

ARBEIDSMEDISINSK AVDELING  
Regionsykehuset i Trondheim

Rapport nr. 04/95

EKSPONERING FOR  
TOLUENDIISOCYANAT (TDI)  
OG  
TERTIÆRE AMINER  
VED BLOKKSTØPING AV SKUMPLAST

Trondheim, oktober 1995

ISSN 0805-5688

Olve Rømyhr  
Hans Thore Smedbold

## INNHOOLD

1.	Forord .....	1
2.	Skumplastindustrien i Norge .....	2
3.	Helseeffekter .....	3
3.1	Toluendiisocyanat (TDI) .....	3
3.2	Tertiære aminer .....	3
4.	Eksposering i skumplastindustrien .....	5
4.1	Toluendiisocyanat (TDI) .....	5
4.2	Tertiære aminer .....	5
5.	Målinger ved en skumplastfabrikk, 1995 .....	6
5.1	Bakgrunn .....	6
5.2	Arbeidslokaler og prosess .....	6
5.3	Prøvetakning og analyse .....	8
5.4	Resultater .....	9
5.5	Vurdering av resultatene .....	14
5.6	Oppsummering .....	15
6.	Forebyggende tiltak .....	16
7.	Referanser .....	17

## 1. FORORD

I rapporten er det lagt hovedvekt på å presenterer resultatene fra en serie målinger av Toluendiisocyanat (TDI) og tertiære aminer gjennomført ved en skumplastfabrikk i Norge.

Marianne Dalene og Gunnar Skarping fra Universitet i Lund har bidratt med målinger av TDI med MDA Scientific Isologger. Hans Thore Smedbold og Olve Rømyhr fra Arbeidsmedisinsk avdeling, Regionsykehuset i Trondheim har forestått prøvetakning av TDI og aminer med våtkjemiske metoder. Olve Rømyhr har vært faglig ansvarlig for opplegg og gjennomføring av undersøkelsen.

Det er videre gjort et forsøk på å presentere noe generell informasjon om eksponering for disse stoffene, og om registrerte helseeffekter i skumplastindustrien generelt, og i Norge spesielt.

## 2. SKUMPLASTINDUSTRIEN I NORGE

Skumplastindustrien i Norge utgjøres i hovedsak av 4 fabrikker som bl.a produserer fleksibelt polyuretanskum ved blokkstøping. Ved hver av disse er 5-10 arbeidstakere direkte involvert i støpeprosessen. I tillegg til disse produsentene kommer en rekke mindre produksjonsenheter for fleksibelt og hardt skum.

Utforming av produksjonslokaler og produksjonsutstyr varierer mye, noe som har stor betydning for i hvor stor grad arbeidstakerne eksponeres for helsefarlige kjemikalier.

Prosessen for produksjon av fleksibelt polyuretanskum er basert på polymerisering av to ingredienser; en isocyanat med to eller flere reaktive grupper og et makromolekyl (polyol) med to eller flere hydroksygrupper. I tillegg inngår en rekke andre kjemiske stoffer som katalysatorer, blåsemidler, fyllere, overflateaktive stoffer, brannhemmere osv. Disse tilsettes i varierende grad for å gi produktet den ønskede kvalitet.

Selv om eksponering for isocyanater anses som den klart største helserisiko ved prosessen, kan flere av tilsatsstoffene også betraktes som helsefarlige.

Ved blokkstøping av fleksibelt skum benyttes i hovedsak de to tertiære aminene trietylendiamin og bis(2-dimetylaminoetyl) eter som katalysatorer i prosessen. Disse stoffene tilsettes i små mengder (størrelsesorden 0.1 del pr 100 deler polyol).

### 3. HELSEEFFEKTER

#### 3.1. Toluendiisocyanat (TDI)

Eksponering for TDI er kjent å kunne gi irritasjoner i både øyne, nese, hals, og i de øvre og nedre luftveier. Gjentatt hudkontakt er beskrevet å forårsake kontaktallergi, men dette er relativt uvanlig.

Den viktigste helserisiko i forbindelse med arbeid med isocyanater er knyttet til inhalering av damp eller aerosol.

I tillegg til irritasjoner i de øvre og nedre luftveier, er redusert lungekapasitet målt ved FEV1 og FVC, hyppig registrert hos arbeidstakere i skumplastindustrien. Den kanskje viktigste helseeffekt er likevel sensibilisering og astmatiske reaksjoner ved senere kontakt.

Diisocyanater er idag betraktet som en av hovedårsakene til yrkesastma. Forekomsten varierer avhengig av type isocyanat, bransje osv, men det er generelt akseptert at ca 5-20 % av TDI-eksponerte arbeidstakere utvikler yrkesastma.

Dosen og varigheten av eksponering for å indusere astma er ikke kjent, men det antas at kortvarige høye eksponeringer har stor betydning for sensibilisering. Hos sensibiliserte vil svært lave konsentrasjoner av TDI (langt under administrativ norm), være tilstrekkelig for å utløse astmatiske reaksjoner.

Ved kontakt mellom TDI og vann dannes toluendiamin (TDA), som er et aromatisk amin. Både TDI og TDA har i dyreforsøk vist å føre til kreft. På denne bakgrunn er disse stoffene som sådanne klassifisert som kreftfremkallende av den norske faggruppen for identifisering og klassifisering av kreftfremkallende stoffer (FIKKS). Det har hittil ikke vært mulig å påvise økt hyppighet av kreft hos arbeidstakere i skumplastindustrien (10).

Beskrivelsene ovenfor av helseeffekter ved TDI-eksponeringen i skumplastindustrien og utfyllende informasjon, finnes i kriteriedokumenter og oversiktsartikler (11,12,14).

Administrativ norm (ADN)

Administrativ norm i Norge (og de fleste andre land) for 2,4 Toluendiisocyanat og 2,6 Toluendiisocyanat er fastsatt til 5 ppb (parts pr billion) = (0.035 mg/m<sup>3</sup>) (8).

TDI er flyktig ved romtemperatur og luktegrensen ligger i området 0,05-0,1 ppm (parts per million), altså langt høyere enn nåværende administrative norm.

#### 3.2 Tertiære aminer

Det finnes sparsomt med opplysninger om den helsemessige betydning av eksponering for de to tertiære aminene trietylediamin og bis(2-dimetyl aminoetyl)eter. En oppsummering

av kjente helseeffekter knyttet til eksponering for tertiære aminkatalysatorer er imidlertid publisert (9).

For flere av de tertiære aminene er det beskrevet irritative effekter på hud og luftveier. Amindamp virker videre irriterende på øyeslimhinne og hornhinne, og er beskrevet å kunne gi seg utslag i form av blått eller grått tåkesyn samt dannelse av "halos" (lysringer). Slike synsforstyrrelser opptrer gjerne noen timer etter eksponering, og går spontant tilbake neste dag. Eksponering er også beskrevet å kunne gi generelle og forbigående symptomer som hodepine og kvalme og tretthet. Det har også vært hevdet at aminer kan være en mulig årsaksfaktor til bronkial hyperreaktivitet hos arbeidstakere i polyuretanindustrien (6).

#### Administrative norm (ADN)

Det er i Norge ikke fastsatt administrative normer for trietylendiamin og bis(2-dimetylaminoetyl)eter. Slike normer er heller ikke kjent fra andre land.

Aminene tilhører gruppen organiske alifatiske aminer. For noen av disse er det imidlertid etablert administrative normer F.eks etylamin (10 ppm), dietylamin (10 ppm), trietylamin (10 ppm), etylendiamin (10 ppm), dietylenetriamin (1 ppm) og det tertiære aminet N-etylmorpholin (5 ppm) (8).

## 4. EKSPONERING I SKUMPLASTINDUSTRIEN

### 4.1 Toluendiisocyanat (TDI)

For målinger av TDI i arbeidsatmosfære har det vært benyttet en rekke ulike prøvetaknings- og analysemetoder. Blant de direktevisende metodene finnes bl.a indikatorrør (Dräger) og papirtape-instrumenter (MDA, GMD) og ione-mobilitets-spektrometer (Greaseby). For separat prøveoppsamling og analyse finnes bl.a. metoder med oppsamling i impinger eller på filter og etterfølgende kromatografisk eller spektrofotometrisk analyse.

Metodene varierer betydelig i følsomhet, nøyaktighet, pålitelighet og anvendbarhet. Flere kritiske gjennomganger av de ulike metodene er publisert (1,2).

Internasjonalt er det publisert en rekke målinger av TDI-nivåer i skumplastindustrien (13,14). Også fra den norske industrien finnes det en rekke (ikke publiserte) målinger.

Eksponeeringsmålingene viser at nåværende administrative norm for TDI (5 ppb) ofte overskrides for arbeidstakere som er direkte involvert i støpeprosessen.

### 4.2 Tertiære aminer

For målinger av tertiære aminer i arbeidsatmosfære har det bl.a. vært benyttet metoder basert på oppsamling på faste adsorbenter (silikagel, Chromosorb, Tenax, XAD-7) og i sure løsninger ved hjelp av impingerflasker. Analysene har vesentlig vært utført med gasskromatografi eller masse-spektrometri (3).

Det finnes publisert svært få målinger av de to tertiære aminene, trietylendiamin og bis(2-dimetylaminoetyl)eter fra skumplastindustrien (6,7).

I norsk skumplastindustri er det tidligere ikke utført målinger av tertiære aminer.

## 5. MÅLINGER VED EN SKUMPLASTFABRIKK, 1995

### 5.1 Bakgrunn.

Arbeidsmedisinsk avdeling gjennomførte i samarbeid med Marianne Dalene og Gunnar Skarping fra Universitetet i Lund prøvetakning og målinger av forurensninger i arbeidsatmosfæren ved en skumplastfabrikk dagene 24 og 25.1.95.

Målingene ble gjennomført etter ønske fra bedriften, og skulle bidra til en kartlegging av arbeidstakeres eksponering for isocyanater og eventuelle behov for forebyggende tiltak. Prøvetakningsopplegget ble fastsatt i nært samarbeid med representanter fra bedriften og deres bedriftshelsetjeneste.

Arbeidsmedisinsk avdeling hadde en selvstendig faglig interesse i å forsøke å detektere de tertiære aminer som inngår i skumstøpeprosessen. Undersøkelsen omfatter derfor også prøvetakning og analyse av aminer.

### 5.2 Arbeidslokaler og prosess.

Støpehallen er på ca 270 m<sup>2</sup> (ca 45 m lang og 6 m bred) med en takhøyde på ca 6 m. Blokkstøping av fleksibelt skum foregår etter "Maxfoam prosess". Polyol, TDI og additiver (bl.a. tertiære aminer) mikses og tilføres i ei renne. Fra renna flyter skummet over på en conveyor. Renne og conveyor er overbygd (støpetunnel). Et avtrekk midt i tunnelen skal bidra til en innadgående luftstrøm i tunnelen.

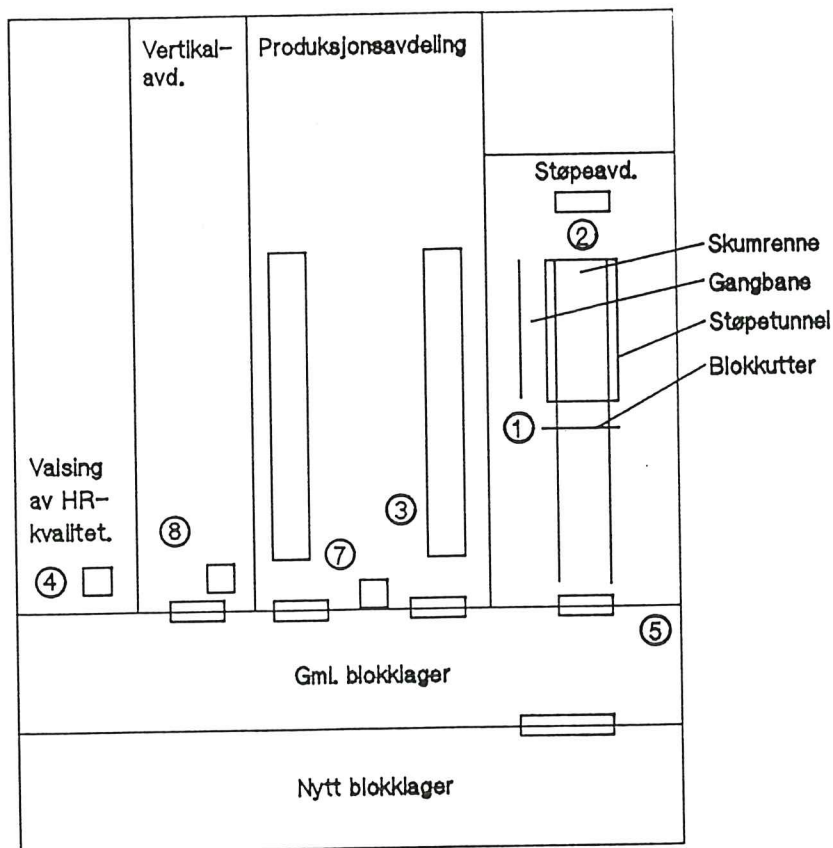
Utenfor tunnelen blir blokken kuttet i ca 10 meters lengder, før blokkene plasseres på et av to tilstøtende blokklagre til utharding. Kranene for blokkhåndtering er dels fjernbetjent (nytt blokklager) og dels manuelt betjent (gammelt blokklager). Interne prosedyrer tilsier at videre bearbeiding av blokkene ikke skal igangsettes før etter at blokkene er herdet i minimum 2 døgn.

Kutting, trimming og skjæring av blokker utføres i lokaler adskilt fra støpeavdelingen. Produkter av HR-kvalitet (high resiliency) må valsers for at lukkede celler som dannes i skummet ved støping, skal knuses. Det er ingen mekanisk ventilasjon i disse lokalene.

Blokklagrene har avtrekksventilasjon, som er i drift under støpeprosessen.

Det vises til skisse (figur 1) over arbeidslokalene hvor også måleposisjonene er markert.





Figur 1. Skisse av produksjonslokalene (måleposisjoner er markert).

Støpeprosessen ble påbegynt den 24.1.95 ca. kl.13.10 og avsluttet ca kl. 14.50. I støpeperioden ble det støpt i alt 420 meter blokk. Det ble ikke foretatt støping under målingene på formiddagen 24 og 25.1.95.

I prosessen inngikk bl.a. toluen diisocyanat (80 % 2,4 TDI og 20 % 2,6 TDI), og de tertiære aminene trietylendiamin og bis(2-dimetyl aminoetyl)eter løst i dipropylenglykol. Aminene ble tilsatt i små mengder (størrelsesorden 0.1 del pr 100 deler polyol).

I måleperioden var port mellom støpeavdeling og blokklager åpen. Øvrige porter mellom blokklager og tilstøtende lokaler var lukkede. Avtrekket i støpetunnellen var i drift hele støpeperioden.

I støpeperioden ble den relative fuktighet målt til 30 %.

### 5.3 Prøvetakning og analyse.

Ved målingene ble det benyttet to ulike metoder for bestemmelse av TDI.

Instrumentet MDA Scientific Isologger ble benyttet til kontinuerlig registrering. Konsentrasjonene bestemmes ved at luft dras gjennom en "filtertape" innsatt med et reagens som gir en fargeendring ved kontakt med TDI. Fargeendringshastigheten i eksponert og ueksponert papir sammenlignes ved hjelp av doble fotodetektorer, og gir dermed et uttrykk for konsentrasjonen av TDI. Instrumentet og metoden er lite utprøvd. Produsent oppgir en deteksjonsgrense for TDI på ca 0.5 ppb.

Det ble videre foretatt prøvetakning og analyse av TDI i henhold til Arbetarskyddstyrelsens metodserie, no.1023 (4). Luft dras ved hjelp av en pumpe (1 l/min) via en impingerflaske fylt med 10 ml av en løsning med 9-(N-methylamino-methyl)antracene (MAMA) løst i toluen. Reagenset vil sammen med TDI danne en ureaforbindelse, som kvantitativt bestemmes med High Pressure Liquid Chromatography (HPLC). Metoden har en oppgitt deteksjonsgrense på ca 0.1 ppb TDI (4).

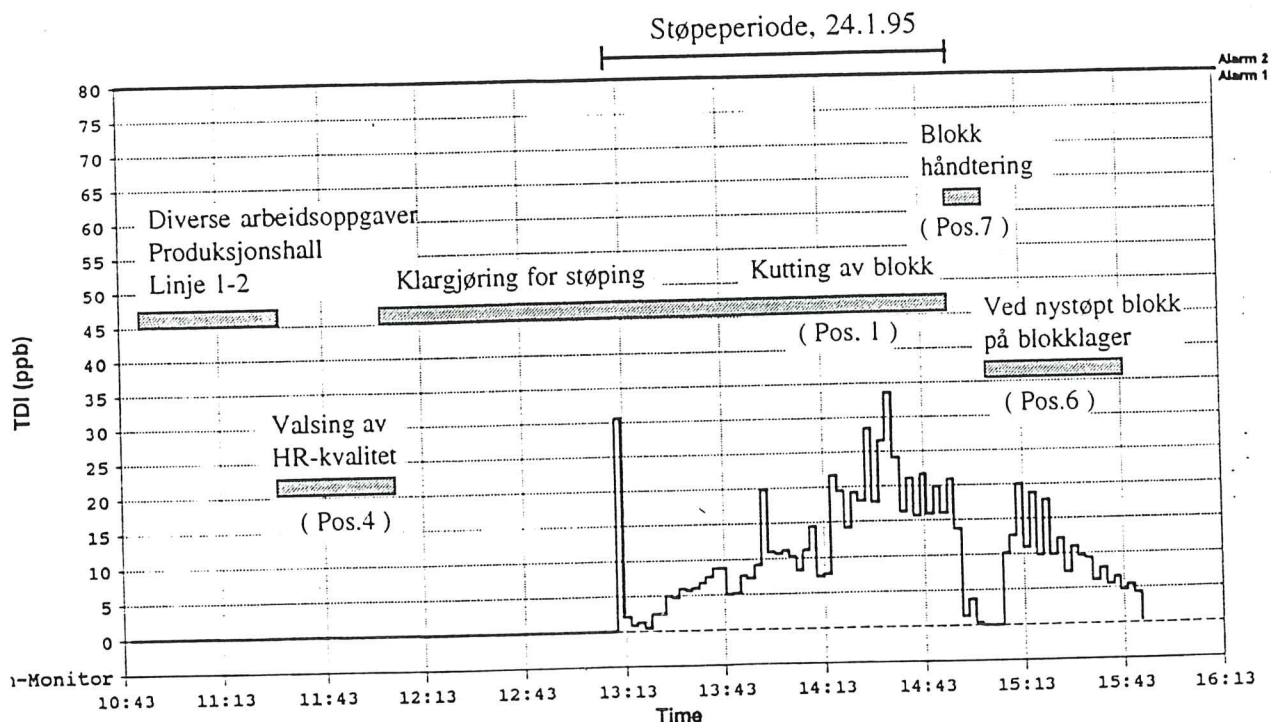
Bestemmelse av aminer ble foretatt med en våtkjemisk metode (5). Luft dras med pumpe (1 l/min) via en impingerflaske fylt med 10 ml 0,05 M  $H_2SO_4$ . Aminer i luften vil i kontakt med svovelsyren omdannes til stabile amin-salter, som kvantitativt bestemmes med gasskromatografi med N-selektiv detektor. Metoden har en oppgitt deteksjonsgrense på ca. 0,02 mg/m<sup>3</sup> (5).

Pumper av typene Ametek S2500 og SKC 224 ble benyttet ved prøvetakning med våtkjemiske metoder.

Alle analysene ble utført ved "Analyslaboratoriet AB" i Lund, Sverige.

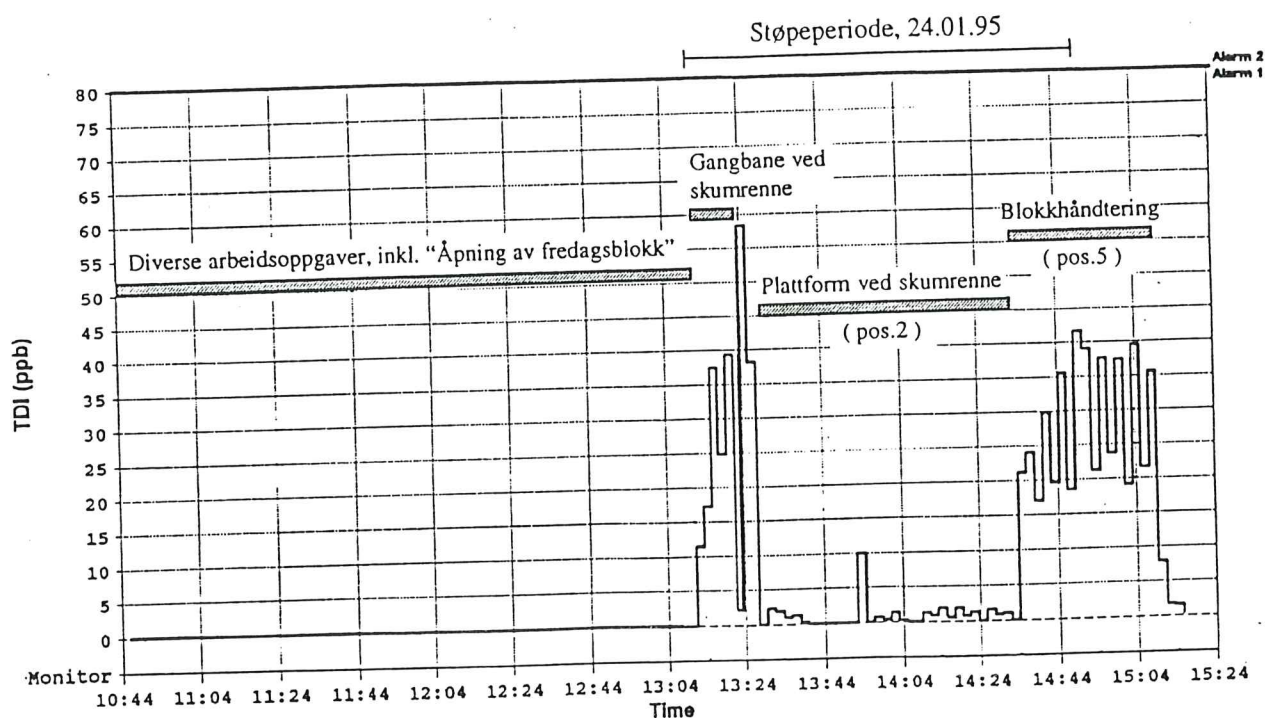
## 5.4 Resultater

Det ble utført kontinuerlige registreringer av TDI-nivåer med 2 stk MDA-Scientific Isologgere (figur 2 og 3).



Figur 2. TDI-nivå, kontinuerlige registreringer.

Instrumentet ble båret av ulike arbeidstakere under utførelsen av ordinære arbeidsoppgaver. Tidsrommet for de ulike arbeidsoppgaver, måleposisjoner og støpeperiode er angitt på figuren. Det kunne ikke registreres målbare konsentrasjoner av TDI ved valsing av HR-kvalitet (posisjon 4) og ved øvrige arbeidsoppgaver før støpeprosessen ble igangsatt. Gradvis økende konsentrasjoner av TDI (opptil 30-35 ppb) kunne registreres for arbeidstaker ved blokkkutter (posisjon 1) og lave konsentrasjoner for arbeidstaker ved fjernbetjening av blokker (posisjon 7). Med instrumentet stasjonært plassert nær nystøpt blokk på blokklager (posisjon 6), ble det registrert raskt fallende konsentrasjoner av TDI.



Figur 3. TDI-nivå, kontinuerlige registreringer

Instrumentet ble også her båret av ulike arbeidstakere under utførelsen av ordinære arbeidsoppgaver. Tidsrommet for de ulike arbeidsoppgaver, måleposisjoner og støpeperiode er angitt på figuren. Det kunne ikke registreres målbare nivåer av TDI under "åpning av fredagsblokk" (kutting og skjæring i blokk herdet i 3,5 døgn) (posisjon 3) eller ved øvrige arbeidsoppgaver før støpeprosess ble igangsatt. Svært høye konsentrasjoner (inntil 55-60 ppb) ble registrert for arbeidstaker under oppstart av støpeprosess (gangbane ved skumrenne - nær posisjon 2). Under senere arbeid på plattform ved skumrenne (posisjon 2) ble det registrert bare lave nivåer. For arbeidstaker som merker og manuelt håndterer nystøpte blokker (posisjon 5) ble det registrert jevnt høye nivåer (20-40 ppb).

### Våtkjemisk bestemmelse av TDI og aminer.

Det ble i alt utført 10 målinger av TDI (2 prøver ble knust under transport til analyselaboratoriet) og 9 målinger av tertiære aminer over perioder på 15-20 minutter.

Tabell 1. TDI- og aminkonsentrasjoner ved blokkutter under støping (måleposisjon 1)

TDI (mg/m <sup>3</sup> ) (2.4+2.6-TDI)	Trietylendiamin (mg/m <sup>3</sup> )	Bis(2-dimetylaminoetyl)- eter (mg/m <sup>3</sup> )
0.022 (13.15-13.31)	0.09 (13.15-13.30)	0.06 (13.15-13.30)
0.033 (13.57-14.13)	0.24 (13.49-14.05)	0.13 (13.49-14.05)
knust (14.13-14.28)	0.33 (14.09-14.26)	0.19 (14.09-14.26)

Tabell 1 viser resultatene fra målinger av TDI i 2 måleperioder (en av prøvene knust underveis til analyselaboratoriet), og tertiære aminer i 3 måleperioder (måleperiodene er angitt i parentes). Det ble registrert gradvis økende konsentrasjoner av både TDI og tertiære aminer i en periode etter at støpeprosessen ble påbegynt (kl 13.10). Prøvetakningen av TDI ble foretatt personbåret og i samme periode som de kontinuerlige registreringer vist i figur 2. Prøvetakningen av aminer ble foretatt stasjonært i området.

Tabell 2. TDI-konsentrasjoner ved øvrige måleposisjoner.

Måleposisjon	TDI (mg/m <sup>3</sup> ) (2.4+2.6 TDI)	TDI (mg/m <sup>3</sup> ) (2.4+2.6TDI)
Under støping 24.1.95 Gangbane ved skumrenne (posisjon 1, personbåret)	0.206 (13.11-13.20)	
Under støping 24.1.95 Plattform ved skumrenne (posisjon 1, personbåret)	0.008 (13.27-13.42)	knust (14.36-14.50)
Dagen etter støping 25.1.95 Produksjonslinje 1 og 2, (posisjon 3, personbåret)	0.001 (09.56-10.11)	0.002 (10.38-10.52)
Dagen etter støping 25.1.95 Vertikalavdeling (posisjon 8, personbåret)	0.005 (10.00-10.15)	0.003 (10.40-10.55)
Dagen etter støping 25.1.95 Blokklager (posisjon 6, stasjonært)	0.001 (09.54-10.10)	0.001 (10.37-10.52)

Tabell 2 viser TDI-konsentrasjoner ved 2 måleposisjoner under støpeprosessen den 24.1.95, og 3 måleposisjoner dagen etter hvor det ikke foregikk støping. Måleperiodene er angitt i parentes. Under støpeprosessen ble målingene utført parallellt med kontinuerlige registreringer med MDA Scientific Isologger (figur 3). Målingene viser svært høye TDI-konsentrasjoner ved ved oppstart av støpeprosess (gangbane ved skumrenne). En av prøvene ble knust underveis til analyselaboratoriet.

Tabell 3. Aminkonsentrasjoner ved valsing av HR-skum og ved nystøpt blokk på blokklager.

Måleposisjon	Trietylendiamin (mg/m <sup>3</sup> )	Bis(2-dimetyl- aminoetyl)eter (mg/m <sup>3</sup> )
Valsing av HR-skum (posisjon 4, personbåret)  -tilførselsside	< 0.02 (11.34-11.57)	< 0.02 (11.34-11.57)
Valsing av HR-skum (posisjon 4, personbåret)  -mottaksside	0.15 (11.34-11.57)	0.07 (11.34-11.57)
Ved nystøpt blokk på blokklager  (posisjon 6, stasjonært)	0.48 (14.02-14.17)	0.26 (14.02-14.17)
	0.72 (14.44-15.02)	0.50 (14.44-15.02)
	0.07 (15.29-15.45)	0.08 (15.29-15.45)
	0.70 (16.16-16.31)	0.60 (16.16-16.31)

Tabell 3 viser målte konsentrasjoner av tertiære aminer ved 2 måleposisjoner den 24.1.95 (måleperioder angitt i parentes). Ved valsing av skum av HR-kvalitet (cell crush) ble målinger utført både på tilførsels- og mottaksiden av valse. Stasjonært ved nystøpt blokk på blokklager ble det utført målinger i 4 måleperioder fordelt over ca 2,5 timer. Amin-konsentrasjonene synes å være relativt stabile over denne perioden.

## 5.5 Vurdering av resultatene

I arbeidsområdet for operatør av blokkutter (måleposisjon 1) under støpeprosessen viste målingene høye nivåer av TDI. Målingene med MDA Scientific Isologger viste gradvis økende nivåer opptil 25-30 ppb (5-6 ganger ADN) etter ca 1,5 times støping (figur 2). Den første av de to parallelle målingene av TDI med våtkjemisk metode (tabell 1), viste tilnærmet samsvar mellom de to metodene med hensyn på registrerte konsentrasjoner. Den andre prøven viste en økt, men betydelig lavere konsentrasjon enn registrert med Isologgeren. Årsaken til denne forskjellen er uklar. Undersøkelsene her gir utilstrekkelig grunnlag for å vurdere metodenes pålitelighet opp mot hverandre. Målingene av aminer i dette området viste en tilsvarende gradvis økende konsentrasjon i løpet av støpeprosessen. Aminmålingene ble tatt med pumper plassert stasjonært i området. Konsentrasjoner inntil  $0.33 \text{ mg/m}^3$  Trietylendiamin og inntil  $0.19 \text{ mg/m}^3$  Bis(2-dimetyl-aminoetyl)eter ble registrert.

Ved gangbane langs støpetunnell under oppstart av støpeprosessen viste Isologger svært høye konsentrasjoner av TDI (figur 3), med nivåer i området 35-40 ppb (7-8 ganger ADN). En enkeltstående 2-minutters-registrering på 60 ppb ble også observert. Parallelle målinger med våtkjemisk metode (tabell 2) viste tilsvarende høye TDI-konsentrasjoner på gangbane langs skumtunnell ( $0.206 \text{ mg/m}^3 = 29,5 \text{ ppb}$ ). De høye konsentrasjonene kan tilskrives at arbeidstakerne under oppstart av støpeprosessen utfører kontroll- og overvåkingsoppgaver som innebærer opphold svært nær åpen støpetunnel.

I området ved støpeplattform foran skumrenne (måleposisjon 2) viste målingene moderate konsentrasjoner av TDI. Isologgeren viste konsentrasjoner i området 2-3 ppb (ca halvparten av ADN) ved opphold på plattform (figur 3). En enkelt 2-minutters-registrering på 10 ppb kan trolig forklares med kortvarig opphold på gangbane langs skumtunnell (høye konsentrasjoner må forventes i og nær tunnelen). Parallelle målinger med våtkjemisk metode (tabell 2) viste tilsvarende moderate konsentrasjoner av TDI på plattform ( $0.008 \text{ mg/m}^3 = 1,5 \text{ ppb}$ ).

Ved merking og manuell blokkhåndtering i området mellom støpeavdeling og blokklager (måleposisjon 5) viste Isologger (figur 3) høye konsentrasjoner av TDI i området 20-40 ppb (4-8 ganger ADN). Det ble i dette området ikke gjort parallelle målinger av TDI med våtkjemisk metode eller målinger av aminer.

I området ved nystøpt blokk i blokklager (måleposisjon 6) viste Isologgeren (figur 2) gradvis fallende konsentrasjoner av TDI fra 15-20 ppb (3-4 ganger ADN) ved nylig avsluttet støpeprosess, til ca 5 ppb ca 1 time etter avsluttet støpeprosess. Målinger av aminer med våtkjemisk metode (tabell 3) viste nivåer av Trietylendiamin i området  $0.5-0.7 \text{ mg/m}^3$  og Bis(2-dimetyl-aminoetyl)eter i området  $0.2-0.6 \text{ mg/m}^3$ . Det synes med andre ord ikke å være en tilsvarende rask reduksjon i aminnivåene etter avsluttet støping som for TDI. Dette kan skyldes



at aminenes reaktivitet er vesentlig lavere enn for TDI. Kjernetemperaturen i blokka øker under utherdningen (ca 170-180°C etter 6-10 timer) noe som også vil kunne påvirke frigivelsen av aminer fra blokka. Målinger av TDI dagen etter med våtkjemisk metode (tabell 2), viste svært lave nivåer ( $0.001 \text{ mg/m}^3 = 0.1 \text{ ppb}$ ) i dette området.

Under valsing av HR-kvalitet (måleposisjon 4) ble det ikke registrert målbare verdier av TDI med Isologger (figur 2). Det ble også gjort 2 parallelle målinger av aminer med våtkjemisk metode (tabell 3) ved denne prosessen. En av prøvene (mottakssiden av valsen) viste nivåer på  $0.15 \text{ mg/m}^3$  Trietylendiamin og  $0.07 \text{ mg/m}^3$  Bis(2-dimetylaminoetyl)eter. Den andre prøven (tatt på tilførselssiden av valsen) viste bare spor av aminer. Aminkonsentrasjonene synes mao å være høyest på mottaksiden av valsen.

I arbeidsområdet for operatør for fjernhåndtering av blokker (måleposisjon 7) ble det med Isologger registrert svært lave TDI-konsentrasjoner (figur 2). En 2-minuttersregistrering på ca 4 ppb skyldes trolig kortvarig opphold i blokklager.

Det kunne med Isologger (figur 3) ikke registreres målbare konsentrasjoner av TDI ved "åpning av fredagsblokk" (måleposisjon 3) dvs kutting og skjæring i blokk 3,5 døgn etter støping.

Målinger av TDI med våtkjemisk metode (tabell 2) dagen etter støping under ordinære arbeidsoppgaver ved produksjonslinje 1 og 2 og i vertikalavdeling (fig 1) viste svært lave konsentrasjoner ( $<0.005 \text{ ppb} = 0,7 \text{ mg/m}^3$ ) av TDI.

### 5.6. Oppsummering

Arbeidstakere som er direkte involvert i støpeprosessen vil ha størst risiko for helseskader knyttet til eksponering for TDI og aminer. Målingene viser at de arbeidstakerne som ved oppstart av støpeprosessen har arbeidsoppgaver på gangbane langs støpetunnellen, de som opererer blokkutter og de som har opphold i blokklageret i forbindelse med merking av blokker og manuell blokkhåndtering osv å være mest utsatt.

De registrerte konsentrasjonene av tertiære aminer må kunne anses som lave sett i forhold til administrative normer for alifatiske aminer (8). Lave amin-konsentrasjoner kunne også forventes ut fra at disse aminene har et høyt kokepunkt (trietylendiamin,  $174^\circ\text{C}$ ). De målte konsentrasjonene er i samme størrelsesorden som målt tidligere (6,7).

## 6 FOREBYGGENDE TILTAK

Forebyggelse av helseskader vil generelt kreve at det gjennomføres relevante forebyggende tiltak, og dernest at både arbeidsmiljø og arbeidstakernes helse regelmessig overvåkes. I denne sammenheng nevnes bare noen få forhold som anses spesielt relevante i forbindelse med forebyggelse av helseskader knyttet til eksponering for TDI og tertiære aminer i skumplastindustrien.

Kortvarige og høye eksponeringer for TDI antas å ha stor betydning for sensibilisering. Forebyggende tiltak bør derfor i tillegg til å redusere arbeidstakernes generelle eksponering, spesielt ta sikte på å redusere risikoen for kortvarige høye eksponeringer for TDI som følge av søl, spill o.l.

Bruk av åndedrettsvern vil med dagens teknologi ofte være påkrevd for arbeidstakere som er direkte involvert i støpeprosessen og ved håndtering av nystøpte blokker. Frisklufttilført åndedrettsvern vil forutsatt tilfredstillende overvåking og kontroll av tilført luftkvalitet, gi operatørene tilfredsstillende beskyttelse. Det er imidlertid knyttet en viss usikkerhet til effekten av bruk av filterende **åndedrettsvern med kullfilter** som beskyttelse overfor TDI. Dette skyldes vesentlig at det ikke finnes noen god varslings eller indikasjon på gjennomslag i filteret. (Luktegrensa for TDI er vesentlig høyere enn ADN). Det anbefales på denne bakgrunn at filterende åndedrettsvern kun benyttes i områder hvor frisklufttilført åndedrettsvern vanskelig kan benyttes, og da med rutiner for hyppig filterbytte.

En helseovervåking av arbeidstakere bør dels ha som formål å (om nødvendig) utelukke arbeidstakere som er særlig utsatt for helseskader (konstaterte lungelidelser, hud- og luftveisallergi overfor isocyanater etc) fra arbeid med eksponering for TDI/amin, og dels å oppdage mulige helseeffekter på et tidligst mulig tidspunkt. Health and Safety Executive i England har laget retningslinjer for dette (15).

Overvåking av arbeidstakeres eksponeringer gjennom analyser av metabolitter av TDI og/eller aminer i blod eller urin er mulig (16). Slike målinger gir ideelt sett, et bedre uttrykk for det personlige opptak av disse stoffene enn luftprøver. Det er imidlertid ennå knyttet vesentlige usikkerheter til slike biologiske målinger. Det finnes f.eks i svært liten grad referanseverdier eller grenseverdier for de aktuelle stoffene i skumplastindustrien.

## 7. REFERANSER

1. Purnell CJ, Walker WF. Methods for the determination of atmospheric organic isocyanates - a review. *Analyst*, 1985; 110: 893-905
2. Levine SP, Hillig KJD, Dharmarajan V, Spence MW, Baker MD, Critical review of methods of sampling, analyses, and monitoring for TDI and MDI. *Am Ind Hyg Assoc J* 1995; 56: 581-9
3. Andersson B, Andersson K. Determination of tertiary amines i air. *Appl Ind Hyg* 1989; 4: 175-9
4. Bestämning av isocyanater i luft, vätskekromatografisk metod (HPLC), metodserien, Arbetarskyddstyrelsen, metod nr 1023, 1980
5. Dalene M, Mathiasson L, Jönsson JÅ, Trace analyses of free amines by gas-liquid chromatography. *J Chromatography* 1981; 207: 37-46
6. Belin L, Wass U, Audunsson G, Mathiasson L. Amines: possible causativ agents in the development of bronchial hyperreactivity in workers manufacturing polyurethans from isocyanates. *Br J Ind Med* 1983; 40: 251-7
7. Boeniger MF, Choudhary G, Foley GD. Determination of airborne triethylendiamine and 2,2'-oxybis (N,N-dimethyl)ethylamine in workplace. *Appl Ind Hyg* 1987; 2: 218-21
8. Administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære, Direktoratet for Arbeidstilsynet, best.nr 361, Oslo, 1994.
9. Albrecht WN, Stephenson RL, Health hazards of tertiary amin catalystr. *Scand J Work Environ Health* 1988; 14: 209-19
10. Hagmar L, Strömberg U, Welinder H, Mikoczy Z, Incidence of cancer and exposure to toluene diisocyanate and methylene diphenyldiisocyanate: a cohort based case-referent study in the polyurethane foam manufacturing industry. *Br J Ind Med* 1993; 50: 1003-7
11. Toluene-2-4-diisocyanate, in: Documentation of the threshold limit values and biological indices, ACGIH, 6.ed., 1993.
12. Toluene diisocyanates, Environmental Health Criteria series, no 75, World Health Organisation, Geneva, 1987.
13. Boeniger MF, Air concentration of TDI and total reactive isocyanate group in three flexible polyurethane manufacturing facilities, *Appl Occup Environ Hyg*, 1991; 6(10): 853-8

14. Musk AW, Peters JM, Wegman DH, Isocyanates and respiratory disease: current status, Am Jour Ind Med 1988; 13: 331-49
15. Isocyanates - medical surveillance, Guidance note MS 8, Medical series 8, Health and Safety Executiv, UK, 1983
16. Person P, Dalene M, Skarping G, Adamsson M, Hagmar L, Biological monitoring of occupational exposure to toluene diisocyanate: measurement of toluenediamine in hydrolysed urine and plasma by gas chromatogrphy-mass spectrometry. Br J Ind Med 1993; 50: 1111-8