige kjemikalier som benyttes eller genereres gjennom PUR-skum produktenes verdikjede. Prosjektresultatene viser at det kun er isocyanater som synes å være et potensielt helsproblem.  Isocyanat inngår som et nødvendig råstoff i all PUR-produksjon. I ferdig herdede PUR-produkter finnes ikke isocyanat i fri form, men under oppvarming til høye temperaturer vil det skje en dekomponering hvor isocyanat igjen kan bli frigjort.  Videre har man kartlagt og evaluert tilgjengelig målemetodikk for isocyanatemisjoner, samlet eksisterende måledata fra deltagerbedriftene samt organisert ytterligere måling hos et utvalg bedrifter. Bedriftenes HMS-rutiner er vurdert og det er foreslått tiltaksplan for bedrifter hvor det foreligger forbedringspotensiale.  Bedrifter som produserer stivt PUR skum og som benytter MDI som råvare, har allerede rimelig miljøvennlige arbeidsplasser. Forbedringsbehovet i eksisterende HMS-rutiner er nokså beskjedent.  Bedrifter som produserer mykt PUR skum og som benytter TDI som råvare, må være påpasselige med å følge nasjonale og internasjonale anbefalinger mht HMS-rutiner. Dette skyldes den langt høyere flyktighetene av TDI sammenlignet med MDI. Bedriftene foretar allerede regelmessige målinger for å forvisse seg om at eksponering av isocyanater ikke overstiger administrativ norm.  Prosjektets overordnede mål om å bidra til utvikling av en bærekraftig norsk PUR-skumindustri anses med dette å være oppfylt.		
<b>Emneord:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• LCA</li><li>• Arbeidsmiljø</li><li>• Isocyanat</li><li>• Polyuretan</li></ul>	<b>Tilgjengelighet:</b> <b>Denne side:</b> Åpen <b>Denne rapport:</b> Åpen	<b>Antall sider</b> <b>inkl. bilag:</b> 81
<b>Godkjent</b> <b>Dato:</b> 13.03.02		
_____	_____	
<b>Forfatter</b> (sign)	<b>Forskningsleder</b> (sign)	

# Innholdsfortegnelse

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>5</b>
<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>7</b>
<b>2 MÅL FOR PROSJEKTET .....</b>	<b>9</b>
2.1 HOVEDMÅL .....	9
2.2 DELMÅL OG KOMMENTARER .....	9
<b>3 ORGANISERING .....</b>	<b>11</b>
<b>4 GJENNOMFØRING AV PROSJEKTET .....</b>	<b>12</b>
<b>5 HVA ER PUR? .....</b>	<b>14</b>
<b>DEL A: ISOCYANATMÅLINGER HOS MEDLEMSBEDRIFTER.....</b>	<b>14</b>
<b>6 ARBEIDSMILJØMÅLINGER .....</b>	<b>17</b>
6.1 MÅLSETNING/OMFANG .....	17
6.2 METODE .....	17
6.3 KRITERIER FOR VURDERING AV ARBEIDSATMOSFÆREN.....	18
6.4 RESULTATER/KONKLUSJONER .....	19
<b>DEL B: VERDIKJEDEANALYSE AV TO CASE .....</b>	<b>20</b>
<b>7 METODIKK .....</b>	<b>23</b>
7.1 HVA ER LCA? .....	23
7.2 METODIKK FOR ARBEIDSMILJØ I LCA .....	24
7.2.1 WEST – metodebeskrivelse for kjemisk helserisiko.....	25
7.3 MILJØVAREDEKLARASJONER.....	26
7.3.1 Hva, hvem og hvorfor?.....	26
7.3.2 Regelverk for miljøvaredeklarasjoner .....	30
<b>8 PUR-PRODUKTENES LIVSLØPSPERSPEKTIV.....</b>	<b>33</b>
8.1 WESTNOFA / HÅG.....	33
8.1.1 Systembeskrivelse .....	33
8.1.2 Data ytre miljø.....	36
8.1.3 Resultater ytre miljø .....	37
8.1.4 Data arbeidsmiljø .....	40
8.1.5 Resultat arbeidsmiljø.....	40
8.2 INOTAN / BUSSBYGG .....	43
8.2.1 Systembeskrivelse .....	43
8.2.2 Data arbeidsmiljø .....	44
8.2.3 Resultat.....	45
<b>9 DISKUSJON DEL B.....</b>	<b>48</b>
9.1 ARBEIDSMILJØ: .....	48
9.2 MVD/ANDRE DEKLARASJONSMETODER .....	49

<b>DEL C: BRUKSFASE .....</b>	<b>47</b>
<b>10 GENERELT .....</b>	<b>51</b>
<b>11 EMISJONER FRA MYKT PUR-SKUM.....</b>	<b>51</b>
<b>12 EMISJONER FRA STIVT PUR-SKUM .....</b>	<b>52</b>
<b>13 EMISJONER FRA MYKT OG STIVT PUR UNDER BRANN .....</b>	<b>53</b>
<b>DEL D: AVHENDING OG AVFALLSHÅNDTERING .....</b>	<b>51</b>
<b>14 SITUASJONSBESKRIVELSE.....</b>	<b>55</b>
14.1 KARTLEGGING AV AVFALLSMENGDER OG –TYPER.....	55
14.1.1 Produksjonsavfall .....	55
14.1.2 End-of-life .....	55
14.2 DAGENS RUTINER FOR AVHENDING AV PRODUKTER MED PUR .....	56
14.3 ALTERNATIVER FOR HÅNDBEREGNING AV BRUKT PUR SKUM .....	57
14.3.1 Deponering .....	57
14.3.2 Energigjenvinning .....	57
14.3.3 Materialgjenvinning .....	57
<b>15 MILJØASPEKTER VED RIVING OG OPPHOGGING .....</b>	<b>58</b>
15.1 YTRE MILJØ .....	58
15.2 ARBEIDSMILJØ.....	58
<b>16 MILJØASPEKTER VED DEPONERING .....</b>	<b>60</b>
16.1 YTRE MILJØ .....	60
16.2 ARBEIDSMILJØ.....	60
<b>17 MILJØASPEKTER VED ENERGIGJENVINNING.....</b>	<b>61</b>
17.1 YTRE MILJØ .....	61
17.2 ARBEIDSMILJØ.....	61
<b>18 MILJØASPEKTER VED MATERIALGJENVINNING.....</b>	<b>63</b>
18.1 YTRE MILJØ .....	63
18.2 ARBEIDSMILJØ.....	63
<b>19 DISKUSJON DEL D .....</b>	<b>64</b>
<b>20 HOVEDKONKLUSJONER .....</b>	<b>65</b>
<b>21 REFERANSER .....</b>	<b>66</b>
<b>VEDLEGG .....</b>	<b>67</b>

## SAMMENDRAG

Polyuretan (PUR) er et av de vanligste og mest allsidige plastmaterialene. Vi omgås og er i berøring med PUR daglig både i arbeid og i fritiden. PUR finnes i utallige produkter, fra maling, lakk, skosåler, bildeler, møbler, tekstiler, fugeskum, byggisolasjon og til kunstige kroppsdeler. Felles for alle PUR-produkter er at det inngår ulike kjemiske stoffer i fremstillingsprosessen, hvorav enkelte kan ha helse-, miljø- og sikkerhetsmessige egenskaper som krever spesielle tiltak i visse faser av produktenes livsløp. Prosjektresultatene viser at det kun er isocyanater som synes å være et potensielt helseproblem.

Isocyanat inngår som et nødvendig råstoff i all PUR-produksjon. I ferdig herdede PUR-produkter finnes ikke isocyanat i fri form, men under oppvarming til høye temperaturer vil det skje en dekomponering hvor isocyanat igjen kan bli frigjort.

Prosjektets overordnede mål har vært å bidra til utvikling av en bærekraftig norsk PUR-skumindustri med gode og miljøvennlige arbeidsplasser og som leverer trygge produkter til videre industriell bearbeiding eller direkte til sluttbruker.

Industrien har selv tatt initiativet til dette prosjektet gjennom Plastindustriforbundets PUR-gruppe. Prosjektdeltagelsen har omfattet en henimot samlet norsk PUR-skum industri, med 4 større produsenter av mykt PUR-skum og 6 produsenter av stivt PUR-skum.

Et gjennomgående element i dette prosjektet har vært å kartlegge potensiell helsefare forbundet med isocyanat gjennom PUR-skumproduktene livsløp samt å bidra til at tiltak blir iverksatt for å redusere eller eliminere helsefaren. For å nå prosjektets målsetting har man gjennom prosjektet kartlagt, dokumentert og informert om potensielt farlige kjemikalier (f.eks. isocyanater) som benyttes eller genereres gjennom PUR-skum produktene verdikjede.

Videre har man kartlagt og evaluert tilgjengelig måle metodikk for isocyanatemisjoner, samlet eksisterende måledata fra deltagerbedriftene samt organisert ytterligere måling hos et utvalg bedrifter. Bedriftenes HMS-rutiner er vurdert og det er foreslått tiltaksplan for bedrifter hvor det foreligger forbedringspotensiale.

For å kartlegge halvfabrikata av PUR på deres vei og videre bearbeiding til endelig sluttprodukt hos annen bedrift nedstrøms er det gjort to case-studier. Den ene studien er fra møbelindustrien, hvor mykt PUR-skum er fulgt fra PUR-produsent via møbelprodusent og sluttbruker til endelig avfallshåndtering. Den andre studien er gjennomført fra stivt PUR-skum produsent til endelig bruk som isolasjon i isolerte kjølekarosserier. Mulige helseeffekter for bygningsarbeidere under montasje av sandwichpaneler med stålplater er vurdert ut i fra stikkprøver foretatt hos produsent.

Kartlegging av helse-effekter i form av emisjoner i bruksfasen er gjennomført gjennom litteratursøk. Problemområder som er nærmere undersøkt er emisjoner under brann og høye temperaturer, samt emisjoner fra stivt og mykt PUR skum til inneluften (indoor air) under normale bruksforhold.

Rutiner og anbefalinger mht avfallshåndtering er vurdert. Ut i fra tilgjengelig informasjon har man kartlagt type og mengde PUR-avfall i Norge, klassifisering av dette, hvordan dette behandles, mulige helseeffekter under rivning, dekomponering, oppmaling, forbrenning etc.

Prosjektets overordnede mål om å bidra til utvikling av en bærekraftig norsk PUR-skumindustri anses å være oppfylt.

Bedrifter som produserer stivt PUR skum og som benytter MDI som råvare, har allerede rimelig miljøvennlige arbeidsplasser. Forbedringsbehovet i eksisterende HMS-rutiner er nokså beskjedent.

Bedrifter som produserer mykt PUR skum og som benytter TDI som råvare, må være påpasselige med å følge nasjonale og internasjonale anbefalinger mht HMS-rutiner. Dette skyldes den langt høyere flyktighetene av TDI sammenlignet med MDI. Bedriftene foretar allerede regelmessige målinger for å forvisse seg om at eksponering av isocyanater ikke overstiger administrativ norm. Riktig utført gir disse målingene et mer korrekt bilde av eksponeringssituasjonen enn mer ressurskrevende urin- og blodmålinger. Målingene viser at bedrifter som bruker TDI ligger nærmere administrativ norm enn de som bruker MDI. I prosjektet har en ny type "Badge" blitt evaluert og disse gir gode målinger til en rimelig penge. Bedrifter som benytter TDI har derfor blitt anbefalt å ta disse i regelmessig bruk for å få en enda bedre kontroll av eksponering til TDI.

I ferdig herdede PUR-produkter finnes ikke isocyanat i fri form. PUR-skum produkter betraktes som trygge produkter både ved videre industriell bearbeiding og ved alminnelig sluttbruk under normale temperaturforhold. Ved høye temperaturer (150 – 200 °C) som kan oppstå f.eks. under varme arbeider vil det være fare for termisk nedbrytning av PUR som kan føre til helseskadelige emisjoner av isocyanater.

Innsamling, bearbeiding og formidling av til dels kompleks og vanskelig tilgjengelig kunnskap har vært en viktig del av dette prosjektet, som avsluttet med en konferanse i Oslo 7. – 8. mars 2002. Konferansen var åpen, og ble kunngjort mot de fleste målgrupper som kan tenkes å være interessert i dette. Kunnskapsformidling fra prosjektet vil fortsette ut over prosjektperioden i regi av Plastindustriforbundets PUR-gruppe.

# 1 INNLEDNING

Dette prosjektet tar for seg problemstillinger omkring stivt og mykt PUR-skum. I Norge benyttes det første materialet i hovedsak som isolasjon i bygninger og det andre i madrasser og møbler. PUR i produkter for overflatebehandling (maling, lakk, lim) er dekket gjennom andre NHO-støttede prosjekter.

I Skandinavia har det periodevis vært stor oppmerksomhet omkring isocyanatene. Det er til dels kompliserte problemstillinger som her blir berørt. Unyanserte mediaoppslag har bidratt til å skape uro hos arbeidstakere i PUR-produserende og PUR-bearbeidende bedrifter og hos brukerne av PUR-produkter. Det er et klart behov for fremskaffelse av relevant informasjon og formidling av denne på en riktig måte til aktuelle målgrupper.

Til oppblåsing av stivt PUR-skum ble det inntil 1990 benyttet KFK som drivgass. På grunn av globale problemstillinger ble KFK deretter faset ut og erstattet med andre drivgasser som var uskadelige for det globale miljøet, men som kunne ha negative effekter i nærmiljøet. Den drivgassen som benyttes mest i dag, pentan, kan f.eks. medføre økt risiko for brann og eksplosjon i produksjonslokalene. Bedrifter som har gått over til pentan oppfyller de lovmessige krav til lagring og bruk av pentan, og har i de langt fleste tilfeller iverksatt tiltak som går vesentlig lengere enn kravene

I dette prosjektet er det stoffgruppen isocyanater som er satt i fokus, men også andre komponenter er kartlagt og vurdert. Avgivelse av helsefarlige stoffer ved varme arbeider og under brann er også belyst.

Flere av deltagerbedriftene har tidligere gjennomført og rapportert grundige arbeidsmiljømålinger i sine produksjonslokaler. Gjennom dette prosjektet er det dessuten tatt initiativ til supplerende målinger hos et utvalg bedrifter, slik at man nå sitter med et nokså komplett bilde av arbeidsmiljøsituasjonen i norske PUR-produserende bedrifter. Teknologisk Institutt har vært ansvarlig for denne delen av prosjektet.

Prosjektet er oppdelt i ulike deler. Del A, C og D omfatter alle medlemsbedrifter, samt deres produkters bruksfase og avhending/avfallshåndtering. Del B omfatter analyse av to case; verdikjede for kontorstol produsert av Håg med mykt PUR fra Westnofa og verdikjeden for et kjøleskap for bil produsert hos Bussbygg med stivt PUR fra Inotan.

Livsløpsvurderinger (LCA) brukes i dag for å dokumentere produkters miljøegenskaper i et verdikjede-perspektiv. Denne tilnærming blir brukt ved produktutvikling for å avdekke hva som er de største miljøproblemene knyttet til et produkts verdikjede og hvor disse miljøproblemene oppstår. For å unngå at arbeidsmiljø blir en salderingspost i forhold til forbedring av ytre miljø, bør arbeidsmiljø inkluderes i LCA-metodikken. Stiftelsen Østfoldforskning (STØ) har tidligere gjennomført en LCA-studie på malingsprodukter (Rønning et al, 1994) hvor arbeidsmiljø var inkludert. Fordi det fortsatt var behov for å forbedre metodikken, og fordi det foregår et internasjonalt arbeid på dette området, fikk STØ midler fra NHO's arbeidsmiljøfond til å følge opp og formidle dette arbeidet (Brekke, 2000). I forlengelsen av dette vil det være viktig at relevante metoder blir testet ut i norske prosjekter. Dermed kan metodikken utvikles og gjøres tilgjengelig for bedrifter som ønsker å integrere

arbeidsmiljø på lik linje med andre faktorer i produktutvikling, samt ønsker å fokusere på arbeidsmiljø som en del av sin totale miljøprofil.

Da det tas sikte på å inkludere arbeidsmiljø i LCA, er det også interessant å inkludere arbeidsmiljø i modeller for miljøvaredeklarasjon. På denne måten vil det bli mulig å kommunisere arbeidsmiljøforhold på lik linje med ytre miljø. STØ har vært prosjektleder for et større nordisk prosjekt for å etablere et felles nordisk modell for miljøvaredeklarasjoner, Hanssen et. al (2001). I dette prosjektet har man valgt ikke å fokusere på arbeidsmiljø. Metodikk og format for miljøvaredeklarasjoner utarbeidet på nordisk plan har vært basis for arbeidet i dette prosjektet.



## **2 MÅL FOR PROSJEKTET**

### **2.1 Hovedmål**

Prosjektets overordnede mål har vært å bidra til utvikling av en bærekraftig norsk PUR-skumindustri som har gode og miljøvennlige arbeidsplasser og som leverer trygge produkter til videre industriell bearbeiding eller direkte til sluttbruker.

Isocyanat inngår som et nødvendig råstoff i all PUR-produksjon. Et gjennomgående element i dette prosjektet har derfor vært er å kartlegge potensiell helsefare forbundet med isocyanat gjennom PUR-skumproduktenes livsløp samt å bidra til at tiltak blir iverksatt for å redusere eller eliminere helsefaren.

### **2.2 Delmål og kommentarer**

Prosjektet har vært inndelt i delprosjekter, hvor det i de enkelte delprosjektene har vært etablert prosjektteam for optimal utnyttelse av bransjekompetanse hos PUR-produsentene og hos råvareleverandørene.

Delprosjekt 1 har omfattet prosjektadministrative aktiviteter og resultatformidling, som også vil fortsette etter prosjektets formelle avslutning.

Innsamling og systematisering av til dels kompleks og vanskelig utilgjengelig kunnskap, samt formidling av denne kunnskapen på en kommuniserbar måte til bedriftene og til allmennheten har vært et viktig delmål i prosjektet. Det er så langt arrangert et nasjonalt prosjektseminar i okt. 2000 og skrevet to artikler i Plast Forum. Det er informert om prosjektet på et nordisk mykt PUR seminar nov. 2001 og det er invitert til en større avslutningskonferanse i Oslo 7. – 8. mars 2002.

Delprosjekt 2 har hatt som mål å skaffe en oversikt over aktuelle målemetoder, utstyr og institusjoner som kan utføre slike målinger, samt en kvalifisert evaluering av ulike metoder og utstyr. Eksisterende målerapporter fra deltagerfirmaene er innsamlet og vurdert, og det er gjennom prosjektet organisert supplerende målinger hos bedrifter som har ønsket dette. Bedriftenes HMS-rutiner er vurdert og det er foreslått tiltak for bedrifter hvor det foreligger forbedringspotensiale.

For å kartlegge halvfabrikata av PUR på deres vei og videre bearbeiding til endelig sluttprodukt hos annen bedrift nedstrøms er det gjort to case-studier. Den ene studien er fra møbelindustrien, hvor mykt PUR-skum er fulgt fra PUR-produsent via møbelprodusent til sluttbruker og avhending. Den andre studien er gjennomført fra stivt PUR-skum produsent til endelig bruk som isolasjon i isolerte kjølekarosserier. Mulige helseeffekter for bygningsarbeidere under montasje av sandwichpaneler med stålplater er vurdert ut i fra stikkprøver foretatt hos produsent.

Kartlegging av helse-effekter i form av emisjoner i bruksfasen er gjennomført gjennom litteratursøk. Problemområder som er nærmere undersøkt er emisjoner under brann og høye temperaturer, samt emisjoner fra stivt og mykt PUR skum til inneluften (indoor air) under normale bruksforhold.

Rutiner og anbefalinger mht avfallshåndtering er vurdert. Ut i fra tilgjengelig informasjon har vi kartlagt type og mengde PUR-avfall i Norge, klassifisering av dette, hvordan dette behandles, mulige helseeffekter under rivning, dekomponering, oppmaling, forbrenning etc.

Fra hovedsponsors side, NHO Arbeidsmiljøfondet, har det vært et viktig mål å vise hvordan arbeidsmiljørelaterte problemstillinger kan implementeres i vanlig benyttet metodikk for livsløpsvurderinger, hvor det globale perspektivet ellers er avgjørende.

### 3 ORGANISERING

Følgende mykt PUR-skum produsenter har deltatt i prosjektet:

Porolon, Westnofa Industrier, Sandella Fabrikker og Brekke Industrier

og følgende stivt PUR-skum produsenter:

Fresvik Produkt, Inotan, Multi-Element, Porolon (både mykt og stivt), Prepan Norge og Optiroc (Leca)

Prosjektet har ellers vært støttet av råvareleverandørene BASF Nordic, Huntsman Norden og Shell Chemicals Europe. En særlig takk rettes til International Isocyanate Institute i Manchester for deres faglige og økonomiske bidrag i forbindelse med gjennomføring av supplerende emisjonsmålinger i et utvalg fabrikker.

Prosjektleder har vært Bjørn Vik, BA8 Rådgivende Ingeniører AS og prosjektsekretær har vært Anne-Kjersti Frydendal, Plastindustriforbundet.

Styret i Plastindustriforbundets PUR-gruppe har vært styringsgruppe for prosjektet. Ved årsskiftet 2001/2002 hadde styret følgende sammensetning:

Formann:	Rune Petter Stene, Prepan Norge AS
Medlemmer:	Hans Jørgen Jeppesen, Optiroc as Kjell Eriksen, Brekke Industrier AS Per Gillebo, Huntsman Polyurethanes
Varamedlemmer:	Steinar Furnes, Sandella Fabrikker AS Bjørn Vik, BA8 Rådgivende Ingeniører AS Rolf Borge Aasrud, Prepan Norge AS Ove Henning Simlenes, Fresvik Produkt AS

Morten Berntsen fra Teknologisk Institutt har vært ansvarlig for prosjektaktiviteter med tilknytning til måling og vurdering av arbeidsmiljø i fabrikkene.

Anne Rønning, Mie Vold og Oddmund Brekke fra Stiftelsen Østfoldforskning (STØ) har hatt ansvar for livsløpsvurderinger og vurderinger av avfallssituasjonen.

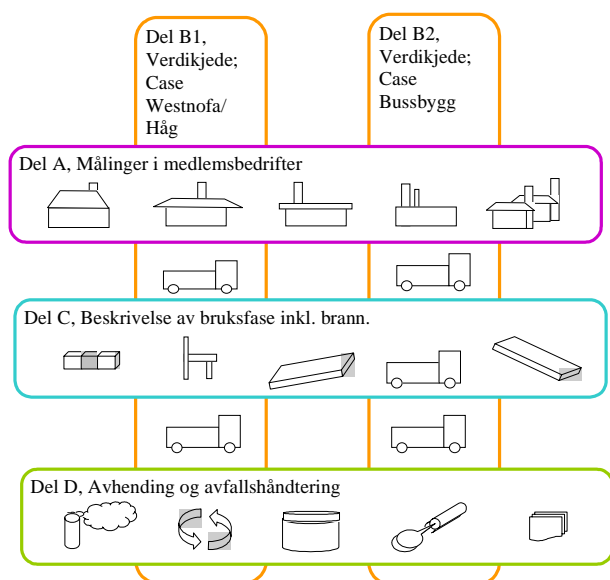
Anne Steen Hansen fra Norges Branntekniske laboratorium har gjennomført litteraturstudier omkring emisjoner ved høye temperaturer og under brann.

Bjørn Vik fra BA8 Rådgivende Ingeniører har gjennomført litteraturstudier omkring emisjoner og indoor air problematikken.

Ellers rettes en takk til Vemund Digernes, PIL og Olve Rømyhr, RIT for faglig bistand og råd under prosjektets gang.

## 4 GJENNOMFØRING AV PROSJEKTET

Figur 1 viser hvordan prosjektet er oppdelt i ulike deler. Del A, C og D omfatter alle medlemsbedrifter, samt deres produkters bruksfase og avhending/avfallshåndtering. Del B omfatter analyse av to case; verdikjede for kontorstol produsert av Håg med mykt PUR fra Westnofa og verdikjeden for et kjøleskap for bil produsert hos Bussbygg med stivt PUR fra Inotan.



**Figur 1: Skisse over ulike delaktiviteter i prosjektet**

### Del A: Målinger i medlemsbedrifter

Vurderinger av eksponering for de aktuelle stoffer vil (i prioritert rekkefølge) bygge på:

- Foreliggende måleresultater og kartlegginger
- Risikovurderinger ved enkeltbedrifter basert på kunnskap om stoffer som inngår og dannes i prosessene og muligheter for eksponering
- Risikovurderinger basert på litteraturdata og rapporter

Beregning av arbeidsmiljøpåvirkninger (risiko) vil ta hensyn til mulige eksponeringssituasjoner og inngående stoffers toksiske egenskaper, basert på best tilgjengelig informasjon.

### Del B: Verdikjedeanalyse av to case

Livsløpsvurderinger (LCA) er benyttet som verktøy ved kartlegging, evaluering og dokumentasjon av helse-, sikkerhets- og miljøparametre. Eksisterende metoder for arbeidsmiljøvurderinger i LCA er vurdert, og egnet metodikk er testet ut. Det er fokusert på eksponering for kjemiske stoffer. Resultatene fra LCA er koplet opp mot eksisterende metodikk for miljøvaredeklarasjoner.

Systemgrensene for LCA er satt slik at fokus retter seg mot aktiviteter som foregår ved PUR-skumproduserende bedrifter i Norge, ved industriell og alminnelig bruk av halvfabrikata og ferdigvarer av PUR-skum, ved håndtering av produksjonsavfall og ved endelig avhending av produktene etter endt livsløp.

#### Del C: Bruksfasen inkl brann

Prosjektets del C er basert på litteraturundersøkelser og Internettsøk, samt på resultater fra tidligere prosjekter gjennomført av enkeltbedrifter innen PIF/PUR-gruppen.

Emisjoner fra PUR ved høye temperaturer og under brann har vært sterkt fremme i media. Norges Branntekniske Laboratorium har derfor gjennomført en relativt grundig litteraturundersøkelse på dette feltet, med støtte og kvalitetssikring fra Teknologisk Institutt som har praktiske erfaringer med emisjoner som følge av varme arbeider. Resultatet er meddelt i særskilt rapport, Hansen (2001).

#### Del D: Avhending og avfallshåndtering

Det er gjennomført en kartlegging av type og mengde PUR-avfall, klassifisering av dette, hvordan dette behandles, mulige helseeffekter under rivning, dekomponering, oppmaling og forbrenning.

## 5 HVA ER PUR?

Polyuretaner er bygget opp av isocyanater polymerisert med polyalkoholer (polyoler). Isocyanatforbindelser er et fellesbegrep for en rekke ulike kjemiske forbindelser som har det til felles at de inneholder en eller flere funksjonelle NCO-grupper (isocyanatgrupper). Følgende undergrupper er spesielt interessante i forbindelse med produksjon og bruk av polyuretanskum:

- Diisocyanat (monomer) er stoffer som inneholder to funksjonelle isocyanatgrupper og som danner utgangspunkt for dannelse av polyuretaner. Vanlige diisocyanater innen skumplast er difenylmetan-4,4-diisocyanat (MDI) som er byggesten i stivt skum og 2,4- og 2,6-toluendiisocyanat (2,4- og 2,6-TDI) som er byggesteiner i mykt skum.
- Monoisocyanat er stoffer som inneholder en funksjonell isocyanatgruppe. Monoisocyanater kan finnes som forurensing i diisocyanater og/eller dannes ved termisk nedbryting av polyuretaner. Eksempler på monoisocyanater er metylisocyanat (MIC), fenylisocyanat (PhI) og isocyansyre (ICA).

MDI som er komponent i stivt skum er langt mindre flyktig enn 2,4- og 2,6-TDI. MDI har høyt kokepunkt og lavt damptrykk slik at risiko for eksponering p.g.a. fordamping ved vanlig romtemperatur er liten. TDI er derimot vesentlig mer flyktig slik at man risikerer høy eksponering også som følge av fordamping ved vanlig romtemperatur. Flyktighet øker med økende temperatur, og i og med at produksjon av PUR-skum er en eksoterm reaksjon (dvs genererer varme) vil man risikere eksponering også for MDI ved produksjon av stivt skum. Ved høytrykksprøyting er det risiko for dannelse av aerosoler uavhengig av isocyanatens flyktighet, slik at sprøyting av isocyanater ved produksjon av PUR-skum vil medføre risiko for eksponering både for MDI og TDI.

Bruk av ferdig herdet PUR-skum gir ikke risiko for eksponering for isocyanater, men støv kan virke irriterende på luftveier. Ved termisk nedbryting som følge av oppvarming til over 150 – 200 grader C vil ferdig herdet PUR-skum nedbrytes og det kan igjen dannes isocyanatforbindelser (både diisocyanater og monoisocyanater) samt andre kjemiske forbindelser.

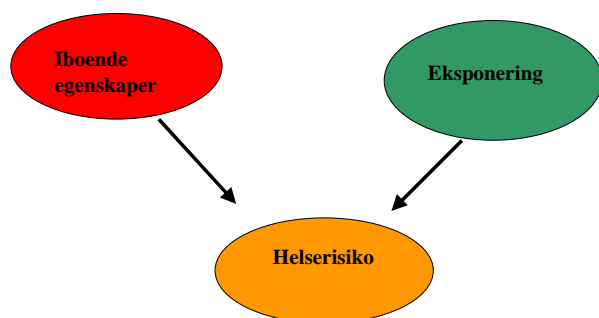
I forbindelse med produksjon og bruk er det derfor følgende arbeidsprosesser som medfører en **potensiell** risiko for eksponering for isocyanater:

- Alt søl eller kontakt med TDI ved romtemperatur p.g.a. av TDI's relativt lave damptrykk. Ved eksoterm reaksjoner (dannelse av varme) vil risiko for eksponering for TDI øke i og med at flyktighet av kjemiske stoffer øker med økende temperatur.
- Eksoterm reaksjoner (dannelse av varme) ved produksjon av stivt skum basert på MDI medfører risiko for eksponering for MDI i og med at flyktighet øker med økende temperatur. Ved vanlig romtemperatur har MDI så lavt damptrykk at eksponering ikke er sannsynlig.
- Sprøyting av MDI og TDI – det dannes da aerosoler (dråpepartikler i luft) uavhengig av stoffenes flyktighet.
- Oppvarming som medfører at ferdig herdet PUR-skum oppvarmes til temperaturer over 150 til 200 grader C.

Den viktigste helserisiko ved eksponering for isocyanater er utvikling av yrkesastma p.g.a. innånding av isocyanater. Isocyanateksponering er angitt å være en av de viktigste årsaker til yrkesastma blant arbeidstakere. Utvikling av astma er spesielt knyttet til eksponering for diisocyanater. Det er lite sannsynlig at monoisocyanater er allergifremkallende.

Isocyanater er også slimhinneirriterende, symptomene varierer fra irritasjonshoste ved lave konsentrasjoner til "kjemisk lungebetennelse" ved svært høy eksponering. Repetert eksponering for lave konsentrasjoner (som ikke gir akutte plager) kan gi sensibilisering og utvikling av astmatiske plager. Sensibilisering oppstår som følge av kontakt med diisocyanater fra ikke-ferdig herdet/ureagert produkt. Ferdig reagert PUR-skum gir ikke allergiske reaksjoner. Repetert hudkontakt med isocyanater kan forårsake kontaktallergi, men dette forekommer sjelden. Irritative hudreaksjoner er derimot mer vanlige. Isocyanater kan tas opp gjennom hud. TDI (både 2,4- og 2,6-TDI) er klassifisert som kreftfremkallende i Norge, men dokumentasjonen er mangelfull.

Isocyanater er altså en stoffgruppe som har potensiale for helseskadelige effekter. Hvorvidt helseskade oppstår er avhengig av i hvilken grad arbeidstaker eksponeres under de ulike arbeidsforhold. Helsenerisiko ved bruk er derfor avhengig av isocyanatenes potensiale for helseskadelige effekt og grad av eksponering. Risiko ved bruk av isocyanater er sannsynlighet

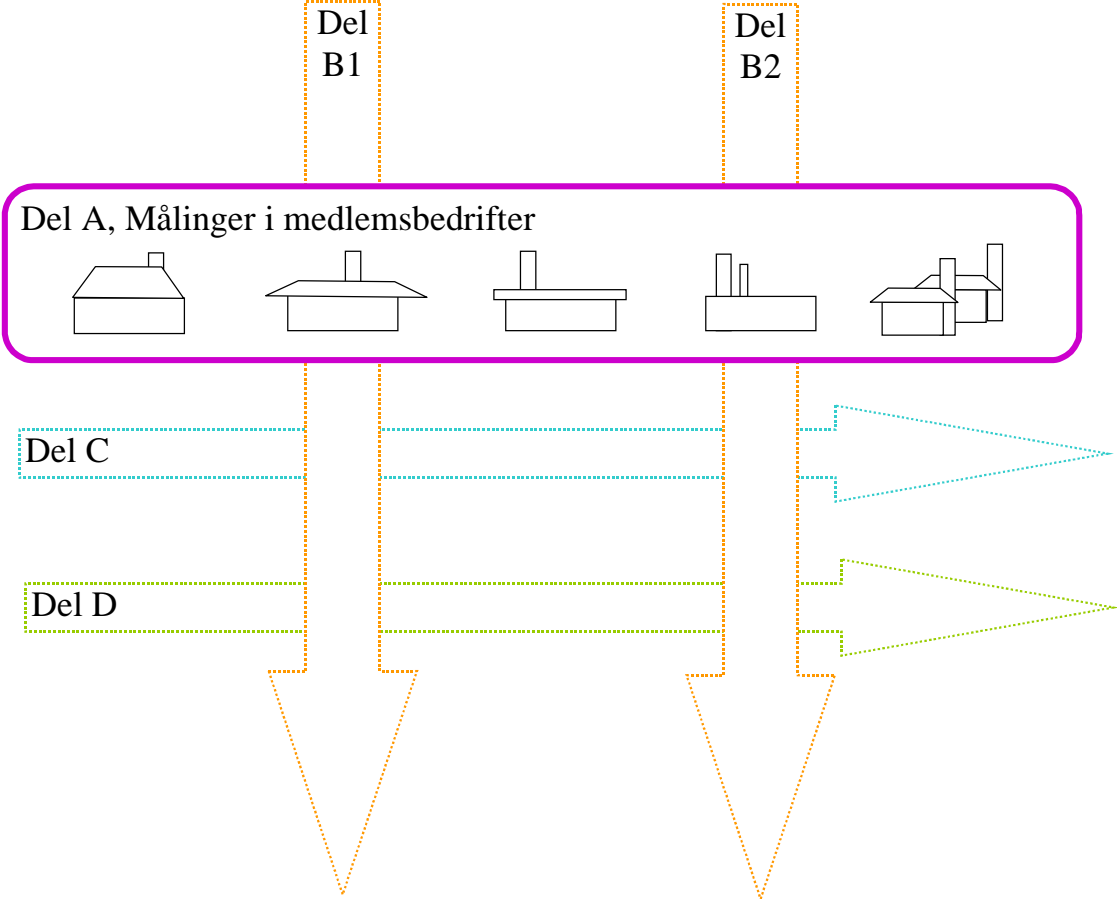


for at det skal oppstå helseskader under bruksbetingelser og er avhengig av stoffenes iboende egenskaper samt bruksmåte, bruksmengde og andre bruksbetingelser slik som arbeidslokalets utforming, ventilasjon etc. I arbeidssituasjonen er det risiko ved bruk som er viktigst ved vurdering.

**Figur 2: Helseskadelige effekter oppstår ikke uten at det har skjedd en eksponering.**

# DEL A:

## Isocyanatmålinger hos medlemsbedrifter





## 6 ARBEIDSMILJØMÅLINGER

### 6.1 Målsetning/omfang

Teknologisk Institutt v/prosjektleder Morten Berntsen er ansvarlig for delprosjekt 2: ”Kartlegging av PUR-prosess og emisjoner hos deltagerbedrifter”. Delprosjekt 2 har som målsetning å beskrive ”typiske” eksponeringsnivå for isocyanater og aktuelle aminer ved produksjon og bruk av polyuretanskum.

Dette delprosjekt inkluderer innhenting av måledata fra deltagende bedrifter samt gjennomføring av yrkeshygieniske målinger hos deltagerbedrifter som måtte ønske det og som i senere tid ikke har gjennomført slike målinger med nyutviklede prøvetakings- og analyseteknikker for bestemmelse av aktuelle isocyanat- og aminforbindelser. Målingene omfatter personbårne prøver på aktuelle arbeidstakere som utfører selve arbeidsoperasjonen samt kartlegging av potensiell eksponering for randsonepersonell som arbeider i samme produksjonslokale.

Tabell 1 viser omfang av yrkeshygieniske målinger gjennomført av bedriften selv eller i regi av prosjekt ”Sikker produksjon og bruk av polyuretanskum”.

**Tabell 1: Omfang av yrkeshygieniske målinger**

Type virksomhet/prosess	Kjemisk produkt	Målingene omfatter
Injeksjon stivt skum i paneler	MDI	2 bedrifter
Produksjon av stivt skum i blokker	MDI	1 bedrift
Produksjon av Isoblokker	MDI	2 bedrifter
Produksjon av nytt skum fra produksjonsavfall (rebonding)	TDI	1 bedrift
Blokkstøping – mykt skum	TDI	2 bedrifter
Flammelaminering – mykt skum	TDI	1 bedrift
Formstøping – mykt skum	TDI	1 bedrift
Boring/etterarbeid på paneler	Termisk dekomponering av stivt skum basert på MDI	1 bedrift

### 6.2 Metode

For de målinger som er gjennomført i regi av delprosjekt 2 er prøvetaking for bestemmelse av isocyanater samt aktuelle aminer foretatt med impingerflaske med 0,01 M dibutylamin løst i toluen etterfulgt av filter (DBA-metoden). Aktiv prøvetaking med høyhastighetspumpe, pumpehastighet 1 liter/min. Prøvene er analysene er foretatt ved Miljø-Kjemi, Norsk Miljø Senter ved høytrykks væskechromatografi – massespektrometri (HPLC/MS), og inkluderer identifikasjon og kvantifisering av følgende kjemiske forbindelser:

- Isocyansyre (ICA) – kvantifisert som MIC
- Metylisocyanat (MIC)
- Etylisocyanat (EIC)
- Propylisocyanat (PIC)
- Butylisocyanat (BIC)
- Fenylisocyanat (PI)

- 2,6-toluendiisocyanat (2,6-TDI)
- 2,4-toluendiisocyanat (2,4-TDI)
- Difenylmetan-4,4-diisocyanat (MDI)
- Heksametylen-1,6-diisocyanat (HDI)
- 2,6-toluendiamin (2,6-TDA)
- 2,4-toluendiamin (2,4-TDA)
- 4,4-metylendifenyl diamin (MDA)
- Toluen-aminoisocyanat (TAI) – kvantifisert som 2,6-TDI
- Metylendifenyl aminoisocyanat (MAI) – kvantifisert som MDI
- TDI urea – kvantifisert som 2,6-TDI

For de målinger som er utført i regi av bedriften selv er det benyttet ulike metoder, både DBA-metoden (impinger med DBA-reagens) og filter impregnert med 2-MP er benyttet. Sammenlignende undersøkelser har vist at disse målemetodene gir tilsvarende resultater ved måling av diisocyanater slik som MDI og TDI i gassform. Ved aerosoldannelse p.g.a. sprøyting samt ved termisk dekomponering med risiko for dannelse av monoisocyanater og andre forbindelser er derimot DBA-metoden å foretrekke og metoden gir økte muligheter for identifisering og kvantifisering av aktuelle kjemiske forbindelser. Begrunnet i at de målinger hvor impregnerte filter med 2-MP er benyttet omfatter eksponering for MDI i gassform, så vurderes denne metoden som egnet for å beskrive eksponering for diisocyanater ved de kartlagte arbeidsprosesser.

### 6.3 Kriterier for vurdering av arbeidsatmosfæren

Best. nr. 361: ”Administrative normer for forurensing i arbeidsatmosfæren”, utgitt av Dir. for Arbeidstilsynet brukes ved vurdering av arbeidsmiljøstandarden på arbeidsplasser der luften er forurenset av kjemiske stoffer. Aktuelle diisocyanater har følgende administrative normer:

**Tabell 2:**

Diisocyanat	Adm.norm – 8 timer	Korttidsnorm	Merknad
2,4-toluendiisocyanater (2,4-TDI)	35 ug/m <sup>3</sup> (0,005 ppm)	70 ug/m <sup>3</sup> (0,01 ppm)	A (Allergifremkallende) K2 (Kreftfremkallende – middels potent)
2,6- toluendiisocyanat (2,6-TDI)	35 ug/m <sup>3</sup> (0,005 ppm)	70 ug/m <sup>3</sup> (0,01 ppm)	A (Allergifremkallende) K2 (Kreftfremkallende – middels potent)
Difenylmetan-4,4-diisocyanat (MDI)	50 ug/m <sup>3</sup> (0,005 ppm)	100 ug/m <sup>3</sup> (0,01 ppm)	A (Allergifremkallende)

Normene angir høyeste akseptable gjennomsnittskonsentrasjoner over et 8 timers skift og dette betyr at kortvarige overskridelser av normen kan forekomme hvis konsentrasjonen for øvrig holdes så lav at gjennomsnittskonsentrasjonen for hele 8-timers perioden ligger under normen. For å vurdere akseptabel, kortvarige, høyere eksponeringsnivå er det fastsatt en korttidsnorm på diisocyanater på 0,01 ppm. Korttidsnorm angir hva som er akseptabelt eksponeringsnivå i perioder på opptil 15 minutter.

De administrative normer er satt for enkeltstoffer, og ved eksponering for flere stoffer samtidig må det vurderes i hvilken grad effekten av eksponering påvirkes av dette. Hvis det er flere stoffer som gir samme type virkning på samme organsystem er det vanlig å regne med at disse har additiv effekt (dvs virkningene av de enkelte stoffer kommer i tillegg til hverandre) såfremt det ikke er holdepunkter for synergistisk (forsterkende) eller antagonistisk (motvirkende) effekter. Med hensyn på TDI så foreligger eksponering i to ulike monomerer, nemlig 2,4-TDI og 2,6-TDI samtidig, og

ved vurdering av eksponering mot administrativ norm legges vi til grunn at disse har additiv effekt. Ved vurdering av måleresultater er det sum total TDI som sammenlignes med administrativ norm.

## 6.4 Resultater/konklusjoner

Målsetning ved arbeidsmiljømålingene er å beskrive ”typiske” eksponeringsnivå for isocyanater og aktuelle aminer ved produksjon og bruk av polyuretanskum. Tabell 2, 3 og 4 viser hovedresultater og konklusjoner fra undersøkelse av de enkelte arbeidsprosesser som omfattes av prosjektet ved henholdsvis produksjon av stivt skum, mykt skum og risiko for termisk nedbryting.

**Tabell 3: resultater/konklusjoner fra kartlegging i bedrifter som produserer stivt skum basert på MDI.**

Type virksomhet/prosess	Kjemisk produkt	Hovedresultater/konklusjoner
Injeksjon stivt skum i paneler	MDI	<p>Personbårne målinger på personell som utfører injeksjon av stivt skum basert på MDI viser at arbeidstaker som utfører selve arbeidsprosessen risikerer eksponering for konsentrasjoner av difenylmetan-4,4-diisocyanat (MDI) over administrativ norm under selve injiseringen. Slik toppeksposering er imidlertid av svært kort varighet (1 – 2 minutter). Selv om eksponeringsnivå er høyere enn korttidsnorm på 100 ug/m<sup>3</sup> vil eksponeringsnivå beregnet som middelverdi over hele 8-timers dagen være vesentlig lavere enn administrativ norm p.g.a. relativt lang tid mellom hver injisering.</p> <p>Stasjonære målingene viser at randsonepersonell kan risikere en viss eksponering for isocyanater, med at eksponeringsnivå vil være lavt både med tanke på korttidseksponering under selve injiseringsprosessen og eksponeringsnivå som gjennomsnitt over hele 8-timers perioden. Stasjonære målinger på lagersted for nyproduserte paneler viser at randsonepersonell ved arbeid med eller i nærheten av ferske plater ikke eksponeres for isocyanater eller aktuelle aminforbindelser.</p>
Produksjon av stivt skum i blokker	MDI	<p>Personbårne målinger på operatør viser svært liten risiko for eksponering for difenylmetan-4,4-diisocyanater (MDI) ved normale driftsforhold.</p> <p>Stasjonære målinger bekrefter resultatene fra de personbårne målingene og viser at produksjon av stivt skum i blokker medfører liten risiko for eksponering for isocyanater eller aktuelle aminforbindelser både for operatør og randsonepersonell.</p>
Produksjon av iso-blokker	MDI	<p>Personbårne målinger på operatør viser svært liten risiko for eksponering for difenylmetan-4,4-diisocyanater (MDI) ved normale driftsforhold.</p> <p>Stasjonære målinger bekrefter resultatene fra de personbårne målingene og viser at arbeid ved produksjonslinjen for produksjon av iso-blokker medfører liten risiko for eksponering for isocyanater eller aktuelle aminforbindelser både for operatør og randsonepersonell.</p>

**Tabell 4: resultater/konklusjoner fra kartlegging i bedrifter som produserer mykt skum basert på TDI.**

Type virksomhet/prosess	Kjemisk produkt	Hovedresultater/konklusjoner
Produksjon av armert skum – mykt skum	TDI	Personbårne målinger ved produksjon av armert skum basert på TDI viser at operatører som utfører selve arbeidsprosessen eksponeres for høye konsentrasjoner av toluendiisocyanat (TDI) under selve arbeidsprosessen. I tillegg til personbårne målinger er det utført stasjonære målinger for å vurdere risiko for eksponering for isocyanater og aktuelle aminer for randsonepersonell, dvs andre arbeidstakere i arbeidslokale. Målingene viser at randsonepersonell kan risikere en viss eksponering for isocyanater ved opphold/arbeid i lokale for produksjon av armert skum men at eksponeringsnivå er lavt.
Blokkstøping – mykt skum	TDI	Personbårne målinger ved blokkstøping viser at alle arbeidstakerne som arbeider med selve prosessen eksponeres for konsentrasjoner av toluendiisocyanat (TDI) over administrativ norm under denne arbeidsprosessen. Randsonepersonell risikerer også eksponering over administrativ norm ved opphold i arbeidslokale under blokkstøping.
Flammelaminering – mykt skum	TDI	Det kan ikke påvises eksponering for TDI verken ved personbårne eller stasjonære prøver til tross for lav deteksjonsgrense (laveste målbare konsentrasjon) på under 2 % av administrativ norm. Isocyansyre (ICA) påvises, men eksponeringsnivå vurderes som svært lavt. De yrkeshygieniske målingene viser derfor at operatør og assistent samt randsonepersonell har liten risiko for eksponering for isocyanater ved denne arbeidsprosessen.
Formstøping – mykt skum	TDI	Personbårne målinger ved formstøping viser at personell som utfører arbeidsoppgaver knyttet direkte til arbeidsprosessen kan risikere en viss eksponering, men at eksponeringsnivå er vesentlig lavere enn adm. norm.  I tillegg til personbårne målinger er det utført stasjonære målinger for å vurdere risiko for eksponering for isocyanater og aktuelle aminer for randsonepersonell, dvs andre arbeidstakere i arbeidslokale. Målingene viser at randsonepersonell kan risikere en viss eksponering for isocyanater ved opphold/arbeid i lokale for formstøping men at eksponeringsnivå er lavt.

Hovedresultater/konklusjoner må brukes med varsomhet ved vurdering av risiko for eksponering i andre bedrifter enn de som omfattes av kartleggingen. Grad av eksponering vil variere med lokale forhold slik som størrelse på arbeidslokale, i hvilken grad det er installert punktavsug og effekten av dette, dimensjonering og effektivitet av generell ventilasjon, åpne porter ut eller mot tilstøtende lokaler bare for å nevne noen variabler. Selv om man benytter samme type råvarer, benytter samme produksjonsutstyr og produserer samme type PUR-produkt som de kartlagte virksomheter, vil vi likevel understreke at det må foretas en individuell vurdering av arbeidsforholdene i den enkelte virksomhet. Måleresultatene og konklusjonene fra dette prosjektet vil dog kunne benyttes til på generelt grunnlag å vurdere risiko for eksponering og ikke minst peke på hvilke arbeidsprosesser og eksponeringssituasjoner hvor høyeste eksponering kan forventes og hvilke arbeidsprosesser som vanligvis er assosiert med lav eksponering for isocyanater og liten helserisiko.

De målinger som er utført kartlegger kun helserisiko som følge av innånding av isocyanater og aktuelle aminforbindelser. Aktuelle kjemiske forbindelser kan forårsake hudreaksjoner (irritative og allergiske eksem) ved gjentatt og langvarig hudkontakt spesielt mellom uherdet PUR-produkt og ubeskyttet hud. Ved arbeidsoperasjoner og prosesser hvor man risikere hudkontakt med ikke ferdig reagert/herdet PUR-skum er det vår anbefaling at det benyttes adekvat hudvern – dvs kjemikalieresistent hanske i et materiale som er gir tilfredsstillende beskyttelse mot de aktuelle isocyanatforbindelser som benyttes.

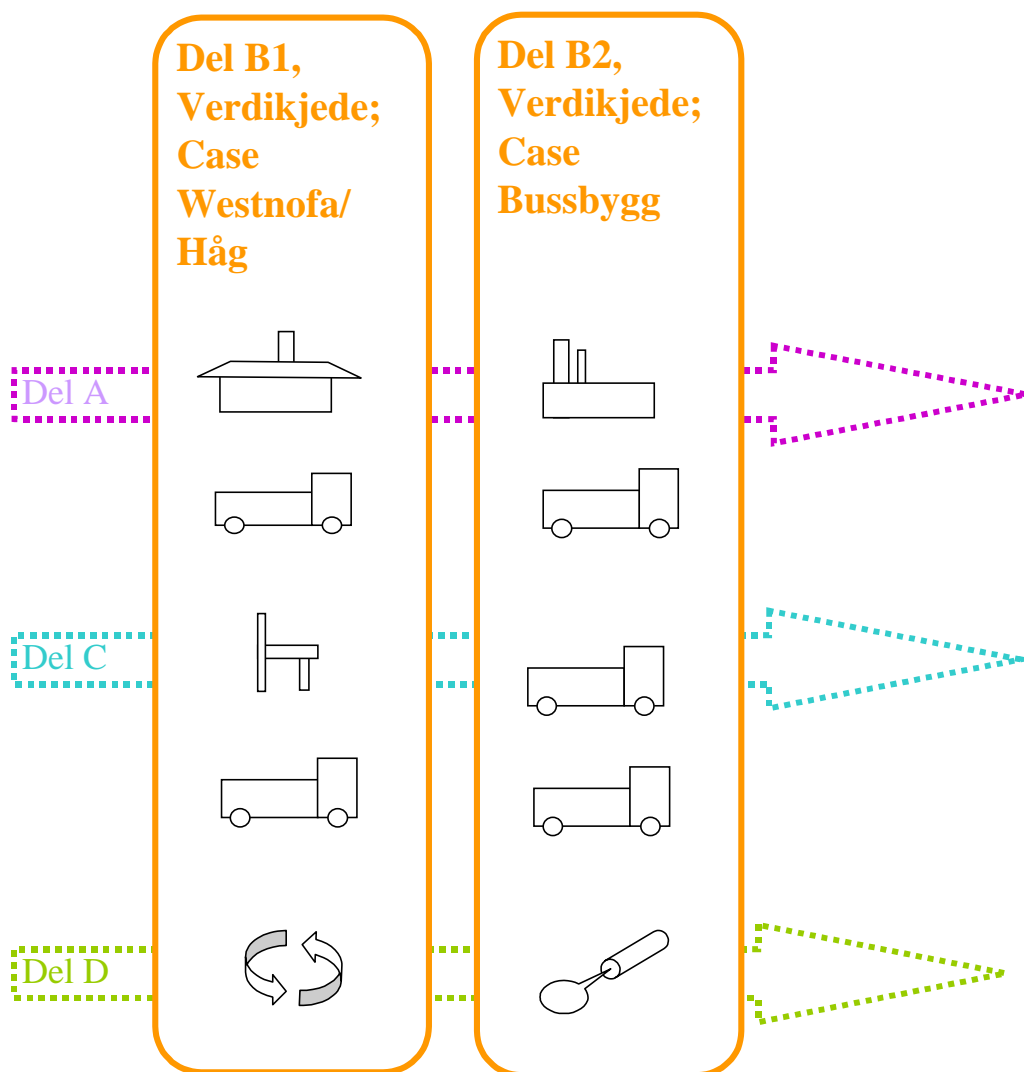
For ytterligere opplysninger henvises til egen rapport fra delprosjekt 2.

# DEL B:

## Verdikjedeanalyse av to case

Westnofa/Håg - kontorstol

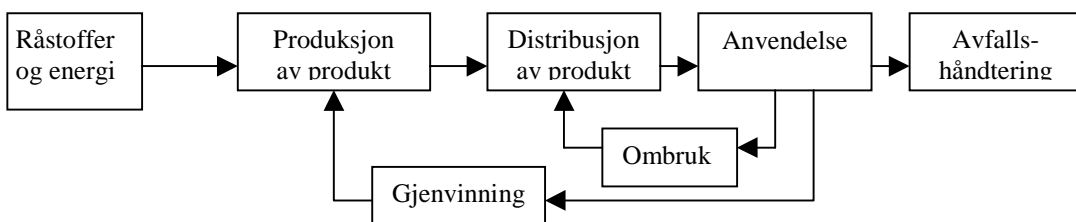
Inotan/Bussbygg - kjøleskap til bil



# 7 METODIKK

## 7.1 Hva er LCA?

En livsløpsvurdering (LCA) innebærer en sammenstilling og evaluering av miljø- og helsepåvirkningene til et produkt eller produktsystem gjennom dets livsløp (vugge-til-grav). En fullstendig LCA for en madrass av polyuretan vil inkludere miljø- og helsepåvirkninger i forbindelse med utvinning av olje, gass, kull og andre inngående ressurser som brukes som energikilder og råmaterialer, alle produksjonstrinn fram til ferdig produkt, transport mellom de forskjellige leddene i verdikjeden, samt bruk og avfallshåndtering (gjenvinning eller deponering). Dette er illustrert i figuren under.



**Figur 3: Skisse over et produktsystem i LCA**

I LCA blir alle påvirkninger relatert til en funksjonell enhet. Den funksjonelle enhet er den enhet som angir et produkts ytelse i forhold til en bestemt brukers krav. For eksempel kan den funksjonelle enheten være 1 kg PUR, men dette vil ikke ta hensyn til bruksegenskapene. Ved å definere den funksjonelle enheten i forhold til funksjonen av sluttproduktet, vil bruksegenskapene også kunne inkluderes. Når for eksempel PUR brukes som isolasjon i kjøletransport, vil det gi et bedre bilde å gjøre en LCA av hele bilen gjennom bilens livsløp, inklusive energiforbruk til drivstoff og kjøling. Materialer med lav vekt vil for eksempel bidra til redusert forbruk av drivstoff gjennom hele bilens levetid, og kan ha vesentlig betydning for resultatet av LCA'en. Et effektivt isolasjonsmateriale vil på samme måten kunne senke det totale energiforbruket gjennom livsløpet, på grunn av redusert behov for kjøling.

LCA er et relativt nytt verktøy som er under stadig utvikling. Det er utviklet flere ISO standarder (ISO 14040-43) som retter seg inn mot forskjellige aspekter av LCA. En LCA deles inn i flere faser, hvorav følgende er obligatoriske i henhold til ISO 14040:

### 1) Fastsettelse av hensikt og omfang

*Hensikten* kan for eksempel være å

- sammenligne forskjellige alternative materialer i forbindelse med miljørettet produktutvikling (for eksempel bildeler i aluminium sammenlignet med PUR)
- dokumentere om en gitt endring i et produktsystem tilfredsstiller krav fra myndighetene (for eksempel i forhold til utslipp av CO<sub>2</sub> og andre klimagasser)
- dokumentere et produkts påvirkninger på miljøet for kunder og andre interesserte, for eksempel gjennom en miljøvaredeklarasjon

*Omfanget* må defineres med utgangspunkt i det produktsystemet som skal studeres, og her er fastsettelsen av den funksjonelle enheten sentral (se ovenfor). I livsløpsvurderingen studeres alle utvekslinger mellom det teknisk/økonomiske systemet og økologiske systemer, både inngående strømmer (energi og råvarer) og utgående (avfall, forurensning til luft og vann, energitap mm.).

Systemgrensene bestemmes delvis av studiens planlagte anvendelse, noe som igjen betyr at en studie ikke nødvendigvis kan brukes i andre sammenhenger enn den opprinnelig tiltenkte. For å kunne sammenligne resultatene fra ulike produkter og ulike analyser er det viktig at systemgrensene fastsettes på et likeverdig grunnlag, dvs. at man har like kriterier for avgrensning av produktsystemet.

Forhold som bør tas i betraktning ved fastsettelse av systemgrenser kan deles inn i to grupper:

- **Kriterier for hvilke elementer som skal inkluderes eller holdes utenfor vurderingen** (f.eks. alle stoffer som inngår med mer enn 1 vekt-%, 1% av energiforbruk eller 1% av en relevant miljøpåvirkning inkluderes). Også avgrensning mot tilgrensende produktsystemer inngår her.
- **Kriterier for hvilken kvalitet det skal være på data som skal samles inn** (f.eks. hvor gamle kan dataene være, hvilket geografisk område skal de være gyldige for, tekniske begrensninger for data, stedsspesifikke data, nøyaktighet, antagelser som kan legges til grunn, osv.)

Disse forholdene kan påvirke det endelige resultatet og må derfor være beskrevet.

- 2) **Livsløpsregnskap.** Omfatter all datainnsamling. Her kartlegges for eksempel forbruk av ressurser, utslipp, avfall og eksponering for kjemiske stoffer. Eventuell kartlegging av arbeidsmiljøfaktorer vil inngå her.
- 3) **Effektvurdering.** Her knyttes innsamlede data fra regnskapsfasen til spesifikke miljø- og helsepåvirkninger, som regel gruppert i påvirkningskategorier (eks. påvirkning på global klimaendring, forsurening av vassdrag, overgjødning av vassdrag, human- og økotoksitet). For kategorien human toksitet vil for eksempel utslippstall for forskjellige stoffer multipliseres med en faktor, avhengig av bl.a. stoffenes toksitet. For flere typer av miljø- og helsepåvirkninger er disse omregningsmetodene ikke tilstrekkelig utviklet, og de er dermed ofte ikke inkludert. Dette gjelder for eksempel arbeidsmiljø, men dette er foreslått som en egen kategori (1).
- 4) **Tolkning.** Her vurderes resultatene, og konklusjoner trekkes i forhold til studiens hensikt og omfang.

## 7.2 Metodikk for arbeidsmiljø i LCA

LCA har i hovedsak vært brukt som et verktøy til å vurdere påvirkninger av det ytre miljø. Flere metoder er imidlertid under utvikling også for livsløpsvurderinger av arbeidsmiljø (Brekke 2000). Metodene kan være mer eller mindre egnet avhengig av formålet med den enkelte studie. De fleste metodene er utformet slik at ulike kategorier av arbeidsmiljø-påvirkning kan inkluderes, for eksempel kjemisk arbeidsmiljø, støy, arbeidsulykker, psykososiale faktorer etc. Dette stiller krav til at metodene må behandle vidt forskjellig type informasjon, som må regnes om til et felles format.

Metodene kan deles inn i to grupper:

*Prosessmetoder:* De enkelte delprosesser i livsløpet vurderes for potensiell arbeidsmiljø-belastning ut fra målinger og risiko-betraktninger.

*Bransjemetoder:* Med utgangspunkt i tilgjengelig statistikk beregnes omfanget av arbeidsskader og sykdommer per produsert varemengde innen hver bransje.

Fordi arbeidsmiljø-problematikk knyttet til PUR ikke fanges opp spesifikt av bransjestatistikk, velger vi i dette prosjektet å ta utgangspunkt i prosessmetoder.



IVF (Institutet för Verkstadsteknisk Forskning) i Sverige har for eksempel utviklet en metode for å kvantifisere arbeidsmiljøpåvirkning (WEST – Work Environment Screening Tool), som også kan brukes i LCA (Bengtson og Berglund 1997). Totalt ni forskjellige faktorer i arbeidsmiljøet er behandlet (ulykker, fysisk arbeidsbelastning, støy, kjemiske helserisikoer, vibrasjoner, allment fysisk miljø, forutsetninger for sosialt arbeidsklima, arbeidets innhold og handlingsfrihet). For hver faktor beregnes det en poengsum på grunnlag av risikovurderinger ved den enkelte bedrift. Dermed kan de forskjellige faktorene adderes eller i det minste sammenstilles på en felles skala. Kjemiske helserisikoer bedømmes primært ut fra eksponering for luftforurensninger sett i forhold til hygieniske grenseverdier, og gis poeng ut fra dette.

### 7.2.1 WEST – metodebeskrivelse for kjemisk helserisiko

I og med at det foreligger måleresultater fra aktuelle bedrifter, og WEST i større grad enn de andre prosessmetodene håndterer den kvantitative informasjonen i måleresultatene, har vi valgt å bruke denne metoden, begrenset til kjemiske helserisikoer. Vi vil derfor i det følgende beskrive denne metodikken i større detalj:

Den første delen av metodikken er en vurdering av kjemisk helserisiko på arbeidsplassen, som kan anvendes som en risikovurdering uavhengig av om resultatene skal brukes i en LCA eller for andre formål. Hovedelementene i denne metodikken er som følger (2):

- a) De luftforurensninger som kan forårsake helsefare identifiseres.
- b) Grenseverdier for disse framskaffes.
- c) En vurdering (helst måling) av eksponeringen gjøres med samme tidsbase som grenseverdien. Brukes for eksempel en grenseverdi for 8-timers eksponering, må også vurderinger av eksponeringen gjøres over en 8-timers periode. Brukes korttidsgrenseverdier (for eksempel 5 eller 15 minutter), må tilsvarende eksponeringsberegninger gjøres. Dette er relevant for eksponeringer som varer kortere tid enn tidsbasen for disse grenseverdiene.
- d) Eksponeringen divideres med grenseverdien.
- e) Poeng gis for eksponeringen (i forhold til grenseverdien). Poengene tildeles etter en ikke-lineær skala (dose-respons kurve), i henhold til tilgjengelig software i WEST-modellen. Et utdrag av skalaen er gjengitt i tabellen under:

Tabell 5: Poeng i henhold til andel av grenseverdi

Andel av grenseverdi	Poeng
<10%	0
25%	-6
50%	-15
75%	-30
100%	-60
>200%	-100

En økning i eksponering fra 50% til 100% av grenseverdien medfører altså en 4-dobling av poeng, fra -15 til -60 poeng. Dette samsvarer med en vurdering av at risikoen for sykdom eller symptomer øker vesentlig når en kommer nærmere grenseverdien.

Om det forekommer eksponering for flere ulike kjemikalier, må man avgjøre om de påvirker helsen på samme vis (samme virkningsmekanisme). I så fall summeres eksponeringen for de enkelte stoffene (som prosentverdier av grenseverdi) før omregning til poeng. Hvis ikke, regnes hver enkelt eksponering om til poeng, og poengene summeres.

Eksposering for helseskadelige kjemikalier skjer ikke bare gjennom luft, men for eksempel også gjennom hud. Dette er vanskeligere å kvantifisere, men WEST-metoden inkluderer en mulighet til å legge inn slik annen eksponering. Hvor alvorlig eksponeringen er, må da bygge på et faglig kvalifisert skjønn. Tabellen under gir rammene for slik poengtildeling.

**Tabell 6: Poengtildeling i WEST ved annen eksponering enn gjennomluft**

Substans	Poeng
Kontakt med kreftframkallende, mutagene eller reproduksjonsforstyrrende stoffer	0- -60
Kontakt med allergiframkallende stoffer	0- -60
Kontakt med hudgjennomtrengende stoffer	0- -60
Kontakt med irriterende stoffer	0- -40
Øvrig negativ kjemikaliepåvirkning, for eksempel illeluktende stoffer	0- -40

Total poengsum for den aktuelle prosessen eller bedriften er da totalsum av bidrag fra luftforurensninger og annen eksponering.

Den andre delen av metoden er nødvendig for å gjøre resultatene tilgjengelige for LCA. Poengsummen må da knyttes opp til funksjonell enhet. Dette gjøres ved å multiplisere poengsummen med antall arbeidstimer som går med i de aktuelle prosesser for framstilling (eller bruk, vedlikehold eller avfallshåndtering) av en funksjonell enhet. Antall arbeidstimer er produktet av arbeidstid pr. involvert person og antall personer.

I dette prosjektet fokuserer vi bare på kjemisk arbeidsmiljø nedstrøms fra og med sluttproduksjon av PUR. Det vil si at delprosesser som leder fram til produksjon av isocyanater, polyoler og andre råstoffer ikke er inkludert, på grunn av manglende datagrunnlag. I og med denne begrensningen, har vi valgt å fokusere på isocyanater, som ut fra litteraturen utgjør den potensielt viktigste eksponeringsrisikoen ved produksjon og håndtering av PUR.

### 7.3 Miljøvaredeklarasjoner

#### 7.3.1 Hva, hvem og hvorfor?

*Bakgrunnen for utvikling av miljøvaredeklarasjoner:*

Fokus i miljøarbeidet har endret seg gjennom de siste tiårene. På 50 og 60-tallet var fortynningsstrategien det framtreddende med bygging av høye piper for spredning av gassutslipp fra fabrikkområdet. Rensestrategi kom på banen på 70-tallet. 80-tallet var tiåret da gjenvinningsstrategien for alvor slo igjennom. Ikke før på 90-tallet begynte den forebyggende tankegang å gjøre seg gjeldende som supplement til tradisjonelle løsninger som renseanlegg.

Både industri og myndigheter, nasjonalt og internasjonalt, så nytten av å tenke forebyggende med tanke på miljø, og økonomisk viste det seg også å være lønnsomt. Forebyggende tiltak er først og fremst rettet mot å minimere ressursbruk, utslipp og avfallsgenerering fra et konkret produksjonssted. Dette gjøres ved å se på forurensning som ressurser på avveie og ved å redusere/fjerne kilden til forurensninger.

I samme tidsrom skjer det et internasjonalt arbeid med søkelys på forutsetninger for en bærekraftig utvikling. Vugge til grav prinsippet utvikles med bred basis i industrien. Fra industriens ståsted ser man at for å optimalisere sine produkter/tjenester i forhold til miljø, er det viktig å velge riktige

materialer, men også utformingen, bruk og avhending av produktene er viktig for miljøprofilen. Dette har ikke minst sammenheng med den nye miljøpolitiske utviklingen, der industrien både tar og får et langt større ansvar for de miljøproblemer som oppstår i alle ledd av produktets livsløp. Eksempler på dette finner vi i tilbaketakingsplikten for emballasjeavfall og andre avfallsprodukter i Tyskland og i prinsippene for utvidet produsentansvar innenfor industriens eget "Responsible Care"-program.

Også fra myndighetenes side har vugge til grav prinsippet kommet som et supplement i utforming av miljøpolitikken. Man ser ikke lenger bare på produksjonsstedet, men vurderer hvor i verdikjeden virkemidlene bør settes inn for å oppnå størst effekt på miljøet som helhet. For norsk industri oppsto et behov av å kunne synliggjøre egen påvirkning sett i forhold til den totale påvirkningen gjennom hele verdikjeden. Dette har blant annet resultert i et behov for å utvikle miljøvaredeklarasjoner som tar hensyn til hele verdikjeden.

Også i forhold til arbeidsmiljø har produsenter måttet svare for forhold i verdikjeden til produktene, spesielt knyttet til barnearbeid og ekstreme arbeidsmiljøsituasjoner, men dette kan utvikles videre.

*Hva er et miljømerke / en miljøvaredeklarasjon?*

I dag finnes minst tre typer av systemer for miljødokumentasjon for produkter og tjenester.

Type I: Miljømerker (Svanemerket, EU-blomsten m.fl.) er basert på ISO 14024 standarden. Dette er et merke som viser om produktet eller tjenesten oppfyller fastlagte kriterier. De tar ikke fullt ut hensyn til bakenforliggende prosesser ved fremstilling av råvarer.

For å øke informasjonsnivået, og også gi produsentene en mulighet til å informere om produktenes eller tjenestenes faktiske miljøprofil, ble det introdusert systemer for miljødeklarasjoner. Disse deklarasjonene er inndelt i to grupper, type-II og Type III der:

Type II: Egendeclarering er et systemet beskrevet i ISO 14021 Standard. (Har en viss utbredelse i Sverige, Økobygg-prosjekt i Norge). Systemet er utviklet og publisert for den enkelte bedrift uten granskning og godkjenning av en tredje part. Bedriften gir miljøinformasjon om utvalgte miljøaspekter.

Type III: Uavhengig gransket Miljøvaredeklarasjon er basert på livsløpsanalyse i henhold til ISO 14040-43. Dette medfører at størrelsen på produktet/tjenestens "miljøfotavtrykk" gjengis objektivt. Det stilles bestemte krav til gjennomføring, presentasjon, granskning og kompetanse hos involvert personell.

*Miljøvaredeklarasjoner Type III*

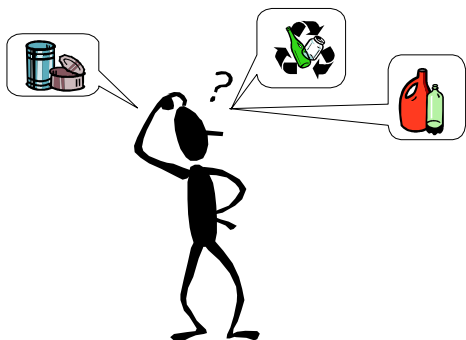
Miljøvaredeklarasjoner (forkortet MVD) Type III er en måte å kommunisere miljøegenskaper for et produkt i en kvantifisert form. Deklarasjonen tar utgangspunkt i hele verdikjeden for et produkt/tjeneste, og er uavhengig gransket i forhold til bedriften som markedsfører produktet. Miljøvaredeklarasjoner for tilnærmet like produkter fra ulike produsenter blir utformet med basis i analyser som har så like forutsetninger og likt metodegrunnlag som mulig. En forstudie skal gjennomføres som et samarbeid mellom interesserte og berørte parter for å utarbeide felles regler innenfor hver produkt-/tjenestegruppe.

Siden systemet for sertifiserte miljøvaredeklarasjoner bygger på internasjonalt arbeid og oppgir objektiv, ikke vektet informasjon, vil deklarasjonene i prinsippet være gjeldende for alle markeder. Godkjente deklarasjoner skal derfor finnes tilgjengelig på Internett, og ved behov kunne leveres på engelsk eller andre språk.

Arbeidet med å bygge opp systemer for MVD-III pågår i flere land. I Norge vil godkjente MVD`er fortløpende bli lagt ut på NHO`s hjemmeside:

<http://www.nho.no/nhoweb/nyttogny.nsf/web/helse-miljoe-sikkerhet.htm>

Miljøvaredeklarasjoner Type III er i prinsippet tilgjengelig for alle bedrifter og for alle produkter/tjenester og er ikke bare forbeholdt de ”beste” produktene og i første omgang er de mest rettet mot profesjonelle innkjøpere (fra bedrift til bedrift) og beslutningstakere i produkt- og prosessutvikling.



Profesjonelle innkjøpere og teknisk personell er målgrupper som stiller meget høye krav til informasjon for å kunne gjøre objektive miljøvalg. Viktige stikkord og krav til en deklarasjon er derfor:

- ◆ Objektivitet
- ◆ Sammenlignbarhet
- ◆ Troverdighet
- ◆ Adderbarhet

Sertifiserte miljøvaredeklarasjoner sikrer miljøinformasjon i henhold til de fire kravene:

#### ◆ **Objektivitet**

Sikres gjennom kravet til at informasjonen skal fremkomme gjennom vitenskapelig aksepterte metoder for livsløpsvurderinger i henhold til ISO 14040-43. Dette skal gi grunnlag for å identifisere og fokuserer miljøarbeidet på de mest viktige miljøegenskapene i arbeidet mot en stadig forbedring

#### ◆ **Sammenlignbarhet**

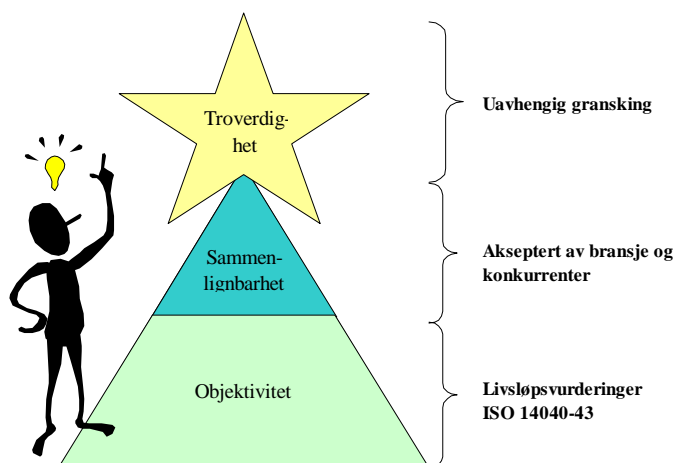
Sikres gjennom kravet om å utarbeide felles retningslinjer i hver bransje. Reglene skal følges ved innhenting av underlagsmateriale og presentasjon av resultater i deklarasjonene.

#### ◆ **Troverdighet**

Sikres gjennom kravet til kontroll, godkjenning og løpende oppfølging fra et uavhengig og kompetent sertifiseringsorgan.

#### ◆ **Adderbarhet**

Sikres gjennom krav til metode og bransje-spesifikke krav slik at MVDer kan adderes gjennom verdikjeden. (Viktig i f. eks byggebransjen hvor en total deklarasjon for hele bygget kan lages ved å addere deklarasjonene for de ulike byggeelementene.)



#### *En deklarasjon for alle målgrupper og markeder*

En sertifisert miljøvaredeklarasjon medfører at produsenter, importører og leverandører ikke behøver å hente fram og bearbeide nye data for sine produkter og tjenester hver gang en ny interessent har behov for informasjon. I Norge skal godkjente MVD-III legges ut på NHOs hjemmeside og er dermed i prinsippet tilgjengelig for alle målgrupper og markeder.

Behovet for miljøvaredeklarasjoner Type III i samfunnet er bl.a. knyttet opp mot innkjøpsprosesser både i offentlige og private virksomheter. Miljøvaredeklarasjoner Type III gir:

- ◆ Innkjøpere og konstruktører/designere nyttig informasjon for beslutningsstøtte i valg av produkter og tjenester
- ◆ Data for videre bruk i mer omfattende miljøkalkyler
- ◆ Økt oppmerksomhet omkring produkters miljøproblemer og utvikling av miljøeffektive produkter
- ◆ Økt tilgang på data og informasjon om miljøprofil hos råvarer, halvfabrikata og ferdige produkter

Det antas at å ha tilgjengelige miljøvaredeklarasjoner Type III i seg selv vil kunne gi bedriftene en markedsfordel i en oppstartsperiode av systemet, både gjennom at

- ◆ bedriftene viser at de tar miljøansvar ved å utarbeide miljøvaredeklarasjoner
- ◆ deres produkter følger et minimumskrav til miljøprofil, og er blant de mest konkurransedyktige i markedet.

MVD TYPE III vil forenkle arbeidet for både leverandører og mottagere av miljøinformasjon.

Relevante områder for forenkling er:



### **Produsenter, importører og leverandører**

- ◆ Fylle ut kun en mal for miljødeklarasjoner som støttes og er felles for bransjeorganisasjonen og interesseorganisasjoner
- ◆ Bruke kun en deklarasjon for alle nasjonale og internasjonale målgrupper og markeder
- ◆ Lett tilgjengelig informasjon for alle innkjøpere og kunder gjennom en internettpresentasjon
- ◆ Informasjon kan oppdateres for markedet i takt med eget arbeid med å miljøtilpasse produkter og tjenester
- ◆ Trygghet i å gi fra seg opplysninger som tilfredsstillende strenge krav fastsatt i internasjonale standarder. Dette sikrer at mottager har mulighet til å foreta en saklig bedømmelse



### **Innkjøpere og kunder**

- ◆ Ingen håndtering av deklarasjoner i papirformat
- ◆ Lett tilgjengelig, oppdatert og kvalitetssikret informasjon på en offisiell hjemmeside (Internett)
- ◆ Tilgang til informasjonstøtte, tolkingsnøkler og allmennkunnskap om aktuelle miljøspørsmål i tilknytning til presentasjonen på Internett for å gjøre det lettere for mottageren å forstå informasjonen.
- ◆ Gode muligheter for å kunne foreta saklige, objektive og rettferdige bedømmelser av produkter og tjenesters miljøegenskaper

*Beskrivelse av et nasjonalt system for tredjepartsgranskede miljøvaredeklarasjoner.*

Det norske system for Miljøvaredeklarasjoner Type III er basert på Teknisk Retningslinje ISO 14025 som ble vedtatt sommeren 1999. Informasjonen som presenteres i deklarasjonene er tatt fram og behandlet i henhold til ISO 14040-43 som er standardene for livsløpsvurderinger. At det norske systemet er bygget på ISO-prinsipper gir systemet en internasjonal bredde. Vurderingene skal granskes og godkjennes (sertifiseres) av et uavhengig, kompetent organ i det landet der bedriften er lokalisert.

Utviklingen av systemet er gjennomført som et samarbeidsprosjekt mellom Næringslivets Hovedorganisasjon (NHO), syv norske bedrifter, Statens Forurensningstilsyn (SFT) og Stiftelsen

Østfoldforskning (STØ). Som et ledd i prosjektet er det utarbeidet forslag til en metodikk for Miljøvaredeklarasjoner Type III og et standardisert format for presentasjon av data.

Innføring av et system for Miljøvaredeklarasjoner Type III i Norge kan omfatte en organisering som skal ivareta fire funksjoner:

- ◆ En registreringsfunksjon for deklarasjonene og ansvar for utarbeidelse av produktspesifikke regler. (I dag NHO)
- ◆ En funksjon som godkjenner institusjoner/personer som forestår sertifisering av deklarasjonene. (Ikke avklart om det vil bli stilt krav til akkreditering i Norge)
- ◆ En sertifiseringsfunksjon som gjennomgår den informasjon som bedriftene fremlegger som grunnlag for en miljøvaredeklarasjon, og som verifiserer at denne gir et riktig bilde av miljøprofilen på produktet og er i henhold til retningslinjer fastlagt nasjonalt og internasjonalt.
- ◆ En utviklingsfunksjon, som sikrer både markedsføring av systemet med miljøvaredeklarasjoner, videre utvikling av systemet og ikke minst utvikling av kompetanse knyttet til anvendelsen av miljøvaredeklarasjoner i norsk industri.

Det foreslås å stille krav til granskings-/sertifiseringsorganet, der det bl.a. kreves av den institusjon/personen som skal forestå slik virksomhet har:

- ◆ relevant utdanning på høghole-/ universitetsnivå
- ◆ god erfaring med miljøarbeid i industri/næringsliv (minimum 4 år)
- ◆ dokumentert kunnskap og erfaring med LCA-prosjekter

*Et nordisk system for miljøvaredeklarasjoner:*

Det er etablert et nordisk prosjekt for å etablere ett felles nordisk system for miljøvaredeklarasjoner, der det er tenkt at flere funksjoner utøves på nordisk plan i etableringsfasen.

Viktige forhold å ivareta:

- ◆ Sertifisering av systemer og miljøvarefakta
- ◆ Felles nordiske retningslinjer og format
- ◆ Felles bransjeforutsetninger i Norden
- ◆ Felles nordiske krav til ekspertise - felles nordisk akkrediteringsorgan?
- ◆ Felles nordisk database for miljøvaredeklarasjoner

Et nordisk system skal være et skritt på veien til å etablere et felles internasjonalt system. Det er utarbeidet tekniske retningslinjer for miljøvaredeklarasjoner i ISO-sammenheng, ISO 14025. Det nordiske arbeidet gir viktige innspill til det videre arbeidet med en eventuell ISO-standard.

*Hvordan gå frem for å få MVD TYPE III*

For å få utarbeidet en MVD TYPE III må en i førsteomgang starte med å fremskaffe LCA data for eget produkt og avklare eventuelt andre initiativ innen samme bransje med NHO. Deretter må man fremskaffe ekspertise/bistand til granskning og utarbeidelse av LCA og MVD. Når dette er gjort kan NHO sende MVD og spesifikke retningslinjer ut på høring til berørte instanser før den registreres og legges ut på nettet hos NHO. For mer informasjon, skriv til NHO på e-post adressen: [bjorn.sveen@nho.no](mailto:bjorn.sveen@nho.no).

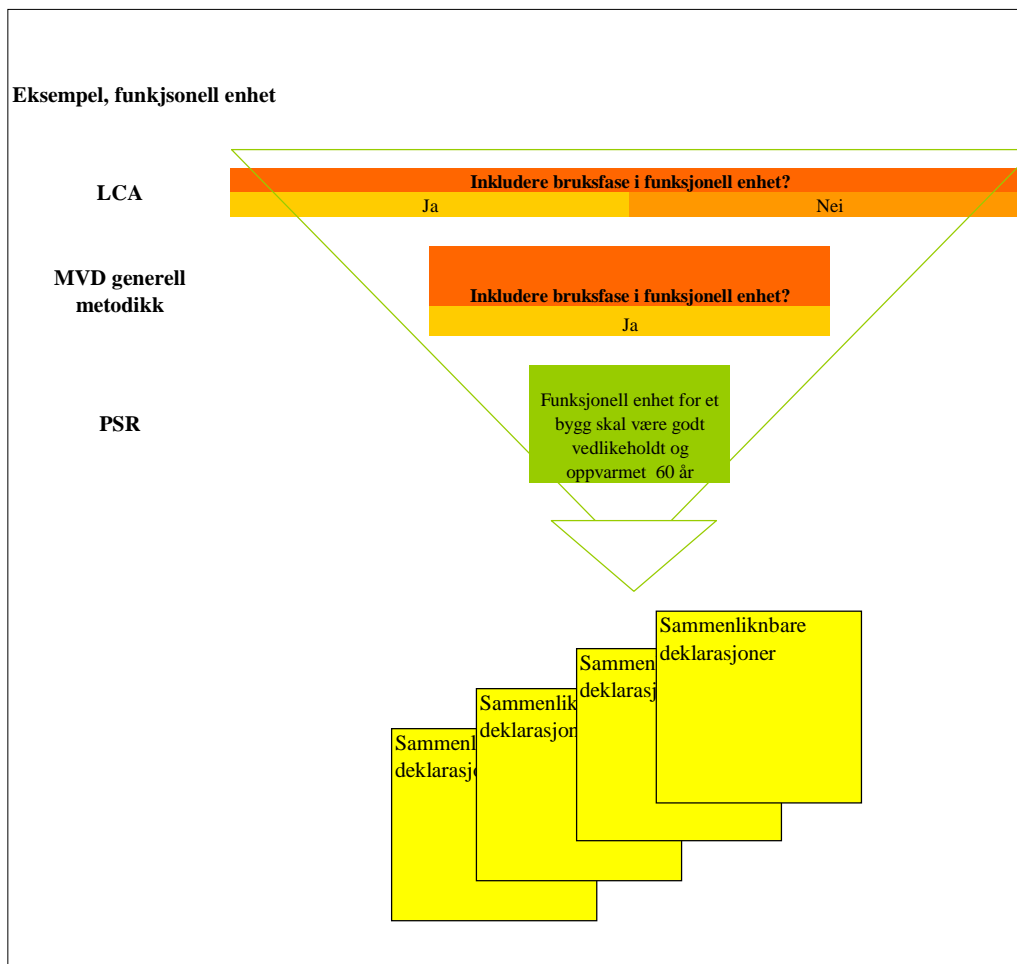
### 7.3.2 Regelverk for miljøvaredeklarasjoner

MVDer skal være basert på livsløpsvurderinger i henhold til gjeldende ISO-standarder (ISO 14040-43). Disse standardene beskriver metodikken og rammene rundt fremskaffelse av livsløpsvurderingen. Standardene stiller krav til dokumentasjon og begrunnelse for ulike valg i

vurderingen. Dette gjelder særlig forhold omkring systemgrenser, allokering, valg av funksjonell enhet, datakvalitet og valg av påvirkningsfaktorer.

Dersom miljøvaredeklarasjonene skal gi sammenlignbare resultater må metodevalgene i hvert tilfelle være de samme. Det er derfor laget et regelverk for utarbeiding av miljøvaredeklarasjoner som snevrer inn de valgmulighetene som det ellers finnes rom for i en livsløpsvurdering. De konkrete metodevalgene som er gjort for miljøvaredeklarasjoner generelt finnes i Hanssen et al. (2001).

Det er også på det rene at det vil være uhensiktsmessig å sette de samme systemgrenser eller definere funksjonell enhet likt for helt ulike produktgrupper. Eksempelvis vil det ikke være hensiktsmessig å sette de samme systemgrensene for en stol og en kWh produsert elektrisitet. Miljøvaredeklarasjoner må derfor basere seg på ytterligere et sett av regelverk. Disse reglene er spesifikke for hver enkelt sammenlignbare funksjon eller produktgruppe. Reglene kalles produktspesifikke regler (PSR) og beskriver de tilfeller der metodiske valg avviker fra det generelle regelverket for miljøvaredeklarasjoner. PSRene skal utvikles som et samarbeid mellom alle interessentene i en slik produktgruppe.



**Figur 4: Innsnevring av valgmuligheter i produktspesifikke regler**

Figur 4 viser hvordan de variable valgmulighetene blir snevret inn for fra LCA-metodikk til MVD generell metodikk til PSR regelverket for hver enkelt sammenlignbare produktgruppe.

Basert på de metodiske valgene og innspillene fra de bedriftene som har deltatt i utviklingen av miljøvaredeklarasjoner i Norden, er det utarbeidet et anbefalt format for miljøvaredeklarasjoner. Formatet inneholder følgende hoveddeler:

- ◆ Produkt- og produsentinformasjon
- ◆ Evt. annen produkt- eller produsentrelatert informasjon.
- ◆ Informasjon om produsentens og leverandørers miljøstyringssystemer
- ◆ Oversikt over produktsystemet og dets systemgrenser
- ◆ Tilleggsinformasjon om produktet i et livsløpsperspektiv
- ◆ Oversikt over ressursforbruk og forbruk av arealer og vann
- ◆ Forbruk av energi gjennom livsløpet
- ◆ Oversikt over utslipp til luft, vann og jord, samt bidrag til 6 typer miljøpåvirkninger
- ◆ Generering av avfall fra sluttprodukt og hvordan dette behandles

Formatet skal kunne gi en innkjøper den nødvendige informasjon for å kunne velge mellom ulike produktløsninger, og skal være lett gjenkjennelig i markedet.



## 8 PUR-PRODUKTENES LIVSLØPSPERSPEKTIV.

### 8.1 Westnofa / Håg

Westnofa Industrier A/S er lokalisert på Åndalsnes i Møre og Romsdal. De produserer skjærte og formstøpte skumplastprodukter for møbelindustrien, samt skumplastmadrasser. Videre lages hardt og fleksibelt integralskum. Westnofa har også et moderne modell/formverksted. Bedriften ble etablert av flere møbelfabriker i 1968. Fra omkring 1972 overtok Stokkegruppen A/S eierskapet, og holdt dette frem til 31-12-00. Fra 01-01-00 overtok Brekke Industrier A/S 80% av selskapet.

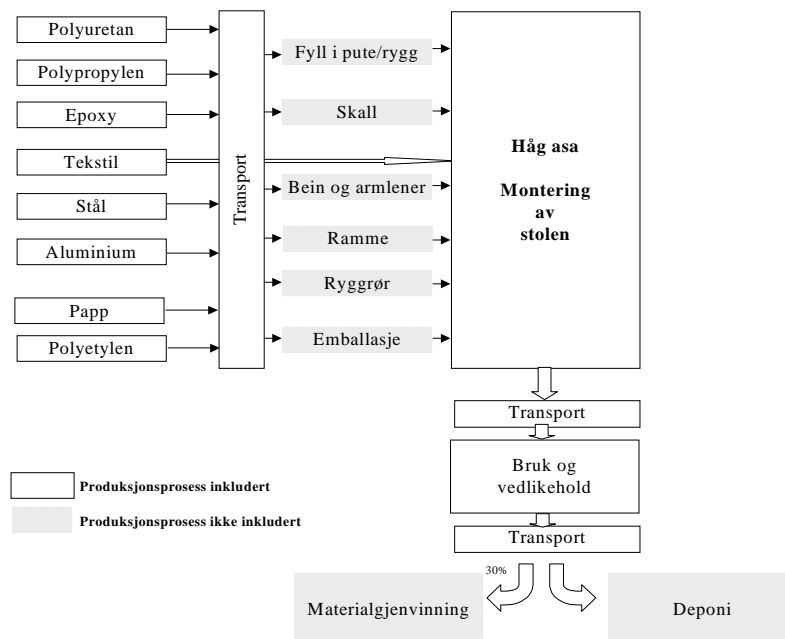
Westnofa produserer blant annet puter til HÅGs stoler.

HÅG ble etablert i Oslo i 1943. I de første 25 årene ble det produsert kontorstoler og kjøkkenmøbler. I 1970 forsvant markedet for denne typen kjøkkenmøbler og kontormøbler ble hovedområdet. I dag er HÅG en av Skandinavias ledende produsenter av sitteløsninger for kontor og konferanser.

#### 8.1.1 Systembeskrivelse

I dette kapitlet beskrives miljøpåvirkninger for stolen i et livsløpsperspektiv. Stolen beskrives med basis i den informasjon som fremkommer i en miljøvaredeklarasjon. Det legges et spesielt fokus på PUR og dets bidrag til totale påvirkninger for stolen. Arbeidsmiljøforhold knyttet til PUR beskrives spesielt.

Vurderingen beskriver stolen fra vugge til grav, eller fra råvareuttak til avfallshåndtering. Figur 5 viser en skjematisk fremstilling av livsløpet til stolen.

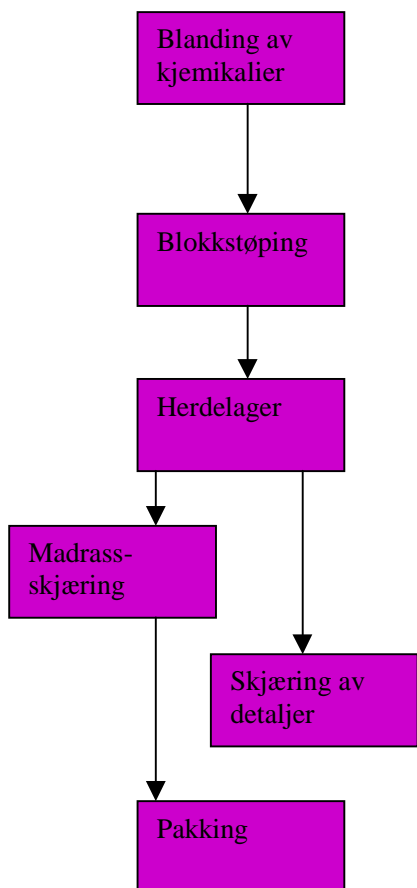


**Figur 5: Produktre for H05**

Putene i HÅGs stol H05 5500 er alle formstøpt PUR. Det er likevel valgt å også beskrive produksjonsprosessen for blokkstøp, fordi det er en del viktige problemstillinger knyttet til avfall ved blokkstøp som ikke fremkommer i formstøp. Dessuten er det andre stolmodeller der puter

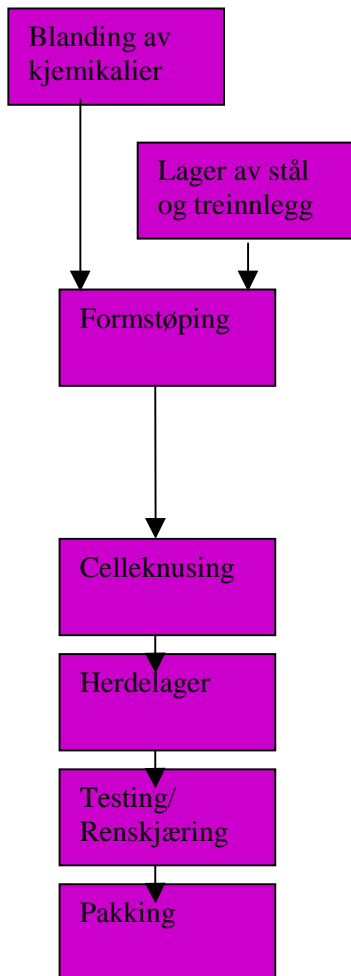
skåret ut av blokker inngår. Produksjonsprosessen for begge alternativene er derfor beskrevet gjennom etterfølgende tabeller. Tabellene forsøker også å beskrive elementer som kan være av betydning for mulig isocyanat eksponering.

**Tabell 7: Blokkstøp av PUR**



Beskrivelse	Mulighet for eksponering
Blanding av kjemikalier <ul style="list-style-type: none"> <li>Isocyanat, polyol, vann og tilsetningsstoffer mikses i en lukket mikser.</li> </ul>	Lukket system
Utstøping <ul style="list-style-type: none"> <li>Blandingen sprøytes ut i banen og skumming skjer.</li> <li>Skumming skjer i åpent system</li> <li>Skummet blokk skjæres i passende lengdeenheter</li> </ul>	Målinger foretas av isocyanat annet hvert år.
Herdelager, avgassing <ul style="list-style-type: none"> <li>Et døgn for avgassing foregår i eget lagringskammer</li> </ul>	Eget lager med uttrekk ut over tak.
Skjæring til madrasser <ul style="list-style-type: none"> <li>Rette blokker</li> </ul>	Målinger gjennomføres
Detaljskjæring <ul style="list-style-type: none"> <li>Skjæring til spesialdetaljer (ryggputer, sofaputer, mm)</li> </ul>	
Komprimering og pakking	

**Tabell 8: Formstøp av PUR**



Beskrivelse	Mulighet for eksponering
Blanding av kjemikalier <ul style="list-style-type: none"> <li>Isocyanat, polyol, vann og tilsetningsstoffer mikses i en lukket mikser.</li> </ul>	Lukket system
Lager av tre og stålinnlegg	Ingen fare for eksponering av isocyanat
Formstøping <ul style="list-style-type: none"> <li>Formene sprøytes med slippmiddel før ifylling av PUR-blandingen</li> <li>Blandingen sprøytes inn i lukkede former.</li> <li>Det er utluftning fra formene</li> <li>Formene åpnes og støpte puter tas ut manuelt</li> </ul>	Målinger foretas av isocyanat annet hvert år..
Chrushing, celleknusing <ul style="list-style-type: none"> <li>Vakuumpumpe trekker luft ut av skummet.</li> </ul>	
Herdelager, avgassing <ul style="list-style-type: none"> <li>9 timer for avgassing foregår nå i produksjonslokalet, men vil i løpet av kort til skje i eget herdelager.</li> </ul>	
Testing	
Renskjæring <ul style="list-style-type: none"> <li>Finpussing av putene</li> </ul>	
Pakking <ul style="list-style-type: none"> <li>Legges i kasser</li> </ul>	

## HÅGs produksjon

Ved HÅGs fabrikk på Røros foregår montering av stolene. De fleste delene kjøpes ferdig fra underleverandører. Stolen består av komponenter basert på ulike materialer. I tabellen under finnes en oversikt over vektfordeling på de ulike materialtypene (inkludert emballasje). Total vekt av stolen inkl. emballasje er 17,3 kg.



**Tabell 9: Vektfordeling av materialer i H05.**

Materiale	%-andel i stol
PUR	7
Annen plast	23
Stål	35
Aluminium	26
Tekstil	1
Papp/papir	8

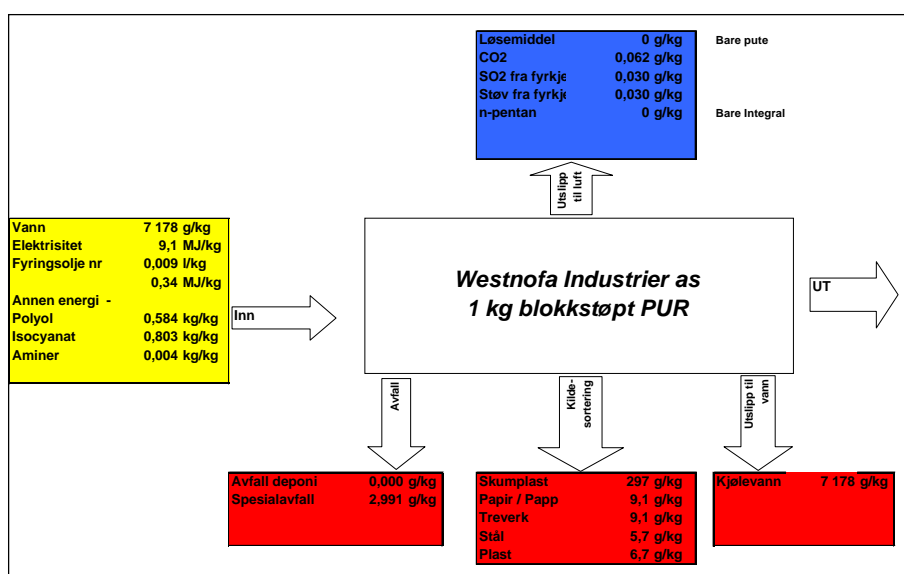
HÅG mottar ferdig støpte puter fra Westnofa. I HÅGs produksjon belegges putene med en film (tapetseringsfilm) for å forenkle tapetseringen. I tillegg benyttes det vakuumpumpe for å klemme

sammen putene for å forenkle tapetseringen. Tapetseringsfilmen tas av og putene er klare til videre montering på stolen. HÅG har i samarbeid med Westnofa arbeidet med utarbeidelse av nye typer formstøpte puter som kan "posetapetseres" på skroget i rygg, trekkes utenpå plastskallet. Dette medfører at skum og plastskall lettere kan skilles etter endt levetid for stolen.

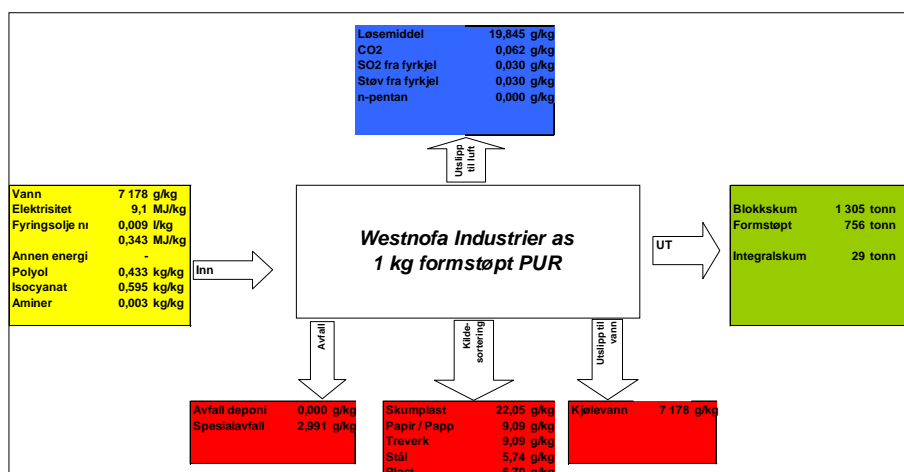
### 8.1.2 Data ytre miljø

Til beregningene utført for å utarbeide MVD til kontorstolen H05 5500 fra Håg er det i hovedsak benyttet generelle data for de fleste materialene. Den funksjonelle enheten (FE) som ligger til grunn er 1 kontorstol, brukt og vedlikeholdt i en periode på 15 år. Alle inngående råvarer, hjelpestoffer og forurensnings- og avfallsstrømmer er beregnet i forhold til behovet for å fylle den funksjonen.

Miljøpåvirkninger knyttet til fremstilling av råvarene i PUR er beregnet ut fra gjennomsnittstall for Europa (APME, 2000). Påvirkningene som er knyttet til produksjonen hos Westnofa er beregnet med bakgrunn i bedriftens årsrapport for år 2000. Massebalansene for de to produksjonslinjene er beskrevet i figur 6 og 7



Figur 6: Massebalanse for blokkstøpt skum



Figur 7: Massebalanse for formstøpt skum

Data som beskriver resten av stolen er dels basert på gjennomsnittstall og dels stedsspesifikke data. De forutsetninger som er lagt til grunn finnes i tabell 13 i Vedlegg 2.

### 8.1.3 Resultater ytre miljø

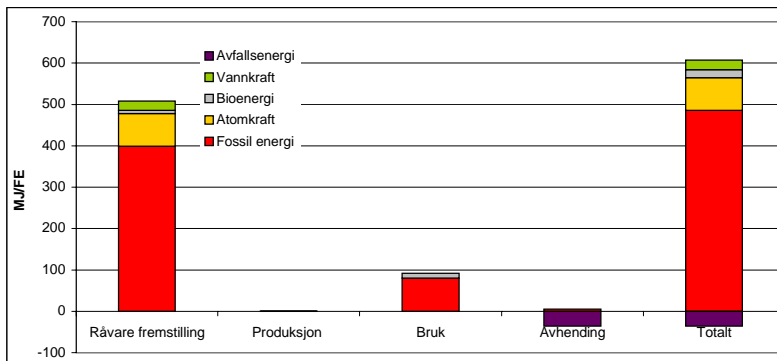
En livsløpsvurdering (LCA) blir tradisjonelt beskrevet og resultatene blir dokumentert i lange, omfattende, vitenskapelige rapporter. Som nevnt tidligere er det gjort en jobb med hensyn til å bygge opp et system for ensartede, tredjepartsgranskede miljøvaredeklarasjoner.

Deklarasjonen har flere kapitler med ulike krav til dokumentasjon. I det følgende vil relevante kapitler fra de generelle deklarasjonene beskrives slik de framkommer i deklarasjonen. I tillegg vises PURets rolle, gjennom å vise hvor stort bidraget fra PUR er i sammenligning med de andre råvarene som inngår i stolen.

Miljøvaredeklarasjonen i sin helhet finnes i Vedlegg 3.

### Energiforbruk

I den eksisterende malen for miljøvaredeklarasjon av en stol er energiforbruket gjennom livsløpet for stolen beskrevet og splittet opp på de ulike livsløpsfasene for stolen. Med det menes at forbruket er splittet opp på fremstilling av råvarer, produksjon av stolen, bruk av stolen og avhending av stolen ved endt levetid. Verdiene er beskrevet både som søyler i en graf og som absolutte tall. De absolutte tallene må beskrives fordi miljøvaredeklarasjoner skal være adderbare. Tallene fra stolen skal være mulig å bruke direkte inn i en deklarasjon for et kontor, osv. Figur 8 viser den grafiske fremstillingen og tabell 10 viser de absolutte tallene for den vurderte stolen. Alle tall er framstilt pr funksjonell enhet (FE).



**Miljøvaredeklarasjon -Type III**

**H05, kontorstol**  
**HÅG a.s.a, Norge**

Miljøvaredeklarasjon  
Etter ISO 14040-43 og 14025 TG

MVD Sertifikat nr.:

Godkjent av:  
Gyldig til:

Produsert av:  
HÅG a.s.a, Norge  
Kontaktperson: Kjersti Kviseith  
Telefon: 22595900  
E-mail: kk@hag.no  
Organisasjonsnummer: NO928902749  
EMAS/ISO-14001 reg.Nr.: NO-S-0000016

**Bakgrunns informasjon:**  
Deler av livsløp: Hele livsløpet  
Årstall for studien: 2001  
Datagrunnlag: Generelle råvaredata 1993-1999. Data for sluttproduksjon 1999.  
Funksjonell enhet: 1 kontorstol brukt og vedlikeholdt i en periode på 15 år  
Antatt levetid: 15 år  
Produksjonssted: HÅG a.s.a, 7460 Røros, Norge  
Antatt markedsområde: Hele verden

**Leverandørers miljøstyringssystem**

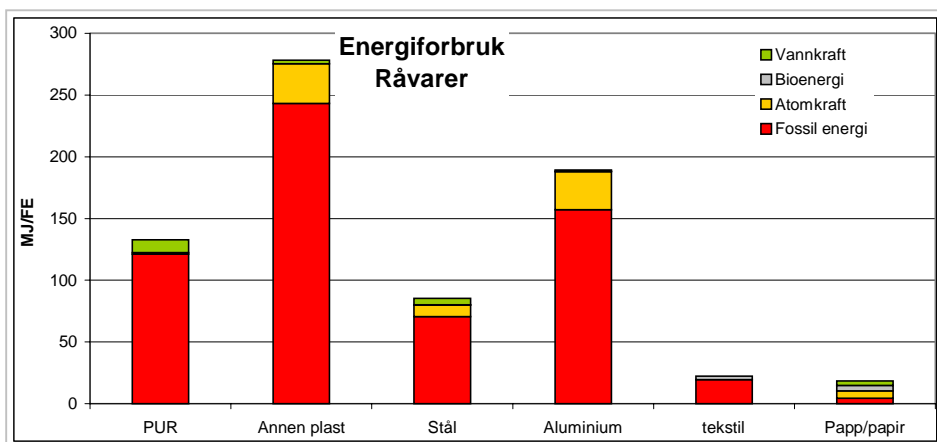
Håg har en policy om at alle leverandører skal ha et miljøstyringssystem. I 1999 er fordelingen som følger:

**Figur 8: Energiforbruk gjennom livsløpet for en kontorstol fra Håg**

**Tabell 10: Totalt forbruk av energibærere (MJ/FE)**

MJ/FE	Fossil				Atomkraft	Fornybar		Andre	Kommentar
	Gass	Kull	olje	Torv	Atomkraft	Vannkraft	Biobrensel	Primærenergi uspesifisert	
Råvare fremstilling	150	64	147	0	112	10	8		
Produksjon	0,02		1						
Bruk	1	12	30			11	9		
Avhending	-3		-39						
Totalt	148	76	139	0,06	112	21	17		

Alle råvarene er beskrevet akkumulert. Energiforbruket som er knyttet til produksjonen av PUR i stolen kommer derfor normalt ikke fram spesifikt i deklarasjonen av stolen. Forbruket omfatter både energibærere som anvendes til energiformål og som råstoffer i produksjonen. Splittes energiforbruket opp på de inngående råvarene i stolen, framkommer også behovet for energiressurser ved fremstilling av PUR spesielt.



**Figur 9: Energiforbruk knyttet til produksjon av ulike råvarer til kontorstolen.**

Det er et relativt høyt forbruk av energiressurser knyttet til produksjon av plastmaterialene i stolen. Dette gjelder også PUR som vi ser gir et stort utslag (18%) på tross av et relativt lavt bidrag til den totale massen på stolen (7% mot 23% for annen plast, se tabell 10). Det skyldes to forhold. For det første er fremstillingsprosessen relativt energikrevende, men ennå viktigere er de energiressursene som inngår som råvarer til materialene (feedstock).

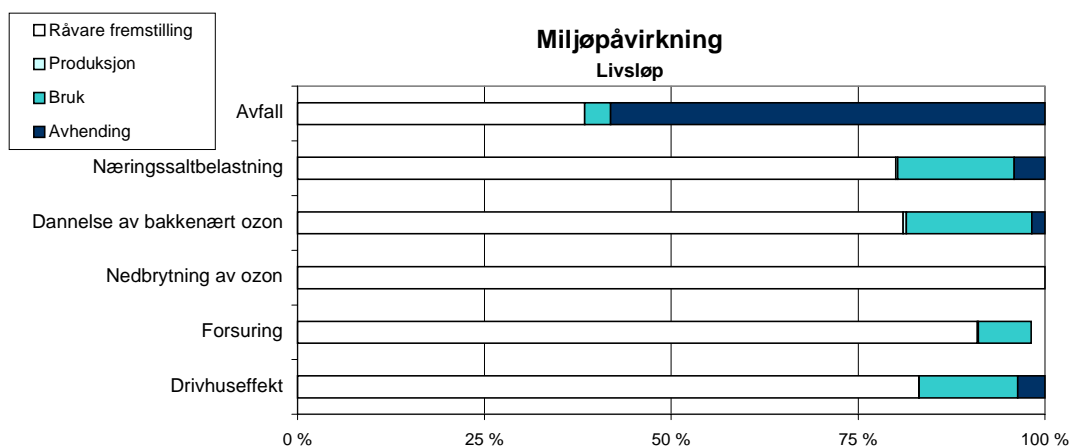
## Utslipp og miljøpåvirkninger

Miljøvaredeklarasjoner skal beskrive hvilken potensiell miljøpåvirkning produktet kan ha. Det ligger i sakens natur at ikke alle typer miljøpåvirkning kan omhandles. Det er derfor gjort et valg med hensyn til hvilke kategorier som skal beskrives. Valget gjenspeiler generell praksis i livsløpsvurderinger og valget er gjort i nordisk forståelse (Hanssen 2001).

I tabell 11 er stolens potensielle bidrag til miljøpåvirkninger beskrevet. Figuren 11 beskriver hvordan fasene i livsløpet bidrar respektivt til totalbidraget.

**Tabell 11: Totale potensielle bidrag til ulike miljøpåvirkningskategorier knyttet til en kontorstol.**

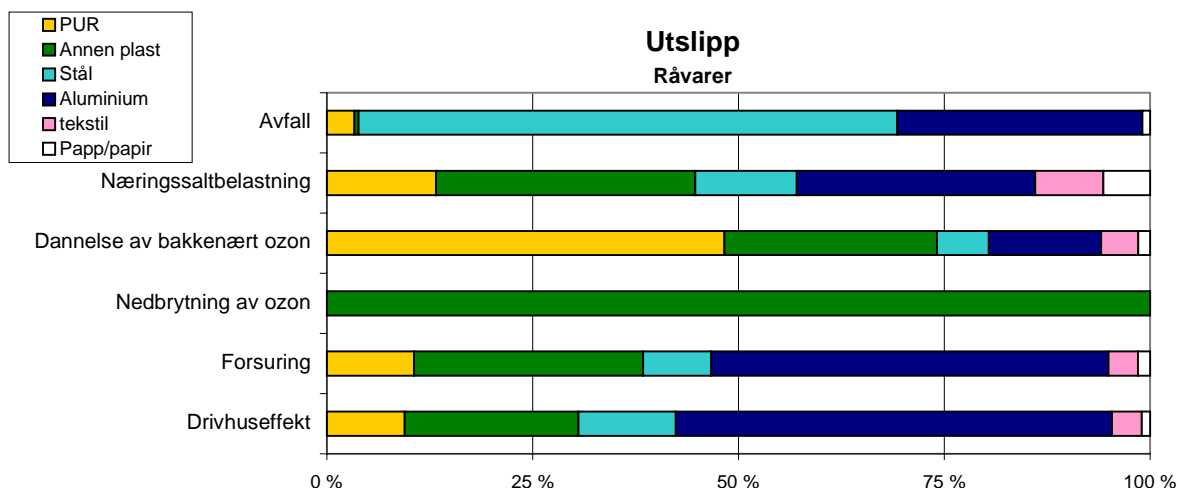
	Total
Avfall (kg)	21,7
Næringssaltbelastning (g O2-ekv)	1419
Dannelse av ozon (g ethene-ekv)	17
Nedbrytning av ozon (g CFC-11-ekv)	0,0002
Forsuring (g SO2-ekv)	332
Drivhuseffekt (kg CO2-ekv)	54



**Figur 10: Miljøpåvirkninger fordelt på fasene i livsløpet.**

Vi ser av figuren at det er fremstilling av råvare som bidrar sterkest til påvirkning i alle kategorier for miljøpåvirkning. Siden dette prosjektet skal fokusere på polyuretan er det interessant å se hvor stort bidrag polyuretan gir i forhold til de andre råvarene.

Påvirkningene for produksjon av råvarer er derfor splittet opp. I figur 11 alle de beskrevne miljøpåvirkningene vist med relativ betydning av de ulike råmaterialene som inngår i stolen.



**Figur 11: Relativ betydning av de ulike råvarene mht miljøpåvirkning**

Figuren viser at det ikke kan trekkes en entydig konklusjon på hvilket materiale som bidrar mest til stolens totale miljøpåvirkning. Stål, aluminium og andre plaster er dominerende i de fleste kategoriene. Det er også disse som har de største masseandelene i stolen. PUR er største bidragsyter kun i en av kategoriene, nemlig ved dannelse av bakkenært ozon.

De ulike påvirkningene er beskrevet nærmere i Vedlegg 1.

#### 8.1.4 Data arbeidsmiljø

I det aktuelle produktet brukes formstøpte puter fra Westnofa. Risiko for eksponering er primært knyttet til formstøping. Westnofa har egne målinger utført med Isologger, men resultatet av slike målinger anses ikke å være anvendelige når en skal sammenligne eksponeringer mot administrativ norm. Vi har derfor brukt eksponeringsdata fra en annen bedrift, som derved er å betrakte som generelle bransjedata.

For øvrige trinn i livsløpet er det ikke målinger tilgjengelig, og vi har derfor måttet basere oss på kvalitative vurderinger.

#### 8.1.5 Resultat arbeidsmiljø

##### Produksjonsfase PUR:

Det er en risiko for eksponering av isocyanater i luft knyttet til formstøping av putene. Dette gjelder både i tilknytning til sprøyting av formene og ved uttak av puter fra formene. I tillegg kan det være en risiko for eksponering gjennom hud ved uttak av puter fra formene, hvis dette skjer uten bruk av hansker.

**Tabell 12: Bransjedata for eksponering ved formstøping.**

	Antall personer	Eksponering TDI (sum)	Adm. norm	% av norm
Sprøyter	1	3,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10,3
Operatør	1	2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6,3
Randsone	6	3,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9,1



Tabell 12 viser de eksponeringsdata som er brukt i beregningene. Ifølge WEST-metoden gir dette en belastning på -3 poeng for alle 8 personer som har en eksponeringsrisiko, se kap.B.1.2.1. Det gis også et tillegg fordi stoffet er kreftfremkallende og et annet tillegg fordi det er allergifremkallende. For hver av disse effektene anslås et poengtillegg på en skala fra 0 - -60, basert på eksponeringsnivå og hvor alvorlig eksponeringen anses å være. Den maksimale poengsummen skal tilsvare svært alvorlige eksponeringstilfeller. Vi har gitt et poengtillegg som tilsvare den generelle poengsummen over, altså -3 poeng for hver eksponert person, både når det gjelder kreft- og allergifremkallende egenskaper.

Resultatet er en sum på -9 poeng for hver eksponert person.

I løpet av en arbeidsdag vil det kunne produseres 300-500 puter, og vi har anvendt en middelvei på 400 puter/dag. Til en kontorstol brukes 2 puter. Det betyr at det vil kunne produseres puter til 200 stoler på en arbeidsdag, dersom det bare produseres slike puter på den aktuelle karusellen. Den tiden det går med for å støpe to puter er dermed:

$$8 \text{ timer} * 8 \text{ personer} / 200 = 0,32 \text{ timer.}$$

Denne tiden multiplisert med antall poeng gir antall poengtimer for å produsere nok til en funksjonell enhet, m.a.o.

$$0,32 \text{ timer} * (-9 \text{ poeng}) = \mathbf{-2,9 \text{ poengtimer.}}$$

Det er ikke gjort målinger på øvrige ledd i produksjonen av formstøpte puter. Det er kjent at det er en avdamping av isocyanater ved herding gjennom det første døgnet etter støping, men det er ikke gjort målinger på dette hos Westnofa. Herdingen vil hos Westnofa snart foregå i lukket herdelager, og vi har derfor valgt å ta utgangspunkt i en slik situasjon. Det er ikke sannsynlig at det foregår vesentlig avdamping etter det første døgnet (Collins 2000).

Det brukes også andre kjemikalier ved produksjon av formstøpt skum, for eksempel slippmidler til formene. Noen av disse kjemikalierne er også helseskadelige eller giftige. Det er ikke gjort eksponeringsmålinger for noen av disse stoffene, og vi har derfor ikke kunnet trekke disse stoffene inn i analysen.

### Bruksfasen

Mykt skum blir normalt ikke behandlet på en måte som gir varmeutvikling, og en får derfor ikke termisk dekomponering av disse produktene ved normal bruk. Vi har hatt tilgang på måleresultater som viser at det ikke har vært mulig å detektere isocyanater frigjort fra mykt PUR skum etter den første avdampfingsfasen (Collins 2000).

I eksperimenter har man kunnet påvise at aminer (TDA) har kunnet ekstraheres fra PUR skum (Skarping et al 1999). Dette skjedde i størst grad under sure forhold. Det er ikke gjort studier som belyser om dette kan ha noen praktisk betydning. Det er ingen data som viser at en eventuell forekomst av frie aminer vil føre til eksponering av betydning.

I en brannsituasjon vil det kunne dannes betydelige mengder isocyanater og blåsyregass (HCN), på grunn av den kjemiske oppbygningen av PUR. Det har blitt påvist økte blodkonsentrasjoner av isocyanater hos brannmenn, som tyder på betydelig eksponering trass bruk av omfattende åndedrettsvern (Skarping et al 1999). Konsentrasjoner på 5-10 ppb (100-200% av grenseverdi) ble påvist ved etterslukkingen, men målinger under selve brannen har ikke vært mulig å gjennomføre. Forhold ved brann er nærmere omtalt i egen delrapport (.....).

Det er antakelig umulig å allokere en gitt eksponering under en brannsituasjon til funksjonell enhet i LCA, på grunn av den kompliserte materialsammensetningen ved de fleste branner. Vi har derfor ikke kunnet inkludere denne typen eksponering i vår LCA. Det er selvfølgelig også en svært liten andel av de aktuelle produkter som blir utsatt for brann, og belastning per stol (funksjonell enhet) vil derfor antakelig være svært liten.

Det er ikke vanlig å trekke inn uhell-situasjoner i bruksfasen i LCA, både fordi det av nevnte grunner sannsynligvis vil bety lite, men også fordi det vanskelig lar seg gjøre på noen faglig forsvarlig måte. Vi har likevel kommentert brann-situasjonen her, fordi dette sannsynligvis utgjør den viktigste potensielle kjemiske arbeidsmiljøbelastningen i bruksfasen av stolene (og av de myke PUR-produktene generelt).

### Avfallshåndtering

I LCA-studien for ytre miljø er det antatt at en betydelig andel (70%) av stolene deponeres, mens det tas høyde for at Håg's retursystem skal gi retur av 30% av stolene. Videre er det forutsatt at PUR i returnerte stoler forbrennes. Det vurderes nå å innføre et system hvor PUR fra stolene kan sendes til Westnofa, slik at dette kan sendes sammen med produksjons-avkapp for oppkverning og brukes i produksjonen av enkelte produkt-typer (materialgjenvinning). Dette betyr at både deponering, forbrenning og materialgjenvinning er realistiske alternativer for PUR skum fra de aktuelle stolene, uten at vi kan forutsi framtidig prosentvis fordeling.

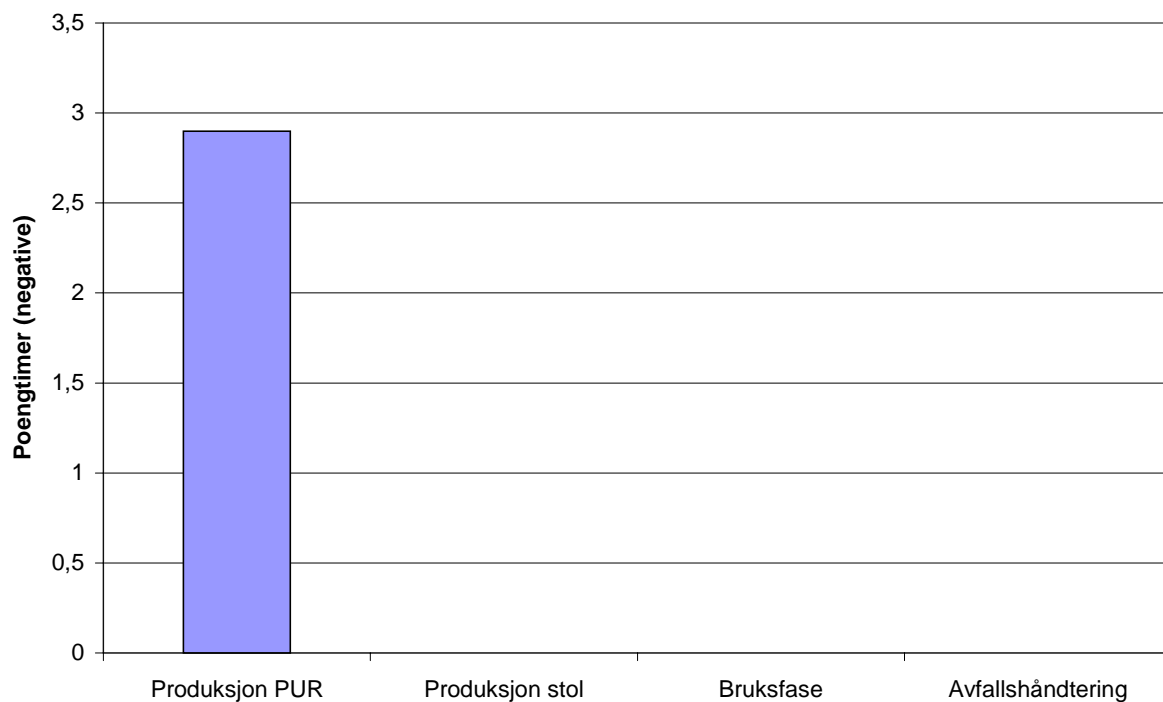
Generelle aspekter knyttet til forskjellig avfallshåndtering av mykt PUR skum er beskrevet i Del D. Miljøproblemene ved *deponering* knytter seg hovedsakelig til ytre miljø, med unntak av situasjonen ved deponibranner, hvor brannmenn blant annet kan utsettes for risikabel eksponering for isocyanater. Se for øvrig diskusjon av dette under bruksfasen over.

Potensielle problemer knyttet til *forbrenning* av brukt PUR er også diskutert i Del D. Dersom brukte stoler går til forbrenning uten å bli demontert, vil miljøproblemene knyttet til forbrenning kunne bli større. Metaller (inkl. overflatebehandling), eventuelle tungmetaller i tekstiler, bestanddeler i andre plastmaterialer og i lim kan tenkes å gi potensielle bidrag til helserisiko i arbeidsmiljøet. Slike vurderinger faller utenfor dette prosjektet, men bør inngå når en vurderer alternative materialer for komponenter i stolen.

*Materialgjenvinning* basert på granulering av brukte PUR-puter har vært vurdert (se over). Vi har ikke studert prosessene som inngår her, men vi finner det lite sannsynlig at det skal være spesielle kjemiske helserisikoer knyttet til dette.

### Resultater i livsløpsperspektiv

Figur 12 viser resultatene framstilt grafisk for de livsløpsfasene som er vurdert i dette prosjektet. Det er vesentlig å være klar over at figuren bare tar hensyn til eksponering for isocyanater fra PUR, og ikke for annen eksponering på grunn av andre materialer i produktet. Figuren gir et oppsett hvor også andre eksponerings-situasjoner kan inkluderes. Eksponering oppstrøms (råvareframstilling) er heller ikke inkludert i dette prosjektet, noe som kan være vesentlig for tolkningen av figuren.

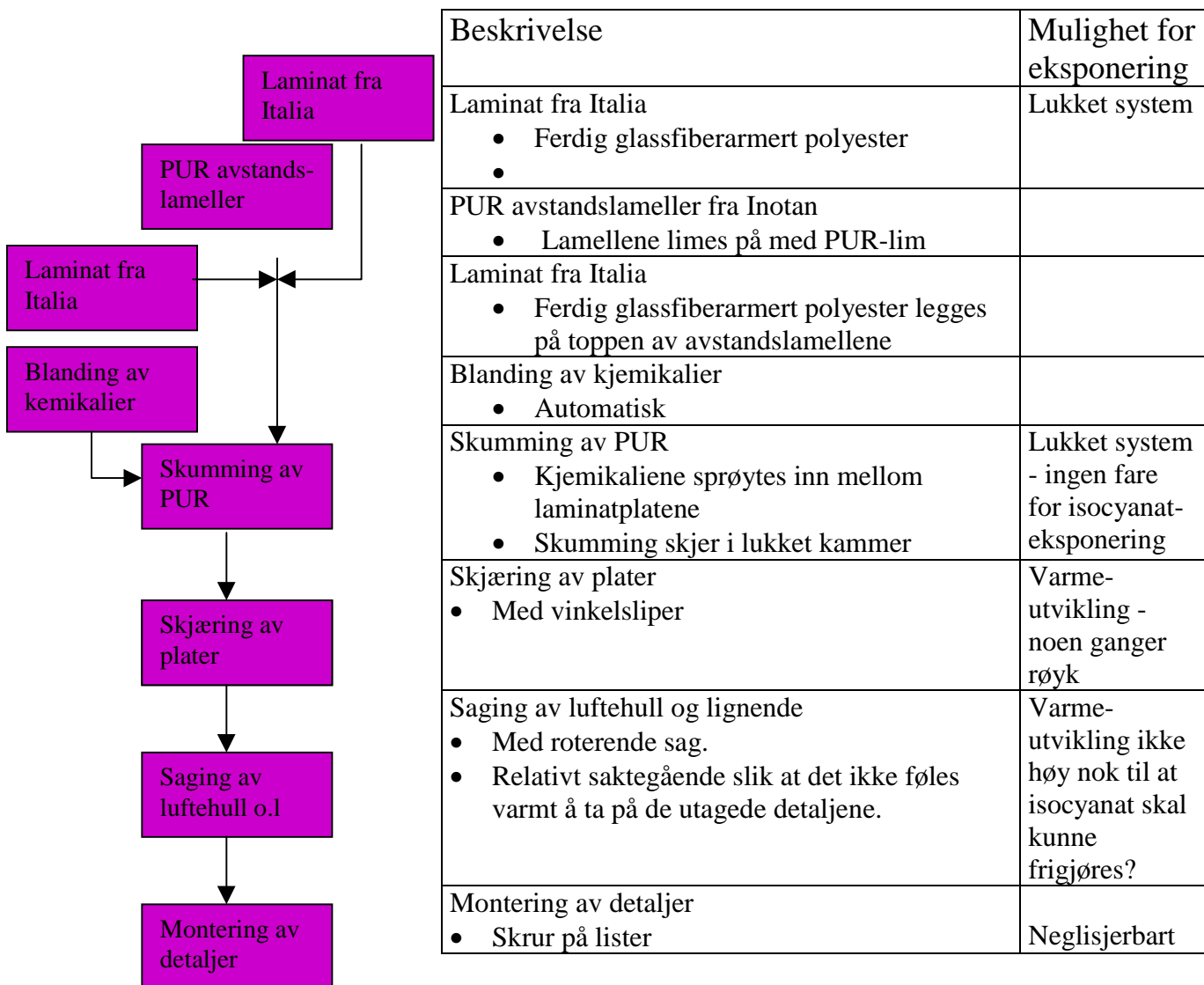


**Figur 12: Kjemisk helserisiko i arbeidsmiljøet per funksjonell enhet (en stol av type H05 fra Håg)**

## **8.2 Inotan / Bussbygg**

### **8.2.1 Systembeskrivelse**

Vi har tatt utgangspunkt i et "gjennomsnittlig" kjøleskap til bil, produsert ved Bussbygg. Det betyr at vi ikke har sett på en bestemt modell. "Gjennomsnitts-skapet" består av årsproduksjonen dividert på antall skap. Det er også antatt at produksjonen er jevnt fordelt over årets arbeidsdager.



**Figur 13: Produksjon av kjøleskap til bil**

### 8.2.2 Data arbeidsmiljø

#### Produksjon PUR

Data for produksjon av PUR bygger på målinger som er utført ved Inotan i Desember 2000. Målinger ble utført ved støping av skum, og ved kapping og fresing av blokker.

Bussbygg utfører også skumming av stivt PUR-skum, og har gjennomført målinger av isocyanater.

#### Produksjon skap

Bussbygg har gjort vurderinger av isocyanat-eksponering knyttet til kapping og skjæring av plater, samt sliping av skjøter på utsiden av polyester-platene. Vi har ikke konkrete målinger tilgjengelig, men det har vært gjennomført kvalitative vurderinger av mulige problemstillinger.

Bussbygg har utført analyser av eksponering for styren, som også brukes i produksjonen (laminering, samt maling med polyester-maling). Disse målingene blir rutinemessig gjennomført, fordi eksponering for styren oppfattes som et arbeidsmiljøproblem. Disse målingene blir derfor også tatt med for sammenligningens skyld.

### Bruksfase/vedlikehold

Analysene bygger på rent kvalitative vurderinger, da måledata ikke er tilgjengelig.

### Avfall/resirkulering

Også i denne fasen bygger vi på kvalitative vurderinger.

## 8.2.3 Resultat

### Produksjon av PUR

Det brukes Pur-plater fra Inotan og sandwich-paneler fra egen produksjon ved Bussbygg. Begge steder er det utført målinger, som har vist at det ikke er eksponering for isocyanater over deteksjonsgrensen for måle metodene.

Som et regneeksempel har vi som et "worst case" antatt at eksponeringen var lik deteksjonsgrensene for målingene. Beregninger i henhold til WEST-metoden gir -2 poeng for eksponering av operatøren, og -2 poeng for eksponering ved kapping. Det gis også et tillegg for eksponering for kreftfremkallende og allergifremkallende stoffer, basert på samme prinsipper som beskrevet under stol-eksemplet (Håg). Dette gir da et tillegg på -4 poeng for hver av de to eksponerte personene, m.a.o. **-6 poeng totalt per person.**

Det tar 1,5 timer for produksjon av skum til et gjennomsnittsskap. Med to personer involvert (operatør og kapper), går det dermed med 3 arbeidstimer for eksponert personell.

Denne tiden multiplisert med antall poeng gir antall poengtimer for å produsere nok til en funksjonell enhet, m.a.o.

$$3 \text{ timer} * (-6 \text{ poeng}) = \mathbf{-18 \text{ poengtimer.}}$$

Vi vil igjen poengtere at denne poengsummen er basert på antakelsen at eksponeringen for isocyanat er lik deteksjonsgrensen for instrumentet, siden det ikke ble detektert isocyanat med den aktuelle måle metoden.

### Produksjon av skap

Produksjonen inkluderer skjæring og kapping av plater, men det skjæres ikke gjennom metall. Det foretas også sliping over skjøter. Vurderinger som er gjort ved bedriften tilsier at temperaturen ved normal produksjon ikke stiger til temperaturer over 150°C, som er nødvendig for dannelse av isocyanater, og det er derfor antatt at det ikke skjer noen eksponering for isocyanater. Størst usikkerhet har vært knyttet til sliping, hvor det ved enkelte tilfeller har vært observert røyk.

Ved tilsvarende operasjoner i andre bedrifter hvor det skjæres i metall, kan det bli varmgang i verktøy. Ved Bussbygg skjæres det i PUR skum kledd med polyester, som er vesentlig mykere enn metall. Dette gir dermed betydelig mindre risiko for varmeutvikling. Basert på erfaringer fra skjæring og boring i metall-kleddede plater, vil en eventuell risiko være størst dersom samme verktøy brukes til boring, saging eller sliping sammenhengende i lengre tid uten pause.

*Eksponering for styren* er målt som gjennomsnittsverdier over hele dager, og vi har anvendt disse verdiene for beregninger med WEST-metoden, sammenholdt med grenseverdien på 25 ppm. Resultatet er en eksponering som tilsvarer -5 poeng. Det gis også et tillegg på -5 poeng fordi styren kan være arvestoffskadelig (mulig mutagent), slik at summen per person blir -10 poeng. Det brukes

ca. 8 timer på å produsere et gjennomsnittsskap, og eksponeringen gjelder ca. 15 personer. Antall poengtimer blir da  $(-10) * 8 * 15 = -1200$  poengtimer.

#### Bruk og vedlikehold

Ved normal bruk vil det ikke være risiko for eksponering av isocyanater. Den mest sannsynlige risiko for eksponering i bruksfasen vil knytte seg til eventuelle reparasjonsarbeider. Risikoen må da vurderes i forhold til om det er noen sannsynlighet for varmeutvikling. Det forventes bruk av samme type arbeidsoperasjoner som ved skap-produksjonen, det vil si skjæring og sliping, eventuelt boring. Det anses dermed at risikoen er tilsvarende lav, men en bør være oppmerksom på en mulig risiko ved langvarig bruk av samme verktøy i lengre tid.

Ved eventuell brann vil det kunne dannes betydelige mengder isocyanater, men risikoen for slike hendelser anses som svært liten for det aktuelle produktet.

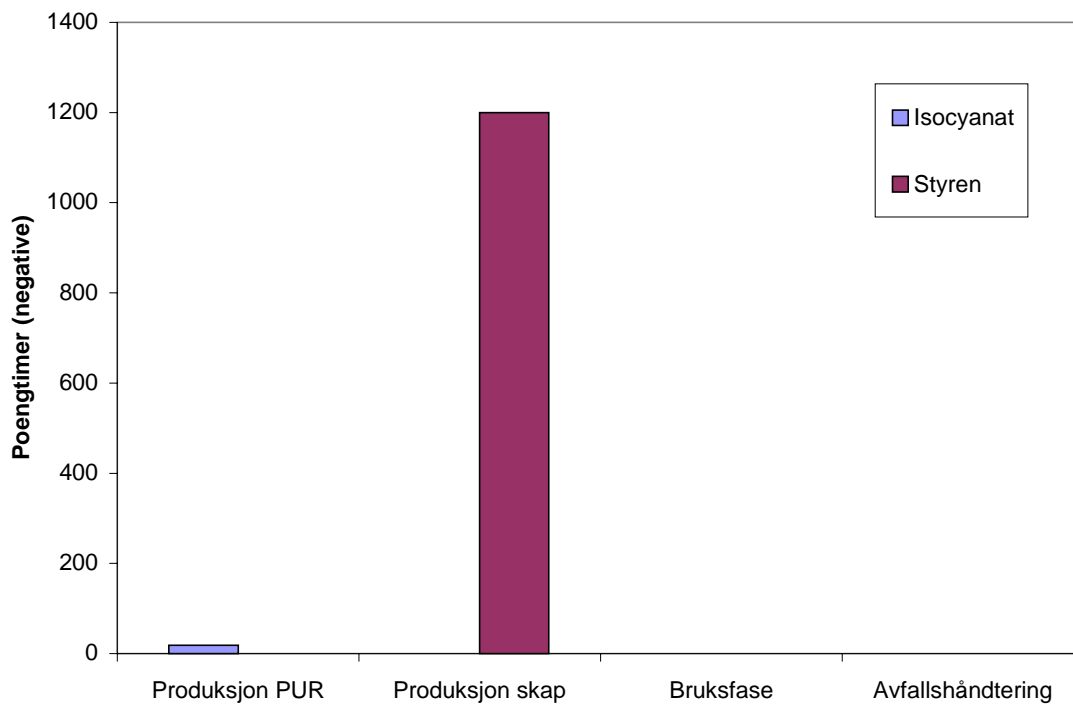
#### Avfallshåndtering ved end-of-life.

Ved skraping av lastebiler med kjøle-/fryseskap blir vanligvis skapet tatt av før bilen leveres. Skapet anvendes til andre formål, som lagerplass etc. I praksis er dette en forlengelse av skapets levetid. Det bekreftes også av en lastebilopphogger vi har vært i kontakt med, at slike biler sjelden leveres til opphogging med skap. Det skjer bare hvis tilstanden til skapet er for dårlig til å kunne brukes. I slike tilfeller får vi opplyst at isolasjonsplater demonteres før for eksempel aluminiumsrammer skjæres opp i passende lengder. Dersom dette alltid er tilfellet, vil det neppe være risiko for eksponering for isocyanater. Hvis det i motsatt fall kan brukes skjæreverktøy på metall-rammer før isolasjonsplatene er fjernet, vil det være muligheter for isocyanat-eksponering. Omfanget av dette er ukjent.

De skapene som brukes som lagerplass etter bilens levetid, vil også ha en begrenset levetid. Hva som gjøres med disse er ukjent, men en kan ikke se bort fra at det i enkelte tilfeller kan foregå "ureglementert" håndtering av brukte skap. I slike sammenhenger vil det sannsynligvis være begrensede tilgjengelige kunnskaper om risikoen knyttet til oppvarming av PUR.

#### Resultater i livsløpsperspektiv

Figur 15 viser resultatene framstilt grafisk for de livsløpsfasene som er vurdert i dette prosjektet. Figuren tar hensyn til eksponering for isocyanater fra PUR og for styren. Figuren gir et oppsett hvor også andre eksponerings-situasjoner kan inkluderes. Eksponering oppstrøms (råvareframstilling) er ikke inkludert i dette prosjektet, noe som kan være vesentlig for tolkningen av figuren.



**Figur 14: Kjemisk helserisiko i arbeidsmiljøet per funksjonell enhet (et gjennomsnittsskap til lastebil produsert ved Bussbygg).**

## 9 DISKUSJON DEL B

### 9.1 Arbeidsmiljø:

Resultatene fra de to casene viser at i de tilfeller hvor det er målt positivt for eksponering, ligger denne på et meget lavt nivå i forhold til grenseverdiene (6-10% av grenseverdi). Negative målinger betyr at en eventuell eksponering ligger under deteksjonsgrensene. Disse må da vurderes i forhold til grenseverdiene for å vurdere om målingene gir tilstrekkelig sikkerhet for at det ikke forekommer eksponering av vesentlig betydning. I vårt tilfelle (Inotan/Bussbygg) tilsier deteksjonsgrensene at en eventuell eksponering var på maksimalt 5% av grenseverdiene.

Nedstrøms i livsløpet av mykt PUR har vi ikke funnet noen sannsynlig eksponering for isocyanater (annet enn ved brann). For produkter av stivt PUR er det mer sannsynlig at det kan oppstå situasjoner med bruk av verktøy som gir varmgang, og dermed dannelse av isocyanater. I vårt case (kjøleskap til lastebil) har vi ikke identifisert slik eksponering.

Størrelsen på belastningen (antall poengtimer) gir lite informasjon uten å ha et sammenligningsgrunnlag. For eksempel vil antall poengtimer naturlig nok bli større for et lastebilskap bestående av flere kubikkmeter PUR, og som det brukes mange dagsverk på å produsere, sammenlignet med putene til en kontorstol som det kan produseres hundrevis av per dag. Resultatene ville bli mer illustrerende og anvendelige dersom alle typer kjemisk eksponering var inkludert, fortrinnsvis også i et mer fullstendig livsløpsperspektiv.

I eksemplet med kjøleskap til lastebil, viste resultatene at eksponering for styren slo mye kraftigere ut i analysen enn eksponering for isocyanater. Dette skyldes både en høyere eksponering i forhold til grenseverdi, men også at flere personer er antatt eksponert.

For en fullstendig livsløpsvurdering av de aktuelle produkter vil det være viktig å inkludere råvareframstilling. For ytre miljø utgjør ofte råvareframstilling en viktig del av miljøbelastningen. Andre LCA-studier som har vært gjort for arbeidsmiljø, har pekt på at råvareframstilling har mindre betydning enn for ytre miljø. Tendensen i LCA for arbeidsmiljø har vært at de siste trinnene i produksjonen slår mest ut på LCA-resultatene. Hovedgrunnen til dette er at det generelt produseres mye mer per investert arbeidstime i råvareproduserende industri, mens prosessene nedstrøms ved produksjon av komponenter og sluttprodukter ofte blir mer arbeidsintensive. Det betyr at selv i en situasjon hvor arbeidsmiljøforholdene for hver arbeidstager er dårligere ved råstoffproduksjon enn ved sluttproduksjon, vil den samlede belastningen som for eksempel en stol gir opphav til kunne være størst ved sluttproduksjon.

I en fullstendig LCA-analyse av arbeidsmiljø kan også andre faktorer i arbeidsmiljøet trekkes inn. Når en ser på bare en enkeltfaktor er det lett å miste helheten av syne. Helhetsbildet omfatter også at arbeid kan ha en stor positiv verdi for den enkelte. Med WEST-metoden kan også positive arbeidsmiljøforhold trekkes inn i analysen. På en arbeidsplass med mange positive arbeidsmiljøfaktorer vil også disse slå sterkest ut ved arbeidsintensive prosesser, ut fra samme logikk som i forrige avsnitt. Det trinnet i livsløpsanalysen som kommer ut med den høyeste kjemiske helserisikoen kan altså samtidig være det trinnet som gir størst bidrag til positivt arbeidsmiljø, og tolkningen av enkeltfaktorer bør sees i dette lyset.



## 9.2 MVD/andre deklarasjonsmetoder

Produktdatablader, miljømerker og deklarasjoner er begreper som ofte brukes om hverandre. Det er forskjeller mellom dem, og de fyller ulike behov for informasjon.

- ◆ Produktdatabladene skal gi objektiv informasjon om ulike riskikoforhold knyttet til produktet eller stoffer som inngår i produktet. Informasjonen har som hovedhensikt å informere om hvordan stoffer skal behandles og hvilke sikkerhetstiltak som skal tas i forbindelse med bruk.
- ◆ Miljømerkene skal fortelle at produkter tilfredsstillter gitte krav, altså en beskrivelse på om produktet er "bra" ut i fra de gitte kriteriene. Merkene er gode som indikatorer for de som ønsker å forsikre seg om at produktet de kjøper er i den bedre klassen med hensyn til miljø. En skal bare være oppmerksom på at et produkt uten miljømerke ikke nødvendigvis er dårlig. Det kan skyldes at de har valg å ikke gå inn i ordningen.
- ◆ Miljøvaredeklarasjoner skal gi kvantifiserte opplysninger om miljøforhold som er knyttet til alle trinnene i produktets livsløp. På den måten skal det være mulig å holde to deklarasjoner opp i mot hverandre og gjøre egne vurderinger om hvilken av produktene en selv mener er "bra" eller "ikke bra". Dersom deklarasjonene i tillegg er gransket av en tredje part er kan en anse informasjonen som objektiv.

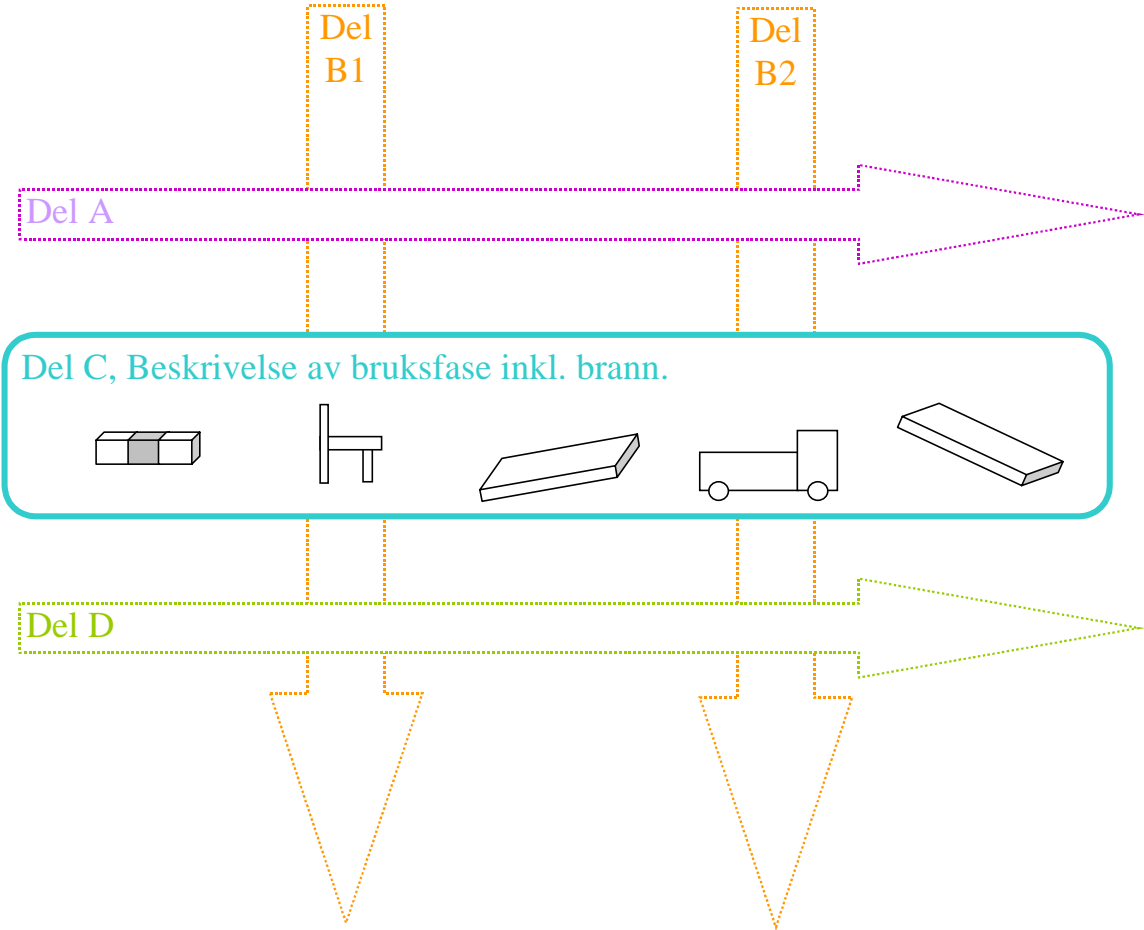
Til nå har deklarasjonene bare ivaretatt ytre miljø. Dersom det har vært ønskelig med informasjon om arbeidsmiljø har man selv måttet gjøre antagelser på bakgrunn av produktdatablader. Dersom arbeidsmiljø kan inkluderes på en lettforståelig måte i en miljøvaredeklarasjon, vil produsenter kunne forholde seg til en deklarasjon i flere situasjoner. Det vil det lette arbeidet for den som leverer produktet, men også for beslutningstakere i innkjøpsfunksjon.

Informasjonen i en miljøvaredeklarasjon er basert på data for hele livsløpet til et produkt, fra råvareuttak til avfallshåndtering. Dette medfører at det ligger et temmelig omfattende kartleggingsarbeid til grunn for opplysningene, dersom man skal lage en miljøvaredeklarasjon for et helt produkt alene. Metodikken som benyttes i arbeidet er imidlertid slik at deklarasjonene skal være adderbare gjennom livsløpet. Det vil si at man skal kunne summere deklarasjoner for alle råvarene som går inn i et produkt for å oppnå en deklarasjon for produktet. Slik vil det på sikt være mulig å forenkle prosessen omkring utarbeidelse av deklarasjoner.

En miljøvaredeklarasjon skal også fange opp alle trinn i et livsløp. Det vil også gjøre at eventuell problematikk knyttet til vedlikehold fanges opp. Den typen problematikk vil være vanskelig å fange opp i andre typer miljøinformasjon.

**DEL C:**

**Kartlegging av emisjoner i bruksfasen og under brann**



## 10 GENERELT

Dette kapitlet består av tre deler: Først to beslektede underkapitler med resultat fra litteratur- og Internettøk vedrørende emisjoner fra mykt PUR-skum og fra stivt PUR-skum ved vanlige temperaturforhold. Deretter et underkapittel om emisjoner under brann (ulykkesgrensetilstand) og andre ekstreme bruksforhold som forårsaker høye temperaturer.

Dette anses å være de viktigste helsemessige risikoområdene i PUR-produktenes bruksfase. Andre helsemessige effekter i bruksfasen er ikke vurdert i denne omgang, som f.eks. migrering av skadelige stoffer ved hudkontakt. Dette er imidlertid berørt i andre kapitler vedr arbeidsmiljø i produksjonen og ved videre bearbeiding nedstrøms. Enkelte helsemessige aspekter kan også være aktuelle i forbindelse med drift- og vedlikehold av bygninger og produkter som inneholder PUR. Dette er ikke nærmere berørt.

Kartlegging av emisjoner fra PUR-skum til inneluften ved vanlige temperaturforhold (indoor air problematikken) er av praktiske årsaker delt i to aktiviteter: Emisjoner fra mykt PUR-skum og emisjoner fra stivt PUR-skum.

Bruksområdene for mykt PUR-skum dreier seg i hovedsak om møbler og madrasser, dvs gjenstander som befinner seg inne i rommet. Stivt PUR-skum anvendes i hovedsak som byggisolering inne i vegger og tak. Risikoen for emisjoner til inneluften er således atskillig mindre fra stivt PUR-skum enn fra mykt. Emisjoner fra mykt PUR-skum representerer således "worst case" av disse to, og det er derfor lagt størst vekt på å skaffe informasjon om mykt PUR-skum. Oppdatert informasjonen i denne sammenheng er innhentet gjennom den europeiske mykt PUR-skum produsentforeningen EUROPUR og deres Technical Committee, hvor forskningsaktiviteter på tema "emissions" har høy prioritet.

Data omkring emisjoner fra stivt PUR-skum er i hovedsak hentet fra tidligere gjennomførte undersøkelser, spesielt fra målinger på Leca Isoblokk i 1998 – 1999 gjennomført av Norges byggforskningsinstitutt (NBI) og Norsk Institutt for Luftforskning (NILU).

Brann- og eksplosjonsfare som følge av håndtering av pentan vil inngå i den totale risikovurderingen for arbeidstakerne i bedrifter hvor det benyttes pentan som drivgass. Dette gjelder kun stivt PUR-skum produsentene, hvor samtlige p.g.a. globale miljøproblemstillinger har skiftet over fra ubrennbar HKFK til brennbar pentan i løpet av de siste par årene. Risikovurderinger av denne type inngår imidlertid ikke i dette prosjektet. De norske produksjonsbedriftene som har gått over til pentan har samtidig investert i sikkerhetsutstyr og –rutiner som tilsier at sikkerhetsnivået er tilfredsstillende. Fra internasjonal litteratur er det kjent kun ett tilfelle av brann/eksplosjon som følge av håndtering av pentan. Dette var et engelsk systemhus, som håndterte store mengder pentan i løpende produksjonen, helt i starten av utfasingen fra HKFK til pentan for ca 15 år siden.

## 11 EMISJONER FRA MYKT PUR-SKUM

Emisjoner fra mykt PUR-skum til inneluften ved vanlige temperaturforhold (indoor air problematikken) dreier seg i hovedsak om bruksområdene møbler og madrasser. Dette er gjenstander som befinner seg inne i rommet, og som praktisk talt alle mennesker i vårt land er i befatning med absolutt hele tiden vi befinner oss innendørs, enten det er på jobb eller i fritiden. Mykt PUR-skum benyttes også i setene i biler, busser, tog og fly.

En oppdatert undersøkelse vedrørende emisjoner fra PUR til inneluften finnes i rapport "Diisocyanates in indoor air" (Collins, 2000). Basert på en rekke vitenskapelige referanser, er konklusjonen entydig: Isocyanat (TDI) kan påvises inntil noen få timer etter produksjonen, og unntakelsesvis inntil et par dager. Under praktiske bruksforhold vil eventuelle forekomster av TDI fra mykt PUR skum ligge under deteksjonsgrensen for dagens måleutstyr.

EUROPUR TC har et forskningsprosjekt på gang hvor det gjennomføres en komplett kartlegging av andre mulig forekommende VOC-er i mykt PUR-skum. Resultatene så langt er ikke publisert. Fra et stort utvalg PUR-skum produkter på det europeiske markedet er det identifisert i størrelsesorden ca 100 ulike VOC-er som kan ha vært hjelpestoffer i et trinn i PUR-produksjonsprosessen eller som kan være forurensninger. Det er også dokumentert sammenheng mellom "vond lukt" som har forekommet fra nytt PUR-skum og bestemte forurensninger. Det er imidlertid ikke funnet sammenheng mellom inneklimate relaterte helseplager og emisjoner fra mykt PUR.

Emisjonsforsøk i klimakammer kombinert med matematiske simuleringmodeller viser at signifikante nivåer av enkelte VOC-er kan forekomme inntil 3 – 4 dager etter fremstilling, for deretter å synke til ikke målbare nivåer. Lagring og lufting av mykt PUR-skum i noen dager før videre bearbeiding eller omsetning skulle dermed være et effektivt tiltak.

## 12 EMISJONER FRA STIVT PUR-SKUM

Stivt PUR-skum anvendes i hovedsak som byggisolering inne i vegger og tak. Risikoen for emisjoner til inneluften er således atskillig mindre enn fra mykt PUR-skum.

Optiroc (tidligere Norsk Leca) lanserte i 1982 Leca Isoblokk på det norske markedet, med en kjerne av stivt PUR-skum. Fra tid til annen har det fra ulike hold vært påstått at avgassing av isocyanat fra PUR-isolasjon i bygg skal kunne være årsak til inneklimate relaterte helseplager. I 1988 gjennomførte derfor SINTEF på vegne av Norsk Leca emisjonsmålinger med Leca Isoblokk plassert i et 80 liters klimakammer i rustfritt stål. Det ble ikke påvist isocyanater (MDI) under noen av forsøkene. I ett tilfelle over fersk overskåren PUR-flate ble det registrert 1,5 ppb som var akkurat på deteksjonsgrensen av måleutstyret. Det ble også gjort målinger av luften inne i et nytt hus av Isoblokk, uten at det var mulig å registrere isocyanat.

I 1998-1999 gjennomførte Norsk Leca ytterligere emisjonsmålinger i nytt klimakammer etablert ved NBI, i samarbeid med NILU som analyselaboratorium. Det ble ikke registrert MDI ved noen av målingene, men i ett tilfelle ble det funnet HDI i konsentrasjon rett over deteksjonsgrensen. HDI forekommer ikke i stivt PUR-skum, og man fant aldri ut hvor denne komponenten egentlig stammet fra. En av teoriene var at HDI kunne oppstå som en artefakt som følge av selve testprosedyren.

Klimakammertestene kartla også emisjoner av andre VOC-er, hvor mesteparten kom fra drivgassene som benyttes for å skumme opp stivt PUR-skum. Drivgassene var hhv. "gammel" drivgass HKFK 141b og "ny" drivgass cyclopentan. Det ble registrert vesentlig lavere emisjonsrate for cyclopentan enn for HKFK 141b.

Konklusjonen nok en gang er at det ikke forekommer emisjon av isocyanat (MDI) til inneluften fra normalt stivt PUR-skum.

For enkomponent PUR fugeskum er situasjonen en litt annen. Her foregår selve herdeprosessen in situ, dvs på byggeplassen. I følge litteraturen må man regne med at det kan forekomme emisjoner av MDI i noen dager, jo lavere temperatur desto flere dager.

## 13 EMISJONER FRA MYKT OG STIVT PUR UNDER BRANN

Fra litteratursøk gjennomført ved Norges branntekniske laboratorium gjengis følgende oppsummering (Anne Steen Hansen, 2001):

Ved oppvarming av mykt polyuretan-skum til 200-300 °C avgis isocyanater som umiddelbart polymeriserer og danner en tett ”gul røyk”, som er en polymer TDI. Samtidig dannes det noe fritt TDI. Over 800 °C dekomponerer røyken og danner en klar atmosfære med en blanding av nitriler (inkludert HCN), CO, olefiner og aromatiske forbindelser. Generelt sett er dannelsen av HCN stor når temperaturen er høy og lufttilførselsraten er lav. CO dannes i store mengder ved høytemperatur dekomponering av PUR-skum, og kan derfor alltid forventes i tillegg til HCN.

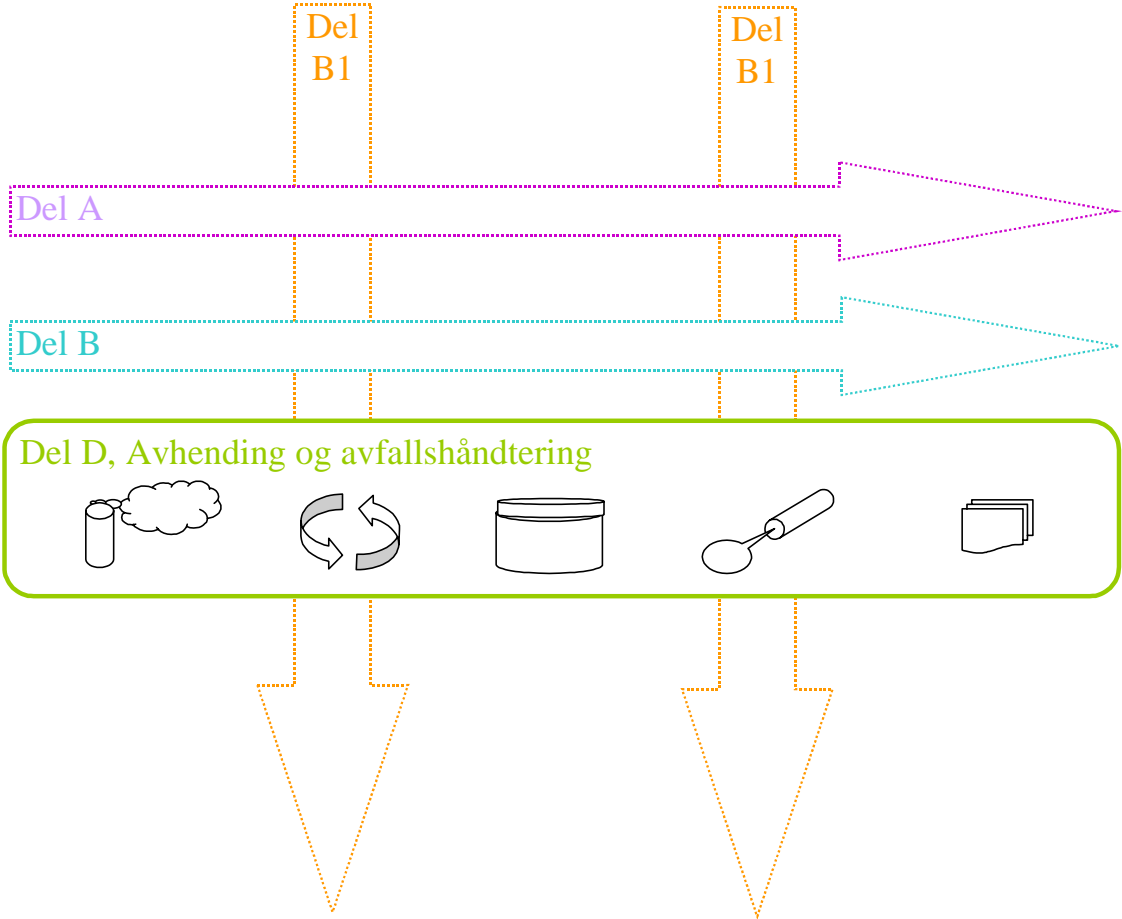
PUR-skum avgir generelt sett mye optisk røyk ved forbrenning.

Optimal tilsetning av flammehemmer kan redusere både antennelighet, varmeavgivelse og røykproduksjon fra PUR, mens ikke-optimale tilsetninger kan føre til at brannhemmende PUR produserer mye mer røyk, CO og HCN enn ikke-brannhemmende skum.

Generelt sett vil forbrenning av alle typer materialer generere helseskadelige røykgasser, og innånding av branngasser utgjør en helserisiko. Personer som oppholder seg i nærheten av oppvarmet eller brennende PUR vil være utsatt for eksponering av termiske nedbrytningsprodukter, og man må anta at røykgassene inneholder HCN og CO, i tillegg til en lang rekke irriterende gasser. Under slike forhold er det nødvendig å sørge for god avtrekk av branngasser, og at personer som kan være utsatt for branngassene er utstyrt med tilstrekkelig åndedrettsvern.

**DEL D:**

**Avhending og avfallshåndtering**



# 14 SITUASJONSBESKRIVELSE

## 14.1 Kartlegging av avfallsmengder og -typer

Avfall oppstår både i forbindelse med produksjon av PUR-holdige produkter (avkapp etc.) og i forbindelse med avhending av produkter etter endt levetid. Disse to kategoriene av avfall har svært forskjellige karakteristika. Produksjonsavfall er direkte under kontroll av produksjonsbedriftene, og kan normalt håndteres som helt rene fraksjoner. Brukt PUR-avfall inngår i svært mange produkter, og kan ofte være vanskelig å separere fra andre materialer, eller det kan være forurenset med andre materialer, slik som i rivningsavfall. Det er derfor hensiktsmessig å håndtere disse to gruppene av avfall separat.

### 14.1.1 Produksjonsavfall

Produksjonsavfall kan oppstå i bedrifter som produserer PUR skum, og i andre bedrifter nedstrøms i verdikjeden fram til produksjon av sluttprodukt. Vi har gjennomført en spørreundersøkelse i medlemsbedriftene for å kartlegge omfanget av dette (se Vedlegg 4). Vi fikk inn informasjon fra produsentene tilsvarende ca. halvparten av samlet norsk produksjon av både mykt og stivt PUR-skum.

Resultatene fra de innkomne svarene viser at det for de aktuelle produsenter av mykt PUR genereres ca. 850 tonn avfall, som utgjør ca. 15% av produksjonen i disse bedriftene. Det meste av dette avfallet går til materialgjenvinning (95%), mens 1% går til energigjenvinning og 4% deponeres. Som et eksempel sender Westnofa sitt vrak (fra blokkstøping) til Danmark for oppmaling. De tar dette tilbake og lager ett nytt produkt av det resirkulerte materialet som benyttes eksempelvis til kneputer i Hågs stoler.

For stivt PUR skum er det kartlagt avfallsmengder på ca. 400 tonn, tilsvarende 15% av produksjonen i kartlagte bedrifter. Av dette går 67% til materialgjenvinning (alternativ bruk av materialet inn i andre produkter), 3% til energigjenvinning og 30% til deponi.

### 14.1.2 End-of-life

PUR inngår i svært mange typer produkter, og inngår derved også i mange ulike avfallsfraksjoner. Tilgjengelig avfallsstatistikk fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) skiller ikke mellom ulike plasttyper, og det er derfor vanskelig å si noe om hvor mye PUR-avfall som oppstår basert på denne statistikken.

Det er utarbeidet en egen statistikk for avfall i bygg- og anleggsbransjen hvor avfallet er splittet opp i materialtyper, men med unntak av betong, tegl og trevirke, er "avfall med ukjent sammensetning" den største fraksjonen. En stor andel av isolasjonsmaterialene vil sannsynligvis inngå i denne fraksjonen.

I mangel av tilstrekkelig detaljert avfallsstatistikk, kan en ta utgangspunkt i produsert mengde. Produktenes levetid vil være avgjørende for når materialene dukker opp som avfall. Produksjonsstatistikken vil derfor heller ikke kunne brukes til å beskrive dagens avfallssituasjon eller forutsi avfallsmengdene på et gitt punkt fram i tid, uten å ta hensyn til produktenes levetid. Informasjon om dagens produksjonsmengder vil likevel være en indikator for framtidig genererte avfallsmengder, spesielt hvis dagens produksjon er representativ for en lengre tidsperiode.

Dagens produksjon av PUR er på ca. 12 000 tonn mykt skum og 6000 tonn stivt skum (Bjørn Vik, pers. komm.). Avfall vil også genereres av importerte produkter, som er anslått til 3000 tonn PUR. I tillegg kommer innhold av PUR i biler, som utgjør ca. 15 kg/bil for en typisk personbil (ISOPA: Driving with polyurethanes). Ifølge SSB Samferdselsstatistikk 1999 ble ca. 180000 person- og varebiler nyregistrert pr. år i perioden 1995-99. Dette vil da utgjøre ca. 2700 tonn PUR pr. år. Total mengde PUR produsert og importert i Norge vil dermed være ca. 24000 tonn. Vi har ikke tall på eksport av PUR. Grovt regnet kan en likevel anta at årlige framtidige avfallsmengder med en produksjon på dagens nivå vil kunne være i størrelsesorden 20 – 25000 tonn PUR skum.

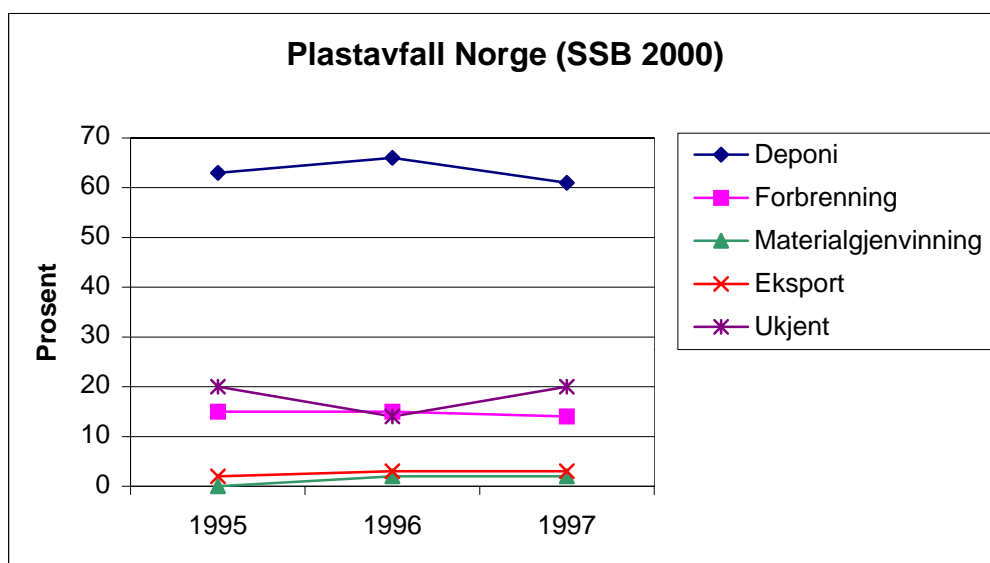
Med tanke på rutiner for avfallshåndtering er det viktig å skille mellom de forskjellige produkttyper. Med utgangspunkt i tilgjengelig informasjon har vi satt opp en fordeling mellom forskjellige produkttyper. Denne informasjonen må oppfattes som svært omtrentlig, og tar ikke hensyn til eventuell eksport:

	Årlig potensiell avfallsmengde i tonn basert på produksjon og import (gjennomsnitt/år)	
	Stivt skum	Mykt skum
Byggisolasjon	2700*)	
Fugeskum (bygg/anlegg)	250	
Hvitevarer (kjøl/frys)	2400	
Annen isolasjon (skip, containere)	900	
Biler	900	1800
Møbler/madrasser		12000
Møbler importert (?)		3000

\*) Vesentlig faseforskyvning i tid på grunn av lang levetid. Dagens avfall vesentlig knyttet til nybygg, og utgjør ca. 300 tonn skumplast/år, men dette inkluderer også polystyren (BNL 2001).

#### 14.2 Dagens rutiner for avhending av produkter med PUR

Total mengde plastavfall i Norge beregnet fra varetilførsel var ca. 370000 tonn i 1997 (Skullerud og Stave 2000). Figur 1 viser behandlingsmåter for plastavfall i perioden 1995-1997. Mer enn 60% ble deponert, mens materialgjenvinning utgjør en svært liten fraksjon (2%).



Figur 15: Avfallshåndtering av plast i Norge 1995-1997. Kilde: Skullerud og Stave 2000.



Sammenholdt med tall for gjenvinning av plastemballasje fra Plastretur AS (www.plastretur.no), framgår det at det i hovedsak er emballasje som blir energi- eller materialgjenvunnet, mens øvrige produkter blir deponert eller håndteringen er ukjent. Det er derfor grunn til å anta at dette også gjelder PUR-avfall. Våre beregninger antyder at dagens generering av framtidig PUR-avfall utgjør ca. 5% av dagens plastavfall i Norge.

### **14.3 Alternativer for håndtering av brukt PUR skum**

Generelle nasjonale resultatmål for avfallshåndtering er gjengitt i St.meld. nr. 24 (2000-2001):

- *Utviklingen i generert mengde avfall skal være vesentlig lavere enn den økonomiske veksten.*
- *Basert på at mengden avfall til sluttbehandling skal reduseres i tråd med hva som er et samfunnsøkonomisk og miljømessig fornuftig nivå, tas det sikte på at mengden avfall til sluttbehandling innen 2010 skal være om lag 25 prosent av generert avfallsmengde.*
- *Praktisk talt alt spesialavfall skal tas forsvarlig hånd om, og enten gå til gjenvinning eller være sikret tilstrekkelig nasjonal behandlingsskapasitet.*

Avfall til sluttbehandling omfatter deponering og forbrenning uten energiutnyttelse.

#### **14.3.1 Deponering**

Deponering av avfall innebærer at avfallsressurser ikke blir utnyttet, ved at de tas ut av kretsløpet. Dette alternativet er det som sannsynligvis er dominerende for PUR i dag. I henhold til politiske målsettinger vil det være et mål å redusere andelen som går til deponi vesentlig.

#### **14.3.2 Energigjenvinning**

For ikke nedbrytbare materialer som PUR vil energigjenvinning baseres på forbrenning. Brennverdien av PUR er ca. 28 MJ/kg. Dersom PUR forbrennes med lavere grad av energiutnyttelse, vil bare den andelen som energiutnyttes bli definert som energigjenvinning, resten vil defineres som avfall til sluttbehandling.

#### **14.3.3 Materialgjenvinning**

PUR er mer komplisert å gjenvinne enn andre plasttyper, som for eksempel polyetylen. Det finnes likevel mange metoder for materialgjenvinning av PUR. I hovedsak kan det skilles mellom mekanisk gjenvinning og kjemisk gjenvinning ("feedstock recycling"), der PUR brytes ned til komponenter som kan brukes inn i produksjon av ny PUR.

#### **Mekanisk gjenvinning:**

"Adhesive pressing"

- Brukes i gjenvinning av stivt PUR

"Rebonding":

- Dette er viktige metoder for gjenvinning av mykt PUR, med mange anvendelsesområder.

Regrind/ foam powdering

- Metoden brukes for produksjon av sandwich-elementer, og det foregår også en utvikling for å gjenvinne både stivt og mykt PUR med denne metoden. Den brukes også i produksjon av karosserideler i bilindustrien.

Compression moulding

- Metoden brukes i bilindustrien i produksjon karosserideler (RIM polyuretaner).

## **Kjemisk gjenvinning:**

### Glykolyse

- Metoden er utprøvd og er delvis i bruk både for produksjon av mykt og stivt PUR skum. Huntsman Polyurethanes har for eksempel utviklet en materiale for MDI-basert møbelskum hvor all polyol er gjenvunnet fra glykolyse. Det betyr at 70% av råstoffene i skummet er gjenvunnet. Løgstør Rør i Danmark produserer fjernvarmerør med stivt PUR skum som er produsert med en betydelig andel polyoler fra glykolyse.

Hydrolyse, pyrolyse, hydrogenring og gassproduksjon er andre mulige alternativer.

De forskjellige alternativene er diskutert i mer detalj av Weigand (19??). Det foregår en kontinuerlig forbedring av metodene for introduksjon i markedet. En del av utviklingen vil være å utvikle produkter som lettere lar seg gjenvinne enn dagens produkter. Dette gjelder både kjemiske egenskaper (eksempel Huntman's møbelskum som nevnt over), og muligheter for fysisk atskillelse fra andre materialer ved endt levetid. Dette kan være problematisk for enkelte PUR-produkter, som er tett integrert med andre materialer. Et annet alternativ er da å utvikle metoder eller anvendelsesområder som kan håndtere innblanding av forskjellige materialer.

## **15 MILJØASPEKTER VED RIVING OG OPPHOGGING**

### **15.1 Ytre miljø**

PUR skum av eldre dato som inneholder KFK krever spesiell håndtering i henhold til forskriftene for å unngå lekkasje av stoffer som virker ødeleggende på ozon-laget i stratosfæren. EU's Rådsforordning nr. 2037/2000 av 29. juni 2000 om stoffer som bryter ned ozonlaget, krever at KFK fra kjøleutstyr destrueres ved hjelp av anerkjent destruksjonsteknologi. Dette kravet er også inkludert i "Utkast til forskrift om ozonreduserende stoffer", datert 4.7.2001.

For øvrig vil neppe produkter som inneholder PUR gi opphav til spesielle problemer for det ytre miljø i denne fasen. Generelle aspekter knyttet til riving av bygg, skroting av biler og annen innsamling av avfall vil for en stor del knytte seg til bruk av transportmidler og maskiner samt spesifikke lokale problemstillinger, og vil ikke behandles i denne rapporten.

### **15.2 Arbeidsmiljø**

Enkelte produkter, for eksempel større konstruksjoner, vil kreve oppkapping i mindre enheter før de kan behandles videre, spesielt hvis de skal material- eller energigjenvinnes. Produkter som inneholder PUR kan tenkes å gi opphav til eksponering for isocyanater dersom det brukes skjæreredskap til å skjære eller sage i for eksempel betong eller metall i nær tilknytning til PUR. I slike tilfeller vil det også kunne frigis giftige stoffer fra andre materialer enn PUR, for eksempel fra maling, lim, tilsetningsstoffer i andre plastmaterialer etc. Ved bruk av verktøy som gir varmgang i materialer av ukjent eller blandet sammensetning, bør det derfor vurderes i hvert enkelt tilfelle om operasjonen kan medføre en kjemisk helserisiko, slik at nødvendige forholdsregler kan tas.

Støv vil normalt kunne være et større problem ved rivearbeider og eventuell kverning av materialer. Det bekreftes også fra et forbrenningsanlegg vi har vært i kontakt med, at kverning av avfall før forbrenning kan gi opphav til støvdannelse, spesielt når det er mye tørt treverk. Vi antar dette også kan gjelde PUR skum. I slike tilfeller blir avfallet ofte fuktet for å redusere problemet.

Ved fjerning av KFK gass fra PUR skum blir materialet komprimert i et helt lukket system, og gassen blir tappet av. Restene av PUR kommer ut av prosessen som et fint mel, og dette tas vare på i helt lukkede sekker. Ifølge Norsk Gjenvinning blir det ingen utslipp eller støvproblemer fra denne prosessen.

# 16 MILJØASPEKTER VED DEPONERING

## 16.1 Ytre miljø

Deponering av avfall medfører at landarealer blir beslaglagt. PUR skum vil, i likhet med andre skumprodukter, oppta et stort volum. Videre vil miljø- og helseskadelige stoffer over tid kunne lekke ut i grunnen eller avgis til atmosfæren. For PUR og andre plastmaterialer er det eventuelle tilsetningsstoffer (for eksempel flammehemmere) som er mest aktuelt i denne forbindelse. Et hovedproblem med deponering er også at ressurser blir tatt ut kretsløpet, slik at behovet for utnyttelse av jomfruelige ressurser øker. Nasjonalt er det i Norge fastsatt et mål om at mengden avfall som går til sluttbehandling (deponering eller forbrenning uten energiutnyttelse) skal reduseres til 25% av generert mengde avfall (St.meld. nr. 24, 2000-2001). Dette betyr at mengden deponert materiale må reduseres vesentlig.

Det er gjort eksperimenter som viser at PUR skum ikke brytes ned i deponier (Bartlett 1999). Eventuelle utslipp til sigevann vil derfor mest sannsynlig kunne dreie seg om tilsetningsstoffer. Eventuelle flammehemmere med innhold av brom eller klor vil sannsynligvis kunne utgjøre den største miljørisikoen, på grunn av disse stoffenes svært toksiske egenskaper, blant annet som hormonhermere.

Blåsemidler i skummet besto tidligere for en stor del av KFK-gasser, som virker ødeleggende på ozonlaget. Bygningsisolasjon med PUR fra før 1992 skal leveres som spesialavfall for destruksjon av KFK. Noen av de alternative blåsemidlene som brukes i dag utgjøres av forskjellige varianter av HFK (hydrofluorokarboner). Disse har ikke ozon-ødeleggende effekt, men er meget potente drivhusgasser. Utslipp av disse gassene er derfor heller ikke ønskelig. I mykt skum brukes i dag stort sett CO<sub>2</sub> som drivgass, mens det for stivt skum i økende grad brukes cyclopentan. Disse gassene vil i mindre grad utgjøre miljøproblemer ved deponering.

Branner i deponier vil kunne føre til betydelige miljøproblemer, med utslipp av en delvis ukjent blanding av giftige gasser. PUR vil under ulmebranner med lav temperatur (<800 °C) kunne føre til utslipp av isocyanater. Ved høyere temperatur dannes HCN og CO, som beskrevet i SINTEF-rapport (ref...).

Det vil også kunne dannes dioksiner og furaner fra brom- og klorbaserte flammehemmere, samt fra eventuell KFK og HKFK som blåsemidler. Ved forbrenning av disse stoffene vil det også dannes HF-gass (flussyre) og HCl-gass (saltsyre) som begge er giftige og svært irriterende gasser.

## 16.2 Arbeidsmiljø

Kjemisk arbeidsmiljøbelastning i tilknytning til deponering av avfall vil kunne være knyttet til avdamping av eventuelle helseskadelige substanser og eventuelle utslipp av støv i forbindelse med arbeid på deponiet. Fordi PUR er kjemisk stabilt, er det ikke sannsynlig at PUR vil kunne bidra til noen spesiell risiko under normale forhold. Ved brann i deponier vil det imidlertid frigis giftige gasser fra PUR, som beskrevet over, og dette vil utgjøre en arbeidsmiljørisiko for brannmenn som deltar i slokningsarbeidet. Vi har ikke funnet informasjon som gjør det mulig å kvantifisere betydningen av PUR, i forhold til andre stoffer på deponiene, for risikoen som brannmenn utsettes for ved slokning av deponibranner.

# 17 MILJØASPEKTER VED ENERGIGJENVINNING

## 17.1 Ytre miljø

I likhet med deponering vil energigjenvinning føre til at ressurser blir tatt ut av kretsløpet, og at nye produkter må lages av jomfruelig materiale. Dersom energi fra forbrenningen av avfallet erstatter olje eller kull, vil imidlertid nettoeffekten av ikke å deponere materialet bli et redusert forbruk av fossile ressurser. Det er likevel viktig å merke seg at bare en viss andel av energien som brukes i produksjonen blir gjenvunnet. Det kreves ca. 105 MJ energi for å produsere 1 kg PUR skum (noe avhengig av type PUR). Brennverdien av PUR er ca. 28 MJ/kg. Det betyr at en maksimalt kan gjenvinne ca. 25% av den energien som er brukt til å produsere produktet. Miljønyttan av dette energiutbyttet er avhengig av hvilken energikilde som erstattes i det enkelte tilfelle. Dette kan være enklest å dokumentere når for eksempel industribedrifter direkte erstatter bruken av kull eller olje med energi fra det aktuelle forbrenningsanlegget.

PUR kan inneholde stoffer som krever spesiell oppmerksomhet ved forbrenning:

- Drivgassene KFK og HKFK vil ifølge ISOPA destrueres med en effekt på minst 99,9%.
- KFK og HKFK inneholder klor og fluor. Mesteparten av disse grunnstoffene vil ende opp i avgassene i form av HF og HCl (opp til 20% av klor blir igjen i bunnasken). Faktiske utslipp vil avhenge av anvendt renseteknologi.
- Flammehemmere kan inneholde klor eller brom, som gir opphav til HCl og HBr i avgassene.
- Klor og brom (særlig i kombinasjon) kan føre til dannelse av svært giftige dioksiner og furaner, særlig ved suboptimale forhold i forbrenningsanlegget.

Det er utenfor rammene for dette prosjektet å vurdere i hvilken grad utslipp av disse stoffene fra PUR fører til miljøskadelige effekter, men det vil åpenbart være en fordel å bruke tilsetningsstoffer som ikke inneholder grunnstoffene klor, brom og fluor.

Ifølge National Research Council i USA (NRC 2000) kan risikoen for folk som bor og oppholder seg i nærheten av avfallsforbrenningsanlegg reduseres til et minimalt nivå ved bruk av best tilgjengelige renseteknologi. Ifølge samme kilde vil imidlertid selv best tilgjengelig teknologi føre til at det fortsatt er betydelig bekymring ("substantial concern") knyttet til regional forurensning med dioksiner, når en ser alle avfallsforbrenningsanlegg i sammenheng. Sett i lys av dette, er det spesielt viktig at det ikke brukes tilsetningsstoffer med klor og brom i produktene, siden disse grunnstoffene er en forutsetning for dioksin-dannelse. Rester av kobber eller andre tungmetaller som kan inngå i produksjonen vil også kunne katalysere dannelsen av dioksiner.

PUR i seg selv vil under gode forbrenningsforhold spaltes fullstendig, slik at det trolig dannes minimalt med isocyanater. Imidlertid vil det dannes blåsyregass (HCN) og karbonmonoksid (CO), som tidligere beskrevet i Kapittel 16.1. I hvilken grad disse stoffene belaster miljøet lokalt, vil både være avhengig av effekten av rensaneanlegg, og forurensningsnivå for øvrig (spesielt CO).

## 17.2 Arbeidsmiljø

Kjemisk helserisiko for arbeidere ved avfallsforbrenning kan være betydelig, tross i bruk av best tilgjengelig renseteknologi (NRC 2000). Bekymringen ("substantial concern") er knyttet både til partikler, dioksiner, bly, kvikksølv og andre tungmetaller. Det er også en viss bekymring ("moderate concern") knyttet til eksponering for sure gasser og aerosoler. De toksiske komponentene i avfallet som ikke forbrennes (spesielt tungmetaller), og de som dannes under forbrenningen (spesielt dioksiner og andre giftige organiske forbindelser), blir ikke borte ved rensing, men blir igjen i slagg, aske og filtere. Disse restene må fjernes på en eller annen måte, og disse prosedyrene kan potensielt føre til betydelig helserisiko.

I hvilken grad PUR i brenselet bidrar til risiko for arbeidere, er trolig umulig å kvantifisere. For å redusere en eventuell risiko mest mulig (også i forhold til ytre miljø), er det imidlertid viktig ved vurdering av tilsetningsstoffer at en unngår stoffer som kan skape problemer ved en framtidig avfallsforbrenning. Det er realistisk sett sannsynlig at en vesentlig andel til sist vil ende opp i en forbrenningsovn. Dette gjelder også ved utstrakt bruk av materialgjenvinning, fordi man kan anta at det er grense for hvor mange runder et gitt produkt kan materialgjenvinnes.

# 18 MILJØASPEKTER VED MATERIALGJENVINNING

## 18.1 Ytre miljø

Materialgjenvinning muliggjør at jomfruelige materialer erstattes av resirkulert materiale, slik at man kan oppnå redusert ressursuttak. Nettoeffekten for miljøet vil selvfølgelig avhenge av energibruk og andre miljøbelastninger ved gjenvinningsprosessene.

Huntsman Polyurethanes har på grunnlag av livsløpsvurderinger av en madrass med kjemisk gjenvinning av 70% av råstoffet (alt innhold av polyol) beregnet at 42-50% av energien ble spart, i forhold til en madrass med 100% jomfruelig materiale. Tilsvarende analyser for andre gjenvinningsprosesser for PUR vil være nødvendig, hvor også andre miljøaspekter knyttet til gjenvinningsprosessene kartlegges.

## 18.2 Arbeidsmiljø

Som beskrevet tidligere finnes det mange forskjellige teknikker for å materialgjenvinne PUR. Ved teknikker som er basert på mekanisk gjenvinning, synes det umiddelbart lite sannsynlig at det vil oppstå situasjoner med varmgang og avspalting av isocyanater. Dersom det holdes kontroll på støvproblematikken, synes det derfor å være liten kjemisk helserisiko ved slike prosesser.

Ved teknikker basert på kjemisk gjenvinning vil PUR spaltes i mindre bestanddeler, slik som polyoler og isocyanater. Avhengig av hvilke stoffer som dannes og hvor flyktige disse er, vil det da kunne skje en eksponering selv uten oppvarming. Ved høyere temperatur øker eksponeringsrisikoen. Dersom prosessene foregår i helt lukkede systemer, eller risikoen reduseres på annen måte, vil eksponering kunne unngås. Ut fra kunnskaper om prosessen ved Løgstør Rør i Danmark, synes det som prosessene kan gjennomføres i helt lukket system.

Uansett metode er det viktig å analysere de metodene som brukes for å vurdere om de involverer bruk av varme metoder, eventuelt om det skjer avspalting av isocyanater på annen måte. Rutiner som medfører dannelse av støv bør også unngås.

## 19 DISKUSJON DEL D

Det finnes mange muligheter for håndtering av PUR-avfall, både det som oppstår ved produksjonen og ved avhending av produktene. Det foregår åpenbart mange aktiviteter internasjonalt knyttet til utvikling av nye løsninger for å utnytte PUR-avfall i nye produkter (materialgjenvinning).

Involverte bedrifter har vist stor interesse for å finne bedre måter å utnytte avfallet på, inkludert tilbaketakings-systemer for brukte produkter. Bedriftene oppfatter dette som vesentlige problemstillinger, og ønsker å redusere mengden av ”ressurser på avveie”.

Produksjon av PUR fra jomfruelig materiale krever en betydelig innsats av fossile råstoffer. Materialgjenvinning eller forlengelse av materialenes levetid kan gi et vesentlig potensiale for besparelser i bruk av disse ressursene. Dette avhenger av at det utvikles teknologier og bruksområder som er teknisk, økonomisk og miljømessig hensiktsmessige. Det er viktig at det i denne sammenhengen også tenkes arbeidsmiljø, både i forhold til kjemisk risiko og andre arbeidsmiljøforhold.



## 20 RESULTATER OG KONKLUSJONER

### Prosjektets hovedkonklusjoner er:

Norske bedrifter som produserer stivt PUR skum og som benytter MDI som råvare, har allerede rimelig miljøvennlige arbeidsplasser. Forbedringsbehovet i eksisterende HMS-rutiner er nokså beskjedent.

Norske bedrifter som produserer mykt PUR skum og som benytter TDI som råvare, må være påpasselige med å følge nasjonale og internasjonale anbefalinger mht HMS-rutiner. Dette skyldes den langt høyere flyktighetene av TDI sammenlignet med MDI. Det er behov for å stramme inn enkelte rutiner i fbm bruk av åndedrettsvern på utsatte steder i produksjonslokalene, hvor store mengder TDI håndteres.

Det er vanskelig å gi pålitelige estimater av arbeidsmiljøforhold basert på bransjetall og gjennomsnittsbetraktninger. Som følge av store forskjeller i bygningsmessige og ventilasjonsmessige forhold, vil det vanligvis være nødvendig å gjøre målinger og/eller vurderinger i hver enkelt produksjonseenhet.

Ferdig herdede PUR produkter betraktes som trygge produkter både ved videre industriell bearbeiding og ved alminnelig sluttbruk under normale temperaturforhold. Ved høye temperaturer (150 – 200 °C) som kan oppstå f.eks. under varme arbeider vil det være fare for termisk nedbrytning av PUR som kan føre til helseskadelige emisjoner av isocyanater.

Prosjektets overordnede mål om å bidra til utvikling av en bærekraftig norsk PUR-skumindustri anses å være oppfylt.

### Andre resultater og kommentarer:

Innsamling, bearbeiding og formidling av til dels kompleks og vanskelig tilgjengelig kunnskap har vært en viktig del av dette prosjektet. Så langt har det vært arrangert et nasjonalt prosjektseminar i starten av prosjektet, okt. 2000. I nov. 2001 ble foreløpige prosjektresultater presentert på et nordisk mykt PUR seminar. Det er videre invitert til en avslutningskonferanse i Oslo 7. – 8. mars 2002, hvor samtlige PUR-produsenter i Norden er invitert. Konferansen er åpen, og er kunngjort mot de fleste målgrupper som kan tenkes å være interessert i dette. Til kunnskapsformidling forøvrig er tidsskriftet PlastForum og PUR-gruppens Internett-side benyttet.

## 21 REFERANSER

Bartlett C (1999): Monitoring degradation of polyurethane flexible foam in a landfill simulator. Carnegie Mellon Undergraduate Research Symposium.

<http://www.cmu.edu/adm/uri/99abstracts.html>

Bengtsson, G. og R. Berglund (1997): WEST: En metod at måta arbetsmiljö. Institutet för Verkstadsteknisk Forskning, Mölndal. IVF-skrift 97836

BNL (2001): Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall. Byggenæringens Landsforening, Oslo.

Brekke, O. (2000): Arbeidsmiljø i livsløpsvurderinger. Yrkeshygienikeren 2-2000, 10-13. Også gjengitt i rapport nr. 1381, Arbeidsmiljøfondet (www.nho.no)

Collins, M.A. (2000): Diisocyanates and indoor air. GIL Report number 2000/C. Gilbert International Limited, Manchester, UK.

Hansen, A. S. (2001): "Polyuretan - emisjoner av røyk og gass ved høye temperaturer". Et litteraturstudium. Norges Branntekniske Laboratorium, Trondheim.

Hanssen, O.J.; Stranddorf, H.K; Vold, M; Solør C.; Hoffman, L.; Tillman A.-M. (2001): "Nordic Co-ordinating System for Environmental Product Declarations (Type III)", STØ.OR.20.01, Fredrikstad.

Norén, J.O. (2000): Arbetarskyddsstyrelsens mätprojekt 1997 – 1999 Isocyanater. Rapport Arbetarskyddsstyrelsen.

NRC (2000): Waste incineration and public health. Committee on Health Effects of Waste Incineration, Board on Environmental Studies and Toxicology, Commission on Life Sciences, National Research Council. National Academy Press, Washington, USA.

Rydock, J.P. (1999): "Emissions from Leca Isoblock walls", Norges byggforskningsinstitutt, Oslo.

Rønning, A.; Hanssen, O. J.; Møller, H. (1994): "Life cycle assessment of three offshore coating system - technical report", OR.53.94, Stiftelsen Østfoldforskning, Fredrikstad (lukket).

Rønning, A; Vold. M. (1997): «LCA av Leca Lettklinker produkter og systemer», STØ, OR.57.97, Fredrikstad.

Skullerud, Ø. og Stave, S.E. (2000): Avfallsregnskap for Norge. Metoder og resultater for plast. Rapport 2000/15, Statistisk Sentralbyrå, Oslo-Kongsvinger.

Vold, M.; Rønning, A. (1997): "Livsløpsvurdering av et multi-element", OR.97.97, Stiftelsen Østfoldforskning, Fredrikstad.

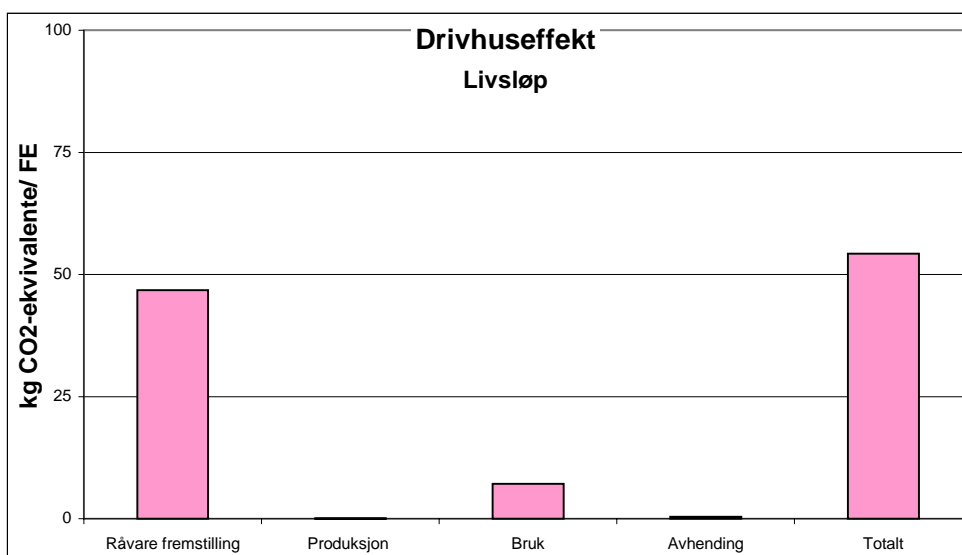
Weigand, E. (19??): Recycling of polyurethanes. I XXXX (red) Recycling and recovery of plastics.

## Vedlegg 1:

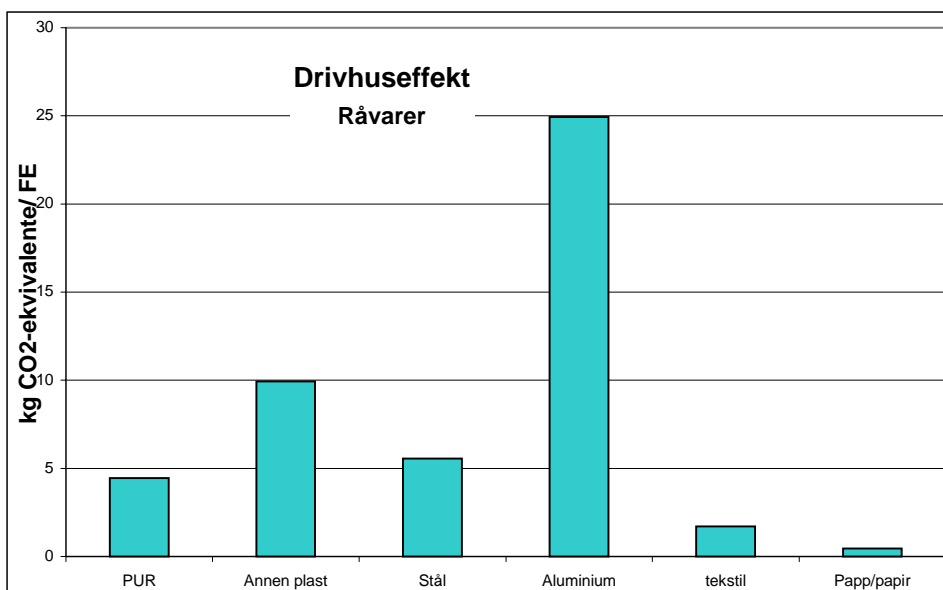
### Ytre miljøpåvirkninger fra livsløpet til Hågs kontorstol H05 5500

#### Drivhuseffekt

eller global klimaendring påvirkes i hovedsak av utslippene karbondioksid (CO<sub>2</sub>), metangass (CH<sub>4</sub>) og lystgass (N<sub>2</sub>O). Disse gassene gir større og mindre grad av bidrag til påvirkning på klimaendring. I figur 16 vises det totale bidraget til påvirkning på global klimaendring for stolen, men også oppsplittet på de ulike fasene i livsløpet. For å synliggjøre bidraget fra produksjon av PUR er bidraget som er knyttet til produksjon av råvare splittet opp på de respektive råvarene. Denne oppsplittingen er vist i figur 17 og viser at PUR bidrar med i underkant av 10% påvirkningen. Det gjenspeiler noenlunde masseandelen av PUR i stolen. Stålet derimot har liten påvirkning i forhold til masseandel. Dette skyldes en stor grad av resirkulert stål i stolen.



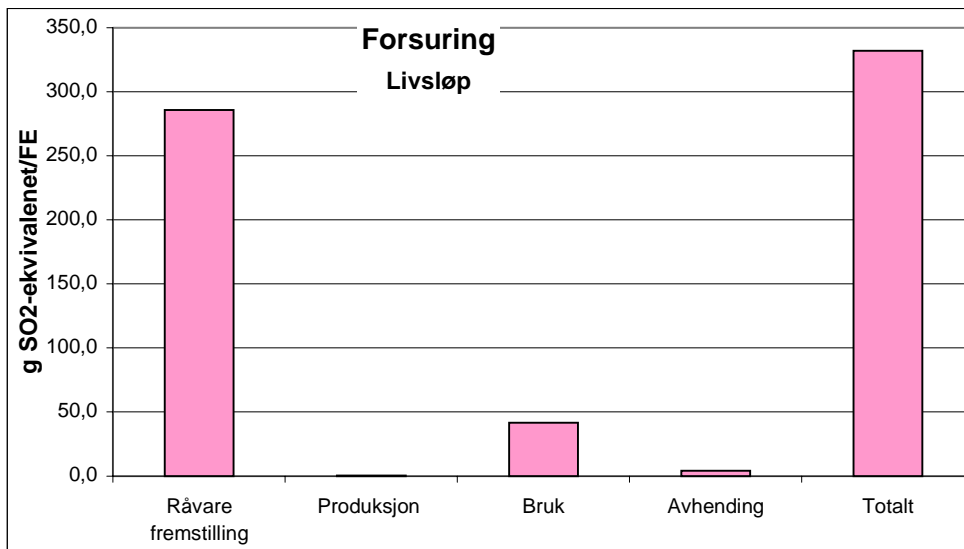
Figur 16: Potensielt bidrag til drivhuseffekt fordelt på livsløpet.



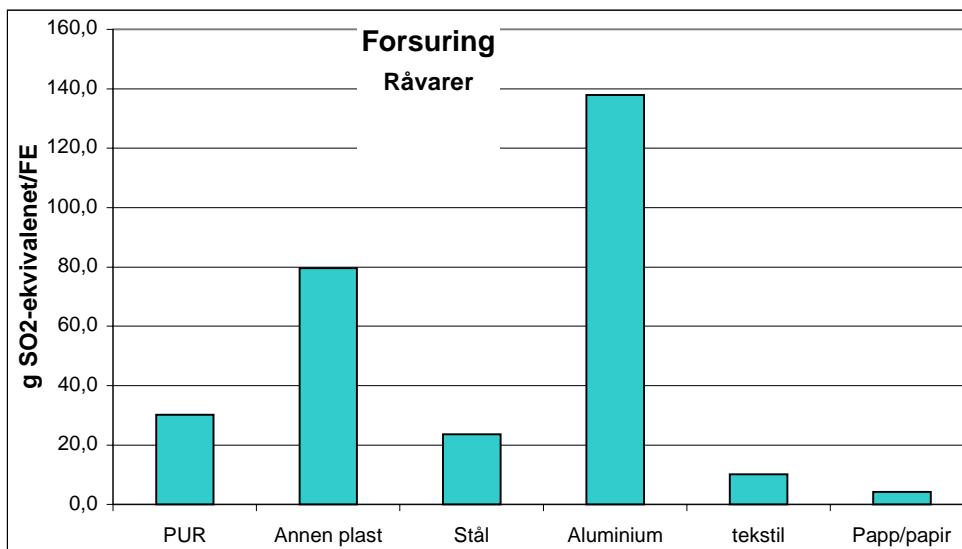
Figur 17: Potensielt bidrag til drivhuseffekt fordelt på produksjon av de ulike råvarene.

## Forsuring

Det er i hovedsak svovel og nitrogenforbindelser som gir et potensielt bidrag til forsuring av vassdragene. I figur 18 vises det totale bidraget til forsuring som er beregnet for stolen, men også oppsplittet på de ulike fasene i livsløpet. For å synliggjøre bidraget fra produksjon av PUR er bidraget som er knyttet til produksjon av råvare splittet opp på de respektive råvarene. Også denne oppsplittingen er vist i figur 19 og viser at PUR bidrar med i underkant av 10% påvirkningen. Det gjenspeiler noenlunde masseandelen av PUR i stolen. Stålet har fortsatt liten påvirkning i forhold til masseandel med bakgrunn i en stor andel av resirkulert stål.



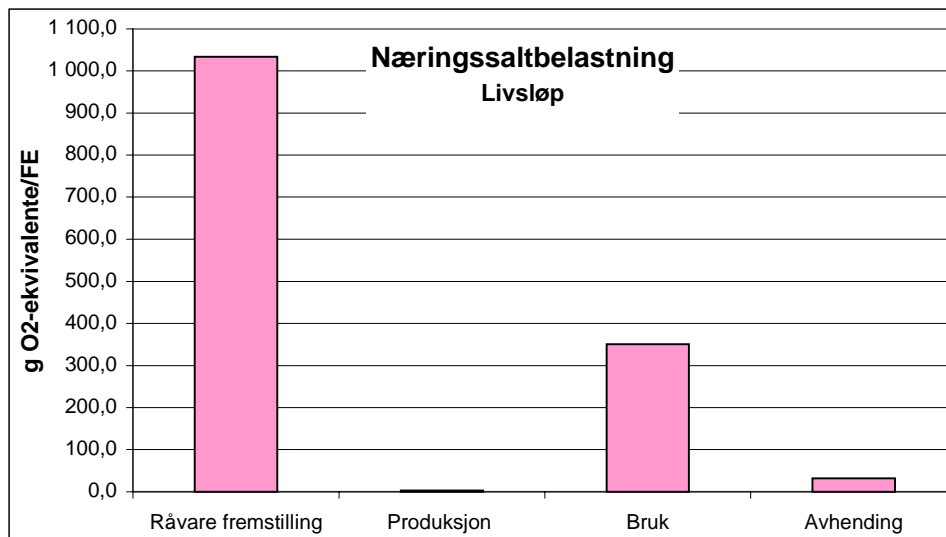
Figur 18: Forsuring fordelt på fasene i livsløpet



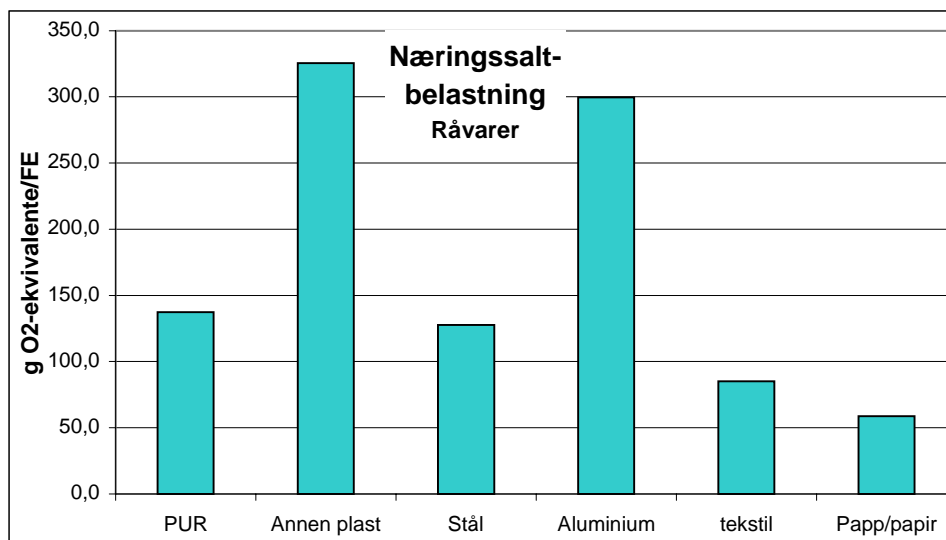
Figur 19: Forsuring fordelt på produksjon av de ulike råvarene

## Nærings saltbelastning

Det er i hovedsak organiske forbindelser og nitrogenforbindelser som gir et potensielt bidrag til nærings saltbelastning av vassdragene. I figur 20 vises det totale bidraget som er beregnet for stolen, men også oppsplittet på de ulike fasene i livsløpet. For å synliggjøre bidraget fra produksjon av PUR er bidraget som er knyttet til produksjon av råvare splittet opp på de respektive råvarene. Også denne oppsplittingen er vist i figur 21 og viser at PUR bidrar med i overkant av 10% av påvirkningen, på tross av at bare 7% av massen i stolen er PUR. Det er altså et høyere utslipp av stoffer som kan opptre som nærings salter pr kg produsert PUR enn ved produksjon av andre råvarer. Stålets relativt lave totalbidrag skyldes igjen den høye andelen av resirkulert stål som er benyttet i produktet.



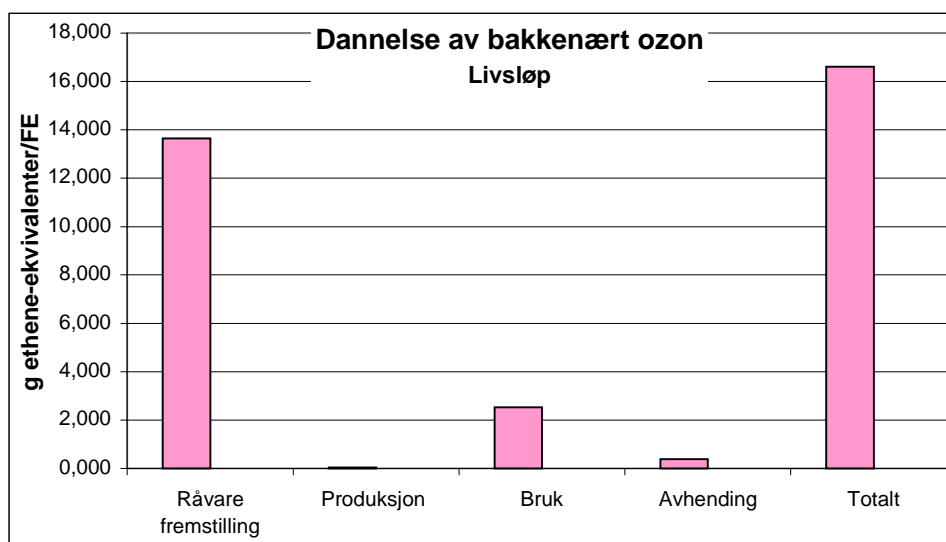
Figur 20: Bidrag til forsurening fordelt på fasene i livsløpet



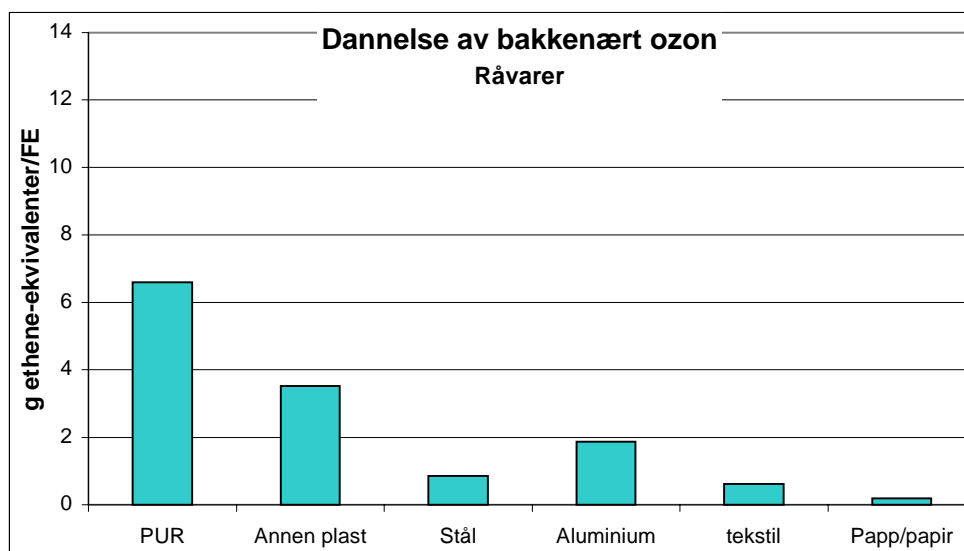
Figur 21: Bidrag til forsurening fordelt på de ulike råvarene som inngår i stolen.

## Dannelse av bakkenært ozon

Det er i hovedsak flyktige organiske forbindelser (VOC) som kan bidra til dannelse av bakkenært ozon, også kalt dannelse fotooksidanter. I figur 22 vises det totale bidraget som er beregnet for stolen, men også oppsplittet på de ulike fasene i livsløpet. For å synliggjøre bidraget fra produksjon av PUR er bidraget som er knyttet til produksjon av råvare splittet opp på de respektive råvarene. Denne oppsplittingen viser et helt annet bilde enn de som vist for i de tidligere presenterte figurene. For dannelse av bakkenært ozon er det PUR som bidrar mest, både absolutt og i relative verdier. Dette skyldes store utslipp av løsemidler som oppstår i produksjonen av råvarene til polyuretanut.



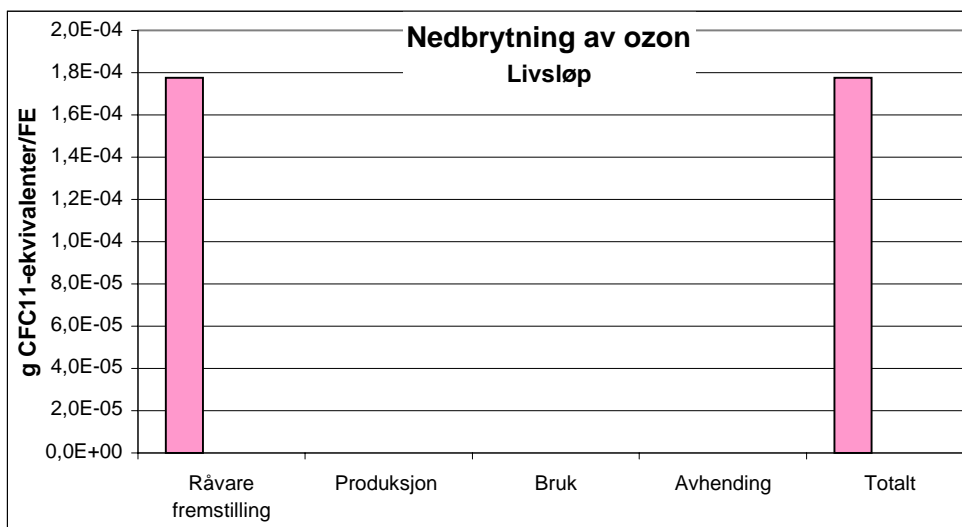
Figur 22: Dannelse av bakkenært ozon fordelt på fasene i livsløpet



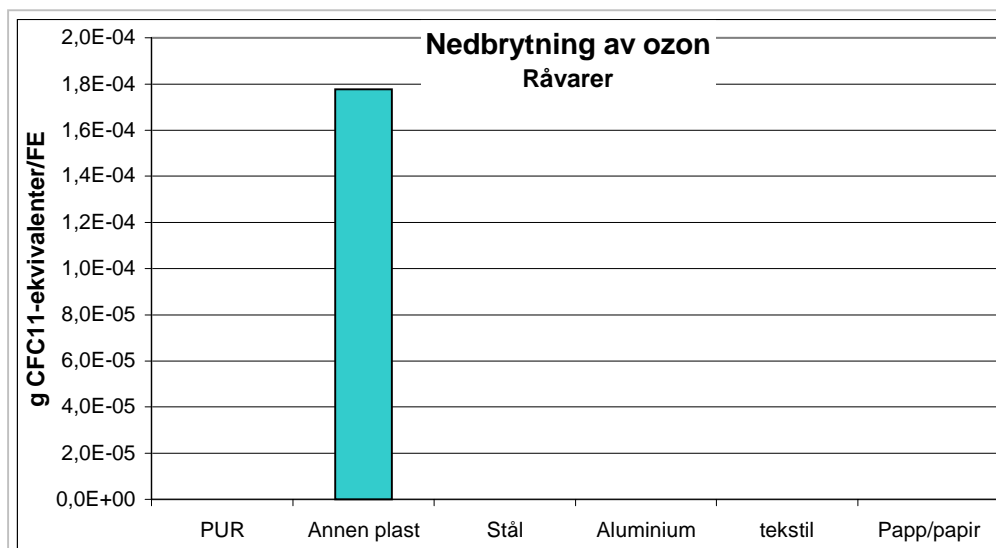
Figur 23: Dannelse av bakkenære ozon fordelt på produksjon av råvarer til stolen.

## Nedbryting av ozon

Langs bakken ønsker vi ikke ozon, men i stratosfæren vil vi ha den. Der virker gassen som et filter som reduserer mengden skadelig UV-stråling som når fram til jorda. Det er i hovedsak halogenerte hydrokarboner som kan bidra til bryte ned ozon. I figur 24 vises det totale bidraget som er beregnet for stolen, men også oppsplittet på de ulike fasene i livsløpet. For å synliggjøre bidraget fra produksjon av PUR er bidraget som er knyttet til produksjon av råvare splittet opp på de respektive råvarene. Også denne oppsplittingen har et annet bilde enn det som har fremkommet for de andre påvirkningskategoriene. For bidrag til nedbryting av ozonlaget er det bare produksjon av annen plast som bidrar. Det er ikke oppgitt utslipp av ozonnedbrytende gasser ved produksjon av noen av de andre materialene som inngår i stolen.



Figur 24: Bidrag til nedbryting av ozon fordelt på fasene i livsløpet

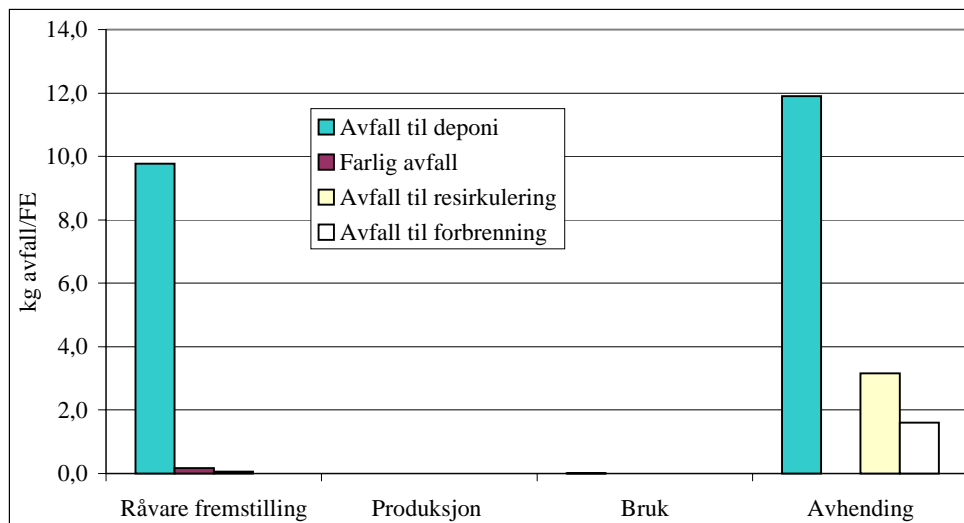


Figur 25: Bidrag til nedbryting av ozon fordelt produksjon av de ulike råvarene som inngår i stolen.

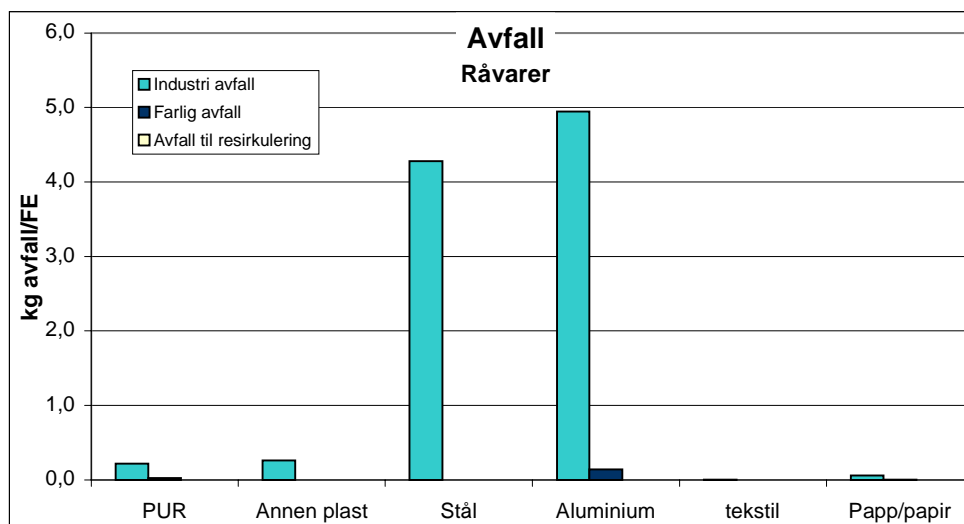
## Generering av avfall

I figur 26 vises det totale bidraget til generert avfall for stolen oppsplittet på de ulike fasene i livsløpet. En ser at her er det både produksjonen av råvare og avhending av produktet som er viktig. Igjen ønsker vi å synliggjøre PURets rolle og splitter bidraget som er knyttet til produksjon opp på de respektive råvarene. Her er det metallene som her bidrar sterkest. Stål er den største bidragsyter på tross av stor andel resirkulert materiale. .

PUR har et veldig lite bidrag. Det bidraget som skyldes PUR er knyttet til produksjon av råvarene. Hadde dette caset beskrevet bruk av blokkstøpt skum ville avfallsmengden knyttet til produksjon av PUR vært vesentlig større. Dette skyldes at blokkstøpt skum må skjæres i riktig fasong og mye svinn oppstår, i motsetning til når putene støpes direkte ut i form.



**Figur 26: Generert avfall fordelt på livsløpsfasene**



**Figur 27: Generert avfall ved produksjon av råvarene fordelt på de respektive råvarene.**



**Vedlegg 2:**  
**Eksempel på MVD fra Håg**

# Miljøvaredeklarasjon -Type III

## H05, kontorstol HÅG a.s.a, Norge

MVD  
Norge  
Etter ISO 14040-43 og TG 14025



MVD Sertifikat nr.:

*Godkjent av:*

*Gyldig til:*

**Produsert av:**

HÅG a.s.a, Norge

Kontaktperson: Kjersti Kviseth

Telefon: 22595900

E-mail: kk@hag.no

*Organisasjonsnummer:* NO928902749

*EMAS/ISO-14001 reg.Nr.:* NO-S-0000016

**Bakgrunns informasjon:**

*Deler av livsløp:* Hele livsløpet

*Årstall for studien:* 2001

*Datagrunnlag:* Generelle råvaredata 1993-1999. Data for sluttproduksjon 1999.

*Funksjonell enhet:* 1 kontorstol brukt og vedlikeholdt i en periode på 15 år

*Antatt levetid:* 15 år

*Produksjonssted;* HÅG a.s.a, 7460 Røros, Norge

*Antatt markedsområde:* Hele verden

### Leverandørers miljøstyringssystem

Håg har en policy om at alle leverandører skal ha et miljøstyringssystem. I 1999 er fordelingen som følger:

### Annen bedriftsspesifikk informasjon

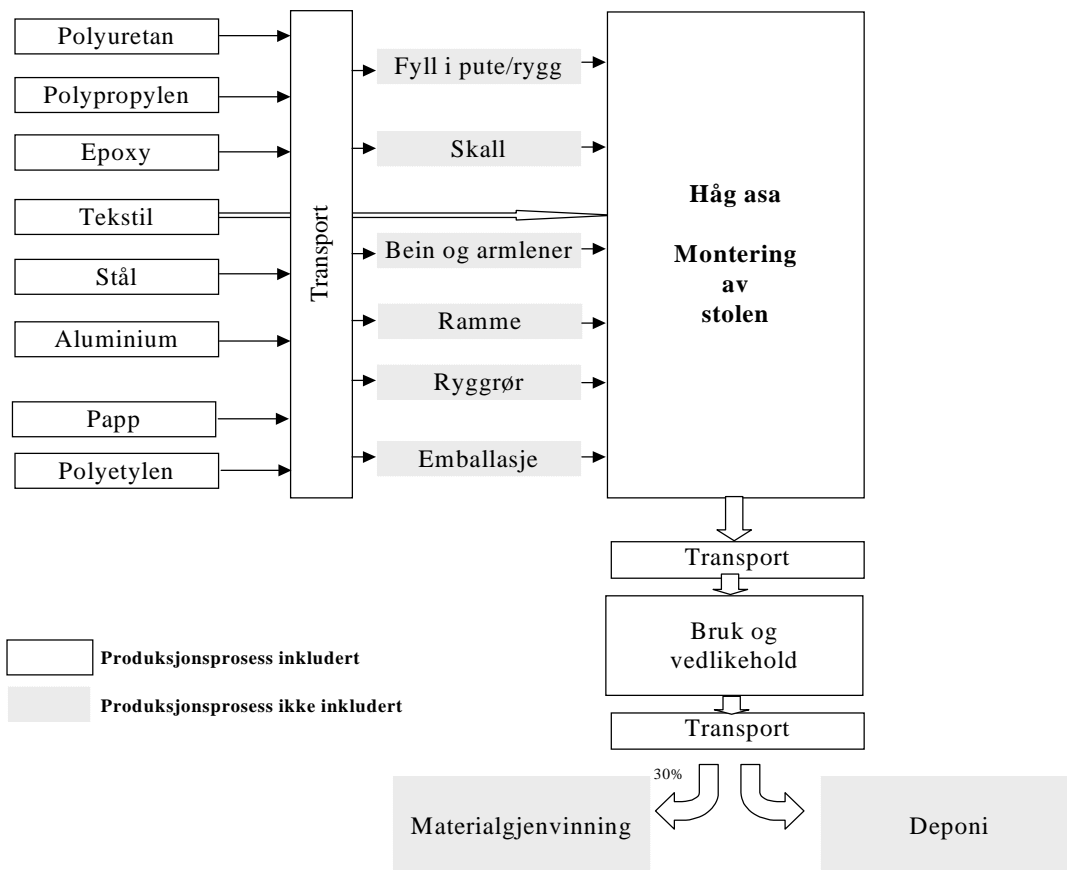
Tilbaketaknings system for stoler etter bruk er satt i gang. Her er det antatt at 30% blir oppsamlet gjennom ordningen.

# Tekniske opplysninger

## Funksjonell enhet:

1 kontorstol brukt og vedlikeholdt i en periode på 15 år.

## Systemgrenser:



**Cut-off kriterier:** Minimum 95 % av råvaren skal være inkludert.

**Allokering:** Følger vanlig Nimbus-metodikk.

# Tilleggsopplysninger livsløp

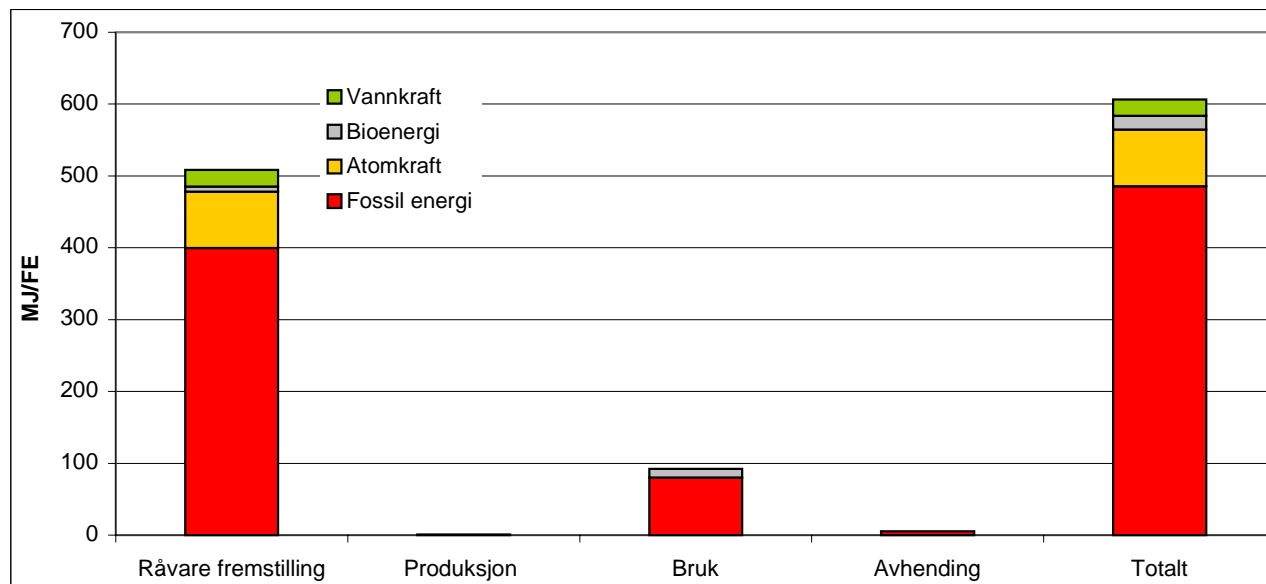
Det er antatt en levetid på 15 år med et vedlikehold som består av støvsugning hver mnd., 20 sek. pr stol, rens hvert 2.år og bytting av trekkene 2 ganger i løpet av levetiden.

## Bruk av ressurser

Material ressurser	Råvarefremstilling	Produksjon	Bruk	Avhending	Totalt	Enhet
<b>Nye, fornybare ressurser</b>						
Vann (r) [g]	254		790		1044	kg/stol
Tre (r) [g]	361		949		1310	g/stol
<b>Resirkulerte, fornybare ressurser</b>						
<b>Nye, ikke-fornybare ressurser</b>						
Bauxite (r) [g]	11300				11300	g/stol
Jernmalm (r) [g]	7980				7980	g/stol
Kalkstein (r) [g]	3120				3120	g/stol
<b>Resirkulerte, ikke-fornybare ressurser</b>						
Aluminiumskrap (r) [g]	1560				1560	g/stol
Skrapjern (r) [g]						
<b>Areal bruk</b>						
Areal bruk er ikke inkludert						

## Energiforbruk

Total energiforbruk (MJ/FE)

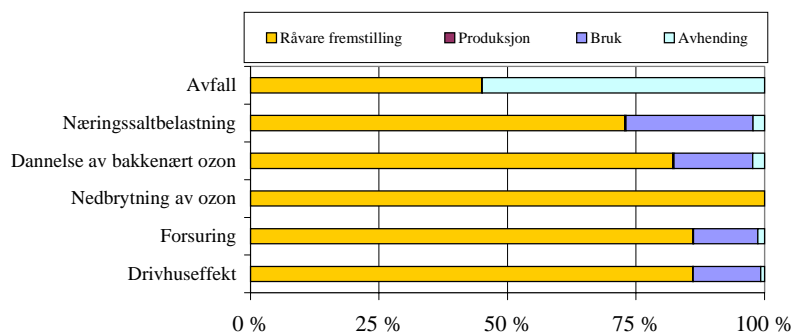


Totalt energiforbruk av energibærere (MJ/stol)

MJ/FE	Fossil				Atomkraft	Fornybar		Andre	Kommentar
	Gass	Kull	olje	Torv	Atomkraft	Vannkraft	Biobrensel	Primerenergi uspesifisert	
Råvare fremstilling	171	78	151	0,1	79	23	7		
Produksjon	0,02		1						
Bruk	2	25	53				12		
Avhending	0,1		5					-36	
Totalt	173	102	211	0,1	79	23	19	-36	

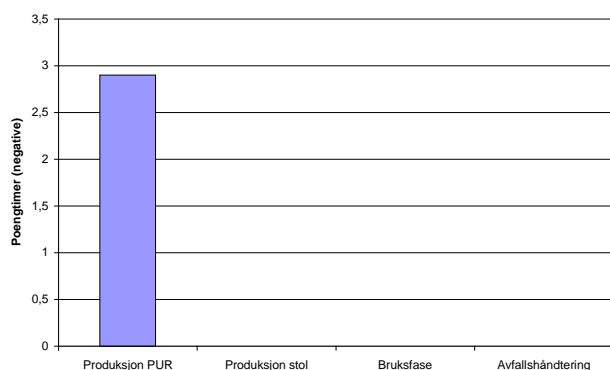
## Utslipp og miljøpåvirkninger

	Total
Avfall (kg)	21,7
Nærings saltbelastning (g O2-ekv)	1419
Dannelse av ozon (g ethene-ekv)	17
Nedbrytning av ozon (g CFC-11-ekv)	0,0002
Forsuring (g SO2-ekv)	332
Drivhuseffekt (kg CO2-ekv)	54



Utslipp og avfall	Råvare fremstilling	Produksjon	Bruk	Avhending	Totalt	Enhet	Kommentar
<b>Til luft</b>							
CO2	38	0,04	7	0,4	45	kg/stol	
CO2 (waste)							
CH4	80	0,01	8	0,1	88	g/stol	
N2O	1	<0,001	0,9	0,01	2	g/stol	
SO2	132	0,04	11	0,5	144	g/stol	
NOx	149	1	43	5	198	g/stol	
NH3	0,6		<0,001	<0,001	1	g/stol	
HC	19	0,1	6	0,7	26	g/stol	
CO	0				<0,001	g/stol	
Particulates	19	0,05	4	0,3	24	g/stol	
<b>Til vann</b>							
NH3 (aq)	0,004		<0,001		0,004	g/stol	
KOF	77		91	0,002	169	g/stol	
<b>Produksjonsavfall</b>							
Avfall til deponi	10			12	22	g/stol	
Farlig avfall	0,17				0,2	g/stol	
Avfall til resirkulering	0,06			3,2	3,2	g/stol	
Avfall til forbrenning				1,60	1,60	g/stol	

## Påvirkning på arbeidsmiljø



Poengtimer er basert på beregninger etter WEST-metoden og følgende bransjetall for formstøping av PUR.

	Antall personer	Eksposering TDI (sum)	Adm. norm	% av norm
Sprøyter	1	3,6 µg/m <sup>3</sup>	35 µg/m <sup>3</sup>	10,3
Operatør	1	2,2 µg/m <sup>3</sup>	35 µg/m <sup>3</sup>	6,3
Randsone	6	3,2 µg/m <sup>3</sup>	35 µg/m <sup>3</sup>	9,1

Bare isocyanat er vurdert med hensyn til arbeidsmiljø.

Figur 12: Kjemisk helserisiko i arbeidsmiljøet per funksjonell enhet (en stol av type H05 fra Håg)

## Behandling av avfall fra sluttprodukt

Det er for denne deklarasjonen antatt at 30 % av stolene innhentes via Håg's returordning

## Referanser

APME, *Eco-profiles of Plastics and related intermediates*, 1999.

**Bengtsson, G. og R. Berglund (1997):** WEST: En metod at mäta arbetsmiljö. Institutet för Verkstadsteknisk Forskning, Mölndal. IVF-skrift 97836

**Vedlegg 4:  
Spørreskjema brukt i avfallsundersøkelsen hos PUR-bedriftene**

---

**Spørreskjema**

**Sikker produksjon og bruk av polyuretan.**

Dette spørreskjemaet sendes ut til alle deltagende bedrifter i ovennevnte prosjekt, både innen stivt og mykt PUR. Hensikten er å starte en prosess hvor målet er å identifisere alle mulige situasjoner som kan tenkes å utgjøre en miljørisiko (stor eller liten), spesielt i forhold til arbeidsmiljø, nedstrøms fra deres egen produksjon. Etter å ha identifisert disse mulige situasjonene, kan vi gjøre vurderinger av sannsynlig risiko, og hvordan risikoen best mulig kan minimeres.

Svarene vil bli behandlet konfidensielt!

---

---

1. Det kan være aktuelt å fokusere mest på de største produktstrømmene. Vi vil derfor be dere om å spesifisere i tabellen nedenfor hvilke produktgrupper dere produserer mest av (som dekker opptil for eksempel 70-80% av total tonnasje av PUR). Grunnen til at vi spør om kundene, er at det kan være aktuelt å følge verdikjeden nedstrøms ved nærmere kontakt med kundene.

Produkt	Ca. tonn produsert/år	Viktigste kunder	Bearbeiding nedstrøms <sup>1)</sup> ? (Ja/nei/vet ikke)	Kommentar

<sup>1)</sup> Nedstrøms fram til produktets bruksfase

2. Kan det for minst et av de produktene dere produserer (uansett mengde) være mulig at de blir bearbeidet eller håndtert på en måte som kan medføre oppvarming, og derved risiko for termisk dekomponering?

(Spørsmålet gjelder alle ledd i verdikjeden fram til bruksfasen)

Ja                       Bør undersøkes nærmere                       Nei, helt sikkert ikke

3. Dersom svaret ovenfor var ”Ja” eller ”Bør undersøkes nærmere”, spesifiser hvilke produkter og kunder dette gjelder, slik at dette kan følges opp nærmere:

Produkt	Ca. tonn prod./år	Kunde	Type bearbeiding (hvis kjent)	Kommentar

4. Avfallshåndtering er et eget tema i prosjektet. Som en del av dette vil vi gjerne også vite hva dere gjør med eget produksjonsavfall (relatert til PUR):

	Ca. tonn/år	Beskrivelse / kommentarer
Sendes til deponi		
Sendes til energigjenvinning		
Materialgjenvinnes		
Vet ikke		



**5. Dersom dere har ytterligere opplysninger eller kommentarer som dere mener er relevant for prosjektet, vennligst gi disse nedenfor:**

---

---

---

---

---