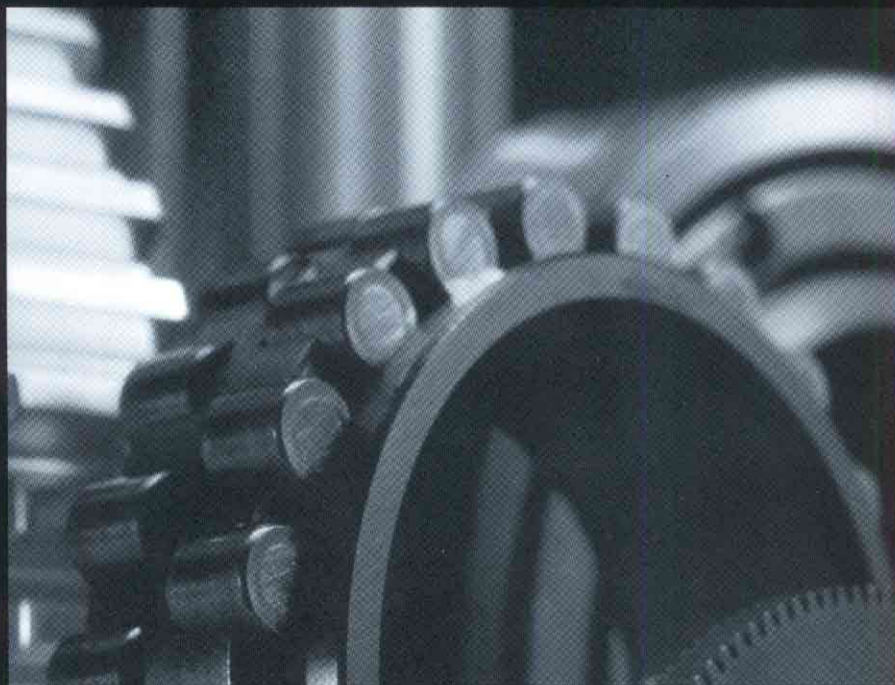


procesbeschrijvingen  
industrie



Ministerie van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer



Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA



RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIENE



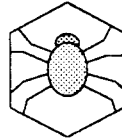
Grafische  
industrie



SPIN

Samenwerkingsproject  
Procesbeschrijvingen  
Industrie Nederland

# GRAFISCHE INDUSTRIE



Samenwerkingsproject  
Procesbeschrijvingen  
Industrie  
Nederland

RIVM (rapportnr. 773006161), RIZA (notanr. 92.003/61) en DGM

Auteurs : C.H.A. Quarles van Ufford (RIVM/LAE) en H. Gels (Tebodin)  
Basisjaar : 1989/1990  
Datum publikatie : Februari 1994



## INHOUD

1. OMVANG VAN HET PROCES	1
2. PROCESBESCHRIJVING EN BRONNEN VAN EMISSIES	2
2.1. VOORBEREIDING	2
2.2. DRUKVORMVOORBEREIDING EN HET EIGENLIJKE DRUKPROCES	2
2.3. OVERIG	5
3. EMISSIE- EN AFVALFACTOREN	5
4. ENERGIEVERBRUIK EN ENERGIEFACTOREN	7
5. MAATREGELEN VOOR EMISSIEREDUCTIE, BEPERKING OMVANG AFVALSTOFFEN EN ENERGIEBESPARING	7
6. ONDERZOEK NAAR SCHONE PROCESSEN	13
7. NORMSTELLING EN REGELGEVING	13
8. REFERENTIES	15



## 1. OMVANG VAN HET PROCES

De bedrijfstak grafische industrie en verpakkingsdrukkerijen omvat een groot aantal meest kleine bedrijven. Deze kunnen zowel zelfstandig zijn, als onderdeel uitmaken van andere bedrijven (huisdrukkerijen). In de bedrijfstak worden veel verschillende productieprocessen gebruikt. In tabel 1.1. is een aantal relevante parameters voor de omvang van de bedrijfstak en de verschillende processen aangegeven.

Tabel 1.1. Productiegegevens voor de grafische industrie en verpakkingsdruk

(Sub)proces	SBI-code	Aantal (model)bedrijven met activiteit	Verbruik grondstoffen	
Grafische industrie	27.1	totaal ca 3300		
Vorbereiding + drukvormvervaardiging		260	fixeer	1,5 mln l
Illustratiediepdruk		7	doorzet tolueen	15 kton
Offset		2000	IPA	1,3 kton
Heatset		23	heatsetinkt IPA	2 kton 0.7 kton
Zeefdruk		650		
Verpakkingsdruk <sup>1)</sup>	26.2/3	84		
- kartondruk		31	waterige inkt	5 kton
- papierwarendruk		48	doorzet oplos- middelen	1,9 6 kton
- film- en aluminiumdruk		22		
Overige druktechnieken		77	doorzet	1,6
Afwerking		370	oplosmiddelen	
Huisdrukkerijen	divers	ca. 2500		

1) Sommige bedrijven doen zowel karton-, papierwaren en film- en aluminiumdruk.

N.B. De gebruikte emissie verklarende variabelen zijn nu afhankelijk van het soort proces. Omdat druktechnieken ten dele onderling uitwisselbaar/concurrerend zijn zou een meer algemene e.v.v. beter zijn bijvoorbeeld de hoeveelheid (m<sup>2</sup>) bedrukt substraat of het inktverbruik. De grote variëteit in gebruikte substraat, ordergrootte en kwaliteitseisen, kleurendruk, maakt het echter lastig een goede maat te bepalen voor vergelijking van processen.

## **2. PROCESBESCHRIJVING EN BRONNEN VAN EMISSIES**

Grafische processen kunnen worden onderverdeeld in een aantal processtappen: voorbereiding, drukvormvervaardiging, het eigenlijke drukproces, en de afwerking. In een bedrijf kunnen al deze stappen worden uitgevoerd, vaak wordt een aantal stappen uitbesteed aan een gespecialiseerd bedrijf.

Bij de voorbereiding vindt tekst- en beeldverwerking plaats op fotografisch materiaal en montagefolie tot een "schone film" of ander transparant produkt waar een drukvorm van gemaakt kan worden.

Bij de drukvormvoorbereiding wordt van het beeld (meestal de schone film) een drukvorm gemaakt met zodanige eigenschappen dat plaatselijk inkt kan worden opgenomen.

Tijdens het eigenlijke drukproces wordt de inkt direct of indirect via de drukvorm op het papier gebracht en gedroogd. Bronnen van emissies verschillen per type drukproces. Na het drukken volgt het schoonmaken van de machines, het instellen voor een volgende oplage, de afwerking van het produkt: vouwen, snijden, nieten of binden.

### **2.1. Voorbereiding**

Te onderscheiden stappen zijn: fotozetten, lithografie, montage, fotografische stap tot schone film, proeven na alle voorgaande stappen. De fotografische processen vormen de belangrijkste bron van emissies van de voorbereiding. Deze processen worden in een aparte procesbeschrijving beschreven (Booij, 1992).

Bij kleurendruk moet voor iedere kleur een aparte film gemaakt worden. Het verbruik van bv fotochemicaliën/m<sup>2</sup> papier is bij 4 kleurendruk ongeveer een viervoud van zwart-wit druk. Ook orders met een kleine oplage hebben een relatief hoog verbruik van fotochemicaliën/m<sup>2</sup> papier. Door geïntegreerde tekst- en beeldverwerking op computer (desk-top publishing) is er een ontwikkeling naar een verminderd aantal fotografische handelingen per order. Aangenomen wordt dat tot 2000 het totaal verbruik van fotochemicaliën nog zal toenemen als gevolg van toenemende kleurendruk, en dat daarna een daling zal optreden als gevolg van minder fotografische handelingen.

Bij kleine offsetbedrijven wordt het fotografisch proces vaak vervangen door een copy-proof systeem, waarbij door zilverdifusie-overdracht positieven en negatieven in elkaar kunnen worden omgezet zonder gebruik van fixeer.

### **2.2. Drukvormvoorbereiding en het eigenlijke drukproces**

Te onderscheiden processen zijn hoogdruk (+ flexodruk), diepdruk (verpakkingsdiepdruk en illustratiediepdruk), offset (vlakdruk) en zeefdruk

#### **Hoogdruk/flexodruk**

Bij hoogdruk liggen de beelddragende delen bovenop de drukplaat. Deze techniek wordt steeds minder toegepast voor boekdruk en krantendruk als gevolg van een toename in de offsetdruk. Een andere vorm van hoogdruk is flexodruk, waarbij flexibele drukvormen gebruikt worden en die veel gebruikt wordt in verpakkingsdrukkerijen.

De hoogdrukvormen bestonden vroeger uit loden letterstempels. Tegenwoordig worden meestal fotopolymeerplaten gebruikt. Deze bestaan uit een polymeersuspensie met een lichtgevoelige diazoverbinding op een drager van metaal of kunststof. Na belichting met UV vindt polymerisatie of uitharding plaats. De niet uitgeharde delen worden verwijderd door uitspoelen met water, of door uitblazen met perslucht (+ gedeeltelijk hergebruik polymeersuspensie). Flexofoto-polymeerplaten worden uitgespoeld met een perchloorethyleen/n-butanolmengsel, met alternatieve middelen gebaseerd op niet gehalogeneerde oplosmiddelen of met water (alleen bij dikke flexodrukvormen ten behoeve van kartondruk).

### **Diepdruk**

Bij diepdruk liggen de beelddragende delen verdiept in de drukvorm. Onderscheid kan worden gemaakt tussen diepdruk in verpakkingsdrukkerijen en in illustratiediepdrukkerijen.

#### **- Verpakkingsdiepdruk:**

hierbij wordt een veelheid aan oplosmiddelen gebruikt, zoals (mengsels van) ethylacetaat, ethanol, methylethylketon, glycolen en dibutylftalaat en in mindere mate toluen en aceton. De bronnen van emissies zijn vergelijkbaar met die voor flexodruk in verpakkingsdrukkerijen, behalve dat minder gebruik wordt gemaakt van oplosmiddelarme inkt.

#### **- Illustratiediepdruk:**

Deze techniek is zeer geschikt voor grote oplagen en hoge druksnelheden en vindt in Nederland plaats in 7 bedrijven.

De drukvormen voor illustratiediepdruk bestaan uit stalen cilinders met een koperen mantel, waarin het beeld met beiteltes gegraveerd wordt. De drukvorm wordt verchromd (Du Mortier en Ros, 1992) om een slijtvaste laag te krijgen. Een deel van de emissies ontstaat bij het aanbrengen van correcties in de drukvorm. Na het drukken wordt de cilinder ontchromd met zwavelzuur, gefreesd en gepolijst. Hierbij ontstaat onder andere koperslijpsel dat wordt hergebruikt. Na een aantal malen moet de cilinder opnieuw galvanisch "opgekoperd" worden. Het afvalwater van de diepdrukformvervaardiging wordt behandeld in een ONO-installatie. Het drukken gebeurt met inkt op basis van toluen (ca 75% in gebruiksklare inkt). In alle bedrijven vindt geforceerde droging en terugwinning van toluen plaats door middel van kooladsorbtie. Regeneratie vindt plaats met stoom. De meeste bedrijven beschikken over een stripper om afvalwater te ontdoen van toluenresten. Afhankelijk van het bedrijf wordt alleen de drooglucht, de lucht uit de directe omgeving van de persen, of de totale ruimteventilatie over de terugwinning geleid. Emissiebronnen zijn de doorslag van de toluen terugwin installatie (TWI) en diffuse emissies, waaronder de retentie in het produkt. Ook schoonmaakwerkzaamheden gebeuren meestal met toluen. Vervuilde toluen wordt in de meeste bedrijven in eigen beheer gedestilleerd en hergebruikt.

### **Offset of vlakdruk**

Bij offsetdrukvormen liggen de beelddragende delen op gelijke hoogte met de niet beelddragende delen. Offset is gebaseerd op het principe dat het beelddragende deel van de plaat hydrofoob is en de inkt aantrekt, het niet beelddragende deel is hydrofiel. Bij offset wordt meestal gebruik gemaakt van fotopolymeerplaten (zie ook hoogdruk).



Het uitspoelen van de niet uitgeharde delen gebeurt met plaatontwikkelaar, een verdunde loog- of detergentenoplossing met geringe hoeveelheid hydrochinon. De offsetplaten worden vervolgens gereinigd met water. Soms worden chroomhoudende correctiemiddelen gebruikt. Bij kleine offsetbedrijven, huisdrukkerijen en krantendrukkers wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van elektrostatische platen, bestaande uit fotohalfgeleiders, zoals zinkoxide op een papieren drager. De pagina kan met fotografisch papier gemonteerd worden, in plaats van met film: er hoeft geen schone film gemaakt te worden. Na belichting met UV nemen de niet-belichte delen toner op. De toner wordt door verhitting een hydrofobe laag. Met etsmiddelen worden de overige plaatdelen hydrofiel gemaakt.

Bij het drukken worden eerst de niet-drukkende delen met vochtwater bevochtigd, daarna worden de drukkende delen ingeïnk. De inkt wordt vervolgens indirect, via een rubberdoek, op het substraat aangebracht. Offsetinkt is pasteus en droogt door wegslag in het substraat en uitharding van de in de inkt aanwezige harsen. Emissies naar lucht tijdens het drukken zijn het gevolg van vervluchtiging van vochtwatertoevoegingen zoals IPA. Het IPA-verbruik is in de afgelopen jaren sterk toegenomen. Aangenomen wordt dat bij huisdrukkerijen het IPA verbruik gering is.

Bij het schoonmaken van de inktrollen worden kookpuntbenzinen gebruikt. Het schoonmaken van vochtrollen geschiedt doorgaans met water, water met detergenten of een emulsie op oliebasis. Soms worden bij het reinigen van offset-persen 1,1,1-trichloorethaan of dichloormethaan gebruikt.

### **Heatset/ rotatieoffset**

Heatset is een speciale vorm van offset, namelijk met geforceerde droging. Hierdoor kunnen hogere druksnelheden worden bereikt. Heatsetinkt (ca. 35% uit minerale olie) droogt door geforceerde verdamping van de olie bij 130°C en voor het overige door uitharding van de in de inkt aanwezige harsen en door wegslag in het papier. Emissies naar lucht zijn voor een groot deel in aërosolvorm. Door de geforceerde droging wordt een deel van de olie "gekraakt", waarbij stoffen ontstaan die geuroverlast kunnen veroorzaken. Een aantal grote heatsetbedrijven heeft een naverbrander. Een andere bron van luchtmissies is het verbruik van IPA (zie ook offset).

### **Zeefdruk**

Zeefdruk vindt plaats in ca 500-600 meest kleine bedrijven. Bij zeefdruk wordt het beeld aangebracht op ramen met fijnmazig gaas bedekt met een fotopolymeerlaag met diazoverbindingen of - in afnemende mate - met chromaat als lichtgevoelige component. Na UV-belichting van de schone film worden de niet uitgeharde (beelddragende) delen uitgewassen met water en geloosd. Ook bij het ruwen en ontvetten van nieuwe ramen ontstaat afvalwater.

Tijdens het eigenlijke drukproces wordt de inkt met een rakel door het gaas op het substraat geperst. Emissies naar lucht ontstaan bij het drogen van de inkt (ca 40% oplosmiddel in drukklare inkt).

Er is een toename in het gebruik van UV-inkten die uitharden onder invloed van UV-licht. Deze bevatten geen vluchtige oplosmiddelen. Een beperkt aantal bedrijven gebruikt waterafdukbare inkten.

Bij het schoonmaken van de ramen worden eerst met poetsdoeken of een kartonnetje en daarna met spoelthinner (tolueen, xyleen, of alternatieven) de inktresten verwijderd. Dit gebeurt steeds vaker in open of gesloten drukvormwasapparaten zonder of met hergebruik van spoelthinner. Hierna wordt het sjabloon van het raam verwijderd met water en kaliumperjodaat. Bij een zorgvuldige en duidelijk van de sjabloonverwijdering gescheiden inktverwijdering bevat het afvalwater nagenoeg geen resten inkt en thinner.

### **2.3. Overig**

#### **Afwerking**

De afwerking betreft onder andere het vouwen en snijden, brochieren en inbinden van drukwerk. Hierbij ontstaat een hoeveelheid substraatafval (grotendeels papier). De verbruiken en emissies zijn relatief gering. Voor het lijmen (doorgaans hotmeltlijmen) worden de boekruggen afgefreesd. Hierbij ontstaan stofemissies die met luchtfilters worden teruggehouden.

#### **Lamineren/cacheren**

Bij lamineren en cacheren worden foliën op elkaar gelijmd. Het wordt uitgevoerd voor, na of tijdens het verpakkingsdrukken. Er zijn echter ook bedrijven die alleen lamineren. Emissies zijn het gevolg van het (geforceerd) drogen van lijmen op oplosmiddelbasis.

#### **Overige druktechnieken**

Hieronder vallen onder andere de blikdrukkers. Deze drukken vaak in offset, maar voor het lakkeerproces worden oplosmiddelhoudende lakken gebruikt die aanleiding geven tot emissies van VOS. (Berenschot en Tebodin, 1989).

## **3. EMISSIE- EN AFVALFACTOREN**

In tabel 3.1. zijn de belangrijkste emissies en emissiefactoren van de grafische industrie gekwantificeerd.

#### **Illustratiediepdruk**

Afhankelijk van de in bedrijven getroffen voorzieningen blijken de totale tolueenverliezen te variëren tussen de 8 en 21% van de tolueeninput. Op basis van gegevens van de betrokken bedrijven is een indicatieve onderverdeling in doorslag terugwininstallatie (max ca 5% doorzet), retentie in drukwerk (1-4%) en diffuse emissie (max. 17%) (De Buck et al. ,1992).

#### **Vellenoffset**

Van het IPA verbruik wordt 100% naar de lucht geëmitteerd. Het grootste deel van de gebruikte vluchtige oplosmiddelen in schoonmaakmiddelen wordt naar de lucht geëmitteerd, een onbekend deel gaat naar het afval (doelgroepoverleg, 1991/1992)

### Heatset

Aangenomen wordt dat gemiddeld 25% van de inkt geëmitteerd wordt in de vorm van laagkokende oliedamp of aërosolen. Het IPA-verbruik ligt in de heatset hoger dan in de offset (gehalte in vochtwater resp. 10-12% versus 8-10% (Ywema, 1991b). Vooral nog is aangenomen dat van de luchtemissie ca 50% van de IPA diffuus en 50% via de droger geëmitteerd wordt. Voorts wordt aangenomen dat ca. 50% van de schoorsteenemissies van heatsetbedrijven door naverbranding wordt vernietigd (1991).

### Verpakkingsdruk

In de verpakkingsdruk wordt het grootste deel van de gebruikte vluchtige oplosmiddelen van inkten, schoonmaakmiddelen, lijmen en lakken geëmitteerd, een onbekend deel gaat naar het afval. Van het verbruik van oplosmiddelarme inkten, lakken en lijmen wordt ca. 1% op het riool geloosd en 1% via chemisch afval afgevoerd (Berenschot en Tebodin, 1989).

### Overig

ER (4e ronde) meldt een emissie van 1,3 ton tri(chlooretheen) bij de recycling van afvalstromen (afkomstig van 1 bedrijf).

Tabel 3.1. Emissiefactoren en emissies van een aantal geselecteerde verbindingen in 1990 grafische processen exclusief fotografische en galvanische processen (Berenschot en Tebodin, 1989; Doelgroepoverleg, grafische industrie, 1990)

	eenheid	Emissiefactoren		Emissies (ton/jaar)	
		lucht	water	lucht	water
<b>Illustratiediepdruk</b>					
Tolueen	% doorzet	17		2600	0,8
<b>Heatset</b>					
- IPA	% verbruik	75	p.m.	500	
- overig VOS		12,5	p.m.	250	
<b>Flexodrukvormverv.</b>					
- perchlooretheen	-	-	-	68	-
<b>Offset</b>					
- IPA	% verbruik	100	p.m.	1300	
- overig VOS (reiniging)	kg/bedrijf	1000		2000	
<b>Verpakkingsdruk</b>					
- VOS	% doorzet	100		9500 <sup>1)</sup>	
- waterige inkt	% verbruik	1?			150
<b>Zeefdruk</b>					
- VOS	kg/bedrijf	500		325	
<b>Alle processen</b>					
- organische stoffen					1210
- waarvan "schadelijk"					125

1) inclusief 2,5 kton door lamineren en cacheren

### Chemisch afval

Totaal ontstaat in de grafische bedrijfstak ca 9800 ton chemisch afval. Meer dan 50% (4450 ton) van het chemisch afval bestaat uit fixeer en ontwikkelaar (zie Booi, 1992). De rest van het chemisch afval bestaat uit afval van inkt, lakken, lijmen, oplosmiddelen en schoonmaakmiddelen (ca 2950 ton). Er ontstaan ca. 5000 ton vervuilde poetsdoeken, waarvan ca 2200 ten onrechte als bedrijfsafval wordt afgevoerd en de overige worden hergebruikt (gewassen). Het overige chemisch afval bestaat uit hydroxideslib/chroombaden (200 ton, zie Du Mortier en Ros, 1992), fotopolymeren, olie-emulsie, etsvloeistof, etc. Bij de flexodrukformvervaardiging ontstaat ca. 20 ton PER-houdend residu (ca. 10% PER) (Berenschot en Tebodin, 1989; Doelgroepoverleg, 1992).

### Bedrijfsafval

Totaal ontstaat ruim 200 kton bedrijfsafval waarvan ca. 187 kton papier. De totale hoeveelheid papierafval is ca. 10% van het verbruik, waarvan ca. 50% misdrukken en 50% snijverliezen. Het meeste papier wordt hergebruikt. Het overig bedrijfsafval bestaat uit aluminium, kunststoffolie, koperslijpsel, film, fotopapier, fotopolymeren, enzovoorts.

## 4. ENERGIEVERBRUIK EN ENERGIEFACTOREN

In de Doelgroepanalyse is voor een aantal energie-intensieve grafische bedrijfstypen energieverbruik vastgesteld. Vermenigvuldigd met het aantal bedrijven van dit type levert dit het energieverbruik zoals weergegeven in tabel 4.1. De energiefactoren zijn bepaald door het energieverbruik te delen door de omvang van de evv in tabel 1.1.

Tabel 4.1. Energiefactoren en getotaliseerde energieverbruiken naar bedrijfstype in 1989 (Berenschot en Tebodin, 1989)

Bedrijfstype	Energieverbruik (10 <sup>6</sup> MJ/jaar)		Energieverbruik (10 <sup>6</sup> MJ/evv/jaar)		
	gas	elektriciteit	gas	elektriciteit	
Heatset	326,6	89,7	163	45	/kton inkt
Illustratiedruk	376,6	151,2	25	10	/kton toluen
Verpakkingsdruk (papier)	585,6	163,2	12,2	3,4	/bedrijf
Verpakkingsdruk (film)	536,8	147,4	56,5	15,5	/kton oplosmiddel
Overige druktechnieken	939,4	261,8	12,2	3,4	/bedrijf

## 5. MAATREGELEN VOOR EMISSIEREDUCTIE, BEPERKING OMVANG AFVALSTOFFEN EN ENERGIEBESPARING

In deze procesbeschrijving worden twee pakketten van maatregelen uitgewerkt:

1. Het pakket dat als "zekere" maatregelen is opgenomen in de beleidsovereenkomst Grafische Industrie en Verpakkingsdrukkerijen (zie hoofdstuk 7).
2. Een pakket met in de toekomst mogelijke maatregelen voor emissiereductie en energiebesparing.

In tabel 5.2. zijn de emissiefactoren na uitvoering van de twee maatregelpakketten samengevat.

**Vorbereiding** (voor emissiereductie: zie ook procesbeschrijving Booi, 1992)

## pakket 1:

- bedrijven met fixeerverbruik van 700 l of meer: zilverterugwininstallatie verplicht uiterlijk in 1996 Concentratie in spoelwater bij inline zilverterugwinning per definitie < 1 mg Ag/l - kostenneutraal;
- kleinverbruikers: minimaliseren zilveremissie door schoonhouden en tijdig vervangen afkwaetsrollen, verplichte onderhoudscontracten met leveranciers, dubbele spoelbakken, cascadespoelingen, of andere (bedrijfsspecifieke) oplossingen- kostenneutraal.

Tabel 5.1 Emissiefactoren na maatregelen (zie ook tabel in paragraaf 7)

	Eenheid	Maatregelpakket 1		Maatregelpakket 2	
		lucht	water	lucht	water
Illustratiediepdruk					
- toluen	% doorzet (input)	10%		4-6%	
Heatsset					
- IPA	% verbruik	(<)25	0	0	0
- IPA-ervanger	p.m.	?		?	
- overig VOS	% inkt- verbruik	0,5		0	
Flexodrukformvervaardiging					
PER		0		0	
Offset	% verbruik				
IPA			0	50?	
IPA vervanger				p.m.	
Overig VOS	kg/bedrijf	600			
Verp.druk					
- VOS	% doorzet	15-20%	0		
- waterige inkt	% verbruik		max. 1%		

**Flexodrukformvervaardiging**

## pakket 1:

- vervangen van PER door langzamer verdampende alternatieven zonder gehalogeneerde koolwaterstoffen of andere zwarte lijststoffen - kostenneutraal of besparend.

**Illustratiedruk****pakket 1:**

- autonoom: geleidelijke modernisering bedrijven, waardoor uiteindelijk alle illustratiedrukbedrijven in de categorie met het strengste verliespercentage vallen. Dit gebeurt autonoom waarschijnlijk rond 2000, als maatregel in pakket 2 mogelijk eerder. Gezien het autonome karakter van de aanpassingen zijn geen additionele milieukosten berekend per kg gereduceerde toluen-emissie (Doelgroepoverleg, 1992);
- door middel van good housekeeping beperken van toluenverliezen tot maximaal 10% in moderne bedrijven, waar alle ruimteventilatie naar TWI gaat en maximaal 15% in bedrijven, waar alleen drooglucht of persruimtelucht over TWI gaat (1). Kosten zijn door Berenschot en Tebodin (1989) ingeschat op fl.4,- per kg vermeden toluenemissie. In het doelgroepoverleg bleek echter de toluen-emissie 2 keer zo groot. Verondersteld wordt dat eenzelfde reductiepercentage tegen een zelfde kostprijs gehaald kan worden. De kosten bedragen derhalve fl.2,- /kg voorkomen toluen-emissie;
- beperken wateremissies Cu en Cr door modernisering/effluent polishing bij ONO-installaties (zie Du Mortier en Ros, 1992). Geen substantiële kosten (overeenkomstig Berenschot en Tebodin, 1989).

**pakket 2:**

Bij extra maatregelen bij de illustratiedruk zal een afweging moeten plaatsvinden tussen emissiereductie en energiebesparing.

- beperken van energieverbruik door aanpassen van de ruimte-ventilatiecapaciteit aan de inzet van drukpersen en op de toluenemissie in de ruimte;
- beperken van energieverbruik door condensatiewarmteterugwinning uit toluenterugwinningsinstallatie;
- beperken retentie in drukwerk en doorslag TWI, waardoor aanscherping maximale verliespercentages mogelijk wordt geacht tot respectievelijk 8,5 en 12% of zelfs 4-6%.

**Verpakkingsdruk****pakket 1:**

- beperken verliezen oplosmiddelen door beperken diffuse emissies, overschakelen op oplosmiddelarme inkten en/of terugwinning c.q. naverbranding, of een combinatie van maatregelen.

Tabel 5.2. Kosten (besparingen=-) van nageschakelde technieken voor een grote en een kleine (model) drukkerij (Tebodin, 1991; Gels en Verspoor, 1991)<sup>1)</sup>

Druktechniek	Klein	Pakket 1	Groot
Vorbereiding		kostenneutraal	
Illustratiediepdruk		fl. 2,-/kg toluen	
Verpakkingsdruk	fl. 0,20 tot. fl. 4,30/kg VOS		baten fl. 0,70/kg VOS tot. fl. 1,-/kg VOS
- Extra energiekosten bij oplosmiddel arme inkt		fl. 0,40/kg VOS	
- Extra kosten zuivering afvalwater bij oplosmiddel arme inkt	fl. 0,40/kg VOS		FL. 0,50/kg VOS
- Hogere schoorsteen		investering fl.100.000	
Zeefdruk		geen extra kosten	
Offset		geen extra kosten	
Heatset	fl. 2,- tot. fl. 4,50/kg VOS		fl. 0,70 tot. fl. 1,70
- Geïntegreerde droger naverbrander		fl. 2,7/kg VOS	
- Hogere schoorsteen ter beperking van geurhinder		investeringskosten fl. 50.000 - 100.000	
<b>Totale grafische industrie</b>			
- Bodempreventie		fl. 20.000000,= eenmalige kosten	
		fl. 16.000000,= jaarlijkse kosten	
- Sanering		fl. 580.000000,= totale kosten	

1) De kosten die gepaard gaan met de invoering van extra maatregelen (pakket 2) zijn over het algemeen niet bekend.

De jaarlijkse kosten van de nageschakelde maatregelen variëren tussen besparingen (door terugwinning van oplosmiddelen) van fl.0,7 en kosten van fl.1,-/kg VOS voor een groot bedrijf en tussen de fl.0,2 en fl.4,3/kg VOS voor een klein bedrijf (zie tabel 5.2.).

In Berenschot en Tebodin (1989) werd nog rekening gehouden met een aanzienlijke energietoename als gevolg van het installeren van naverbranders.

Het blijkt inmiddels dat gezien het VOS-gehalte in de afgassen de naverbrandingsinstallaties autotherm bedreven kunnen worden (Gels en Verspoor, 1991; Ywema, 1991), zodat er geen sprake zal zijn van een substantiële energietoename.

In geval van toepassing van oplosmiddelarme inkten moet rekening gehouden worden met een toename van de lozing van afvalwater op de riolering en een toename van het energieverbruik bij droging van de inkt.

Het overgaan op oplosmiddelarme inkten in de verpakkingsdruk betekent dat de energiebehoefte voor inkt droging ca. 2,3 keer zo hoog wordt (op basis van vervanging ethanol door water). Voor een model-filmverpakkingsdrukkerij is het energieverbruik voor inkt droging ca.  $7,5 \cdot 10^6$  MJ (aardgas). De energietoename als gevolg van het overgaan op oplosmiddelarme inkt is dan 30 MJ/kg vervangen oplosmiddel of 40 MJ/kg vermeden VOS (oplosmiddelarme inkt bevat nog max. 15% organisch oplosmiddel). Bij een gasprijs van fl.0,30/m<sup>3</sup> en een energieinhoud van 31,65 MJ/m<sup>3</sup> betekent dit extra energiekosten van fl.0,4 per kg vermeden VOS.

Het beperken van wateremissies als gevolg van het gebruik van oplosmiddelarme inkten tot maximaal 1% verbruik kan mogelijk niet zonder extra eindzuivering. Ook kan extra zuivering noodzakelijk zijn wanneer stoffen gebruikt worden die niet door de toetsing heenkomen. Eventuele kosten zuivering ca fl.0,5/kg vermeden VOS bij een grote verpakkingsdrukker en ca. fl.2,-/kg kws voor een klein bedrijf (afgeleid van Berenschot en Tebodin, 1989).

Geschat wordt dat de VOS-emissies met deze maatregelen met ca 80-85% gereduceerd zullen worden (pakket 1 doelgroepoverleg, 1992).

Het is nog niet duidelijk tot welke (combinatie van) maatregelen de bedrijven zullen overgaan. De goedkoopste oplossing is terugwinning van oplosmiddelen met behulp van polymeeradsorptie. Hiervoor moet echter op een monosolvent worden overgeschakeld. Kosten van overschakeling zijn niet bekend.

Om toch een inschatting van de kosten te maken is uitgegaan van de veronderstelling dat de meeste grote verpakkingsdrukkerijen (film- en aluminium, zie tabel 1.1.) over zullen gaan op een vorm van oplosmiddel terugwinning (besparingen of in ieder geval kostenneutraal) en dat voor de kleinere bedrijven (totaal papierwaren en overige druktechnieken, zie tabel 1.1.) de kosten ca. fl.0,4/kg VOS bedragen ofwel totaal ca. 1000-2000 kfl/jaar.

- beperken geurhinder: evt. aanvullende maatregelen. Een hoge schoorsteen als voortijdige maatregel vergt voor een verpakkingsdrukker een investering van ca 100 kfl.

### **Zeefdruk**

autonoom:

- verder gebruik gesloten spoelunits (autonoom);
- gebruik oplosmiddelarme (UV-)inkten (autonoom).

### **Offset**

pakket 1:

- met schoonmaakmiddelen verontreinigde poetsdoeken in containers bewaren en afvoeren als chemisch afval (reductie luchtemissies geschat op 40%). Geen substantiële kosten.



**pakket 2:**

- gebruik maken van minder vluchtige of waterige schoonmaakmiddelen: geen kosten bekend;
- vervangen IPA door minder vluchtig alternatief en/of verminderen verdamping bijvoorbeeld door inkapseling persen. Afspraak in doelgroepoverleg is streven naar 50% reductie in 2000.

Er zijn vervangende middelen op de markt. Volgens Maetis en Tebodin (1993) zijn deze echter weinig geschikt en ook uit milieuoogpunt niet altijd beter dan IPA. Ook van maatregelen ter vermindering van de verdamping verwachten zij slechts weinig resultaat. Zij verwachten daarentegen een groei van het IPA-verbruik in de offset van 1,3 naar 1,9 kton/jaar.

**Heatset**

**pakket 1:**

- uiterlijk in 1996 condensatie of naverbranding van emissies minerale oliën (rendement resp. ca. 90% of 98%. Bedrijven met een inkt- en IPA-verbruik van <45 ton: bij vervanging drogers, (ook na 1996). Bij naverbranding eveneens beperking (50%) van de IPA emissie. De kosten van deze maatregelen liggen tussen de fl.2,- en fl.4,5/kg VOS voor een klein (model)bedrijf en tussen de fl.0,7 en fl.1,7 voor een groot modelbedrijf (afgeleid van Ywema, 1991b). Voor een klein bedrijf is een geïntegreerde droger/naverbrander het beste alternatief. Deze zal echter pas bij vervanging van de droger worden aangeschaft. De gemiddelde kosten worden ingeschat op ca. fl.2,- per kg VOS ofwel ca. 500 kfl/jaar. In de meeste gevallen zal worden overgegaan op een vorm van naverbranding, zodat ook een deel van de IPA-emissies wordt gereduceerd;
- beperken geurhinder: geurhinder wordt geacht niet op te treden bij toepassing van naverbranding en condensatie. Bij bedrijven die nog geen nageschakelde techniek hebben geïnstalleerd kan geurhinder eventueel worden vermeden door schoorsteenverhoging, investering 50-100 kfl. Ervaring leert dat bedrijven bij dergelijke investeringen kiezen voor versneld invoeren van de KWS-maatregel.

**pakket 2:**

- beperken diffuse emissies IPA of vervangen IPA door minder vluchtig alternatief.

**Maatregelen die niet specifiek zijn voor een drukproces**

**Bodem:**

- maatregelen ter bescherming van de bodem (vloestofdichte vloeren, andere constructies of voorzieningen onder bodembedreigende bedrijfsactiviteiten; beheer bedrijfsrioleringen; opslag volgens richtlijnen): eenmalige kosten volgens milieubeleidsvereenkomst ca. 20.000 kfl, jaarlijkse kosten 16.000 kfl;
- kosten bodemsanering: totaal ca. 580.000 kfl.

**Mogelijkheden voor energiebesparing:**

In Berenschot en Tebodin (1989) zijn energiebesparingen, investeringen en financiële besparingen aangegeven. Met de in dat document en bij illustratiediepdruk genoemde maatregelen voor energiebesparing lijkt de afgesproken doelstelling voor een verbetering van de energie-efficiency van 20% ruimschoots haalbaar.

pakket 1/2:

- betere afstelling van brandstof/luchtverhouding in ketels;
- optimaliseren van het gebruik van perslucht;
- direct van buiten aanzuigen van drooglucht via een warmteterugwininstallatie;
- isolatie van stoomleidingen;
- optimalisatie van CV-installaties;
- gebouw-automatisering ter bewaking van een doelmatig energiebeheer.

## 6. ONDERZOEK NAAR SCHONE PROCESSEN

Een overzicht van kansrijke technologische oplossingen in de grafische industrie wordt gepresenteerd in Lijzen en Hoogenkamp (1992):

- direct engraving en computer to plate: er loopt onderzoek in Duitsland en Verenigde Staten;
- minder schadelijke grafische hulpmiddelen: diverse leveranciers doen onderzoek naar minder schadelijke middelen;
- waterloze offset;
- vervangen IPA: momenteel loopt onderzoek in Nederland naar de mogelijkheden voor vermindering van IPA emissies;
- momenteel loopt een demonstratieproject bij NDI, Deventer, gesubsidieerd door de NOVEM naar de "ballardhuid-technologie", een nieuwe galvaniseermethode bij de vervaardiging van diepdrukvormen. In Duitsland wordt deze technologie in een aantal bedrijven sinds de jaren '80 toegepast. De technologie is gebaseerd op het principe dat op een gladde grondkoperlaag een scheidingslaag en vervolgens een 100 µm laag graveerkoper. Na het drukken hoeft de cilinder niet ontchroomd te worden, de ballardhuid inclusief chroom kan worden hergebruikt voor de productie van messing. Dit betekent een reductie van het chemisch afval van ca. 1,1 kg tot 0,09 kg per cilinder.

## 7. NORMSTELLING EN REGELGEVING

In april 1993 is de beleidsovereenkomst grafische industrie en verpakkingsdrukkerijen ondertekend. Dit is een overeenkomst tussen KGVO/Kartoflex, het ministerie van VROM, VNG, IPO en de Unie van Waterschappen. Hierin wordt afgesproken een groot aantal maatregelen uit te voeren, waarvan de belangrijkste zijn samengevat in maatregelpakket 1 (zie 5). In tabel 7.1. zijn de emissiereducties uit de beleidsovereenkomst samengevat.

In KWS-2000 zijn voor de heatset, verpakkingsdruk en illustratiediepdruk afspraken gemaakt. Deze zijn in iets gewijzigde vorm opgenomen in de beleidsovereenkomst.

In het doelgroepoverleg Grafische Industrie en Verpakkingsdrukkerijen is overeengekomen dat maatregelen getroffen zullen worden ter verbetering van de energie-efficiency. Als algemene doelstelling wordt vooralsnog een verbetering van 20% aangehouden.

Tabel 7.1. Afgesproken emissiereducties in beleidsovereenkomst. (In de beleids-overeenkomst is ervan uitgegaan dat er geen groei zal optreden in de (relevante) omvang van de activiteiten tussen 1990 en 2000)

	1990	Situatie 2000		Situatie 2010	
		zeker	onzeker	zeker	onzeker
<b>Lucht</b>					
- kws	17,1 kton	60,8%	14,2%		
- zwarte lijststoffen	68 ton	100%			
<b>Water</b>					
Fotochemicaliën	610 ton	100%			
Zware metalen	1400 kg	50%		70%	
"Schadelijke" stoffen	125 ton	70%		85%	
Zwarte lijststoffen	830 kg	95%			
<b>Chemisch afval</b>					
- CF WCA behandeld	75%	100%			
- Preventie/ hergebruik	ca 2,5%	25%		50%	0%
<b>Bedrijfsafval</b>					
Reeds hergebruikt	98%				
Niet hergebruikt	3000	0%	10%	0%	50%

### Regelgeving in het buitenland

IPA is in de Staat Californië (VS) verboden vanwege vermeende gezondheidsrisico's. Perchloorethyleen is in Duitsland verboden in verband met het vervoersreglement gevaarlijke stoffen in bebouwde gebieden.

**8. REFERENTIES**

- Berenschot en Tebodin (1989)  
Eindrapport Doelgroepanalyse grafische industrie en verpakkingsdrukkerijen  
In opdracht van de Ministeries van VROM en EZ
- Booij, H. (1992)  
Fotografische industrie  
Samenwerkingsproject Procesbeschrijvingen Industrie Nederland  
RIVM-rapportnr. 736301137
- Buck, A. de, P. van der Poel en C.H.A. Quarles van Ufford (1992)  
Voortgangsrapportage activiteiten RIVM ten behoeve van KWS 2000  
RIVM-rapport nr. 736301017, Bilthoven
- Doelgroepoverleg grafische industrie (1990/1993)  
Intentieverklaring, vergaderstukken taakgroep en maatregelgroepen, beleidsovereenkomst en uitvoeringsprogramma
- Gels, H.B. (Tebodin b.v.) en P.W. Verspoor (Maetis Consultancy) (1991)  
Nadere oriëntatie naar nageschakelde technieken voor verpakkingsdrukkerijen
- Lijzen, J.P.A. en A.W.H.M. Hoogenkamp (1992)  
Verkenning technologische oplossingen voor de grafische industrie en verpakkingsdrukkerijen  
RIVM-rapportnr. 736101017
- Maetis/Tebodin (1991)  
Inventarisatie oplosmiddelarme inkten, lakken en lijmen
- Maetis/Tebodin (1993)  
Mogelijkheden voor de reductie van het gebruik van isopropylalcohol zoals gebruikt in de grafische industrie en verpakkingsdrukkerijen, t.b.v. KVGGO en Kartoflex  
Concept eindrapport
- Mortier, J.W. Du (Stichting VOM) en J.P.M. Ros (RIVM/LAE) (1992)  
Galvanische bewerkingen, Samenwerkingsproject Procesbeschrijvingen Industrie Nederland.  
RIVM-rapportnr. 736301109
- Projektgroep Koolwaterstoffen 2000 (1991)  
Bestrijdingsstrategie voor de emissies van vluchtige organische stoffen  
Ministerie van VROM, DGM-Directie Lucht
- Quarles van Ufford, C.H.A., en A.J.M. Mensink (1989)  
Drukkerijen en het Milieu  
Verslag van de workshop 'drukkerijen en het milieu', gehouden op 7 juni 1989 te Nijmegen.  
IV-MNL, Nijmegen
- RIVM (1991)  
Nationale Milieuverkenningen 2, 1990-2010, Bilthoven.
- Ywema, P.E. (1991a)  
Milieubezwaarlijkheid van waterafdukbare inkten, lakken en lijmen  
Tebodin B.V.
- Ywema, P.E. (1991b)  
Overzicht en evaluatie van nageschakelde technieken voor heatsetdrukkerijen  
Tebodin B.V.