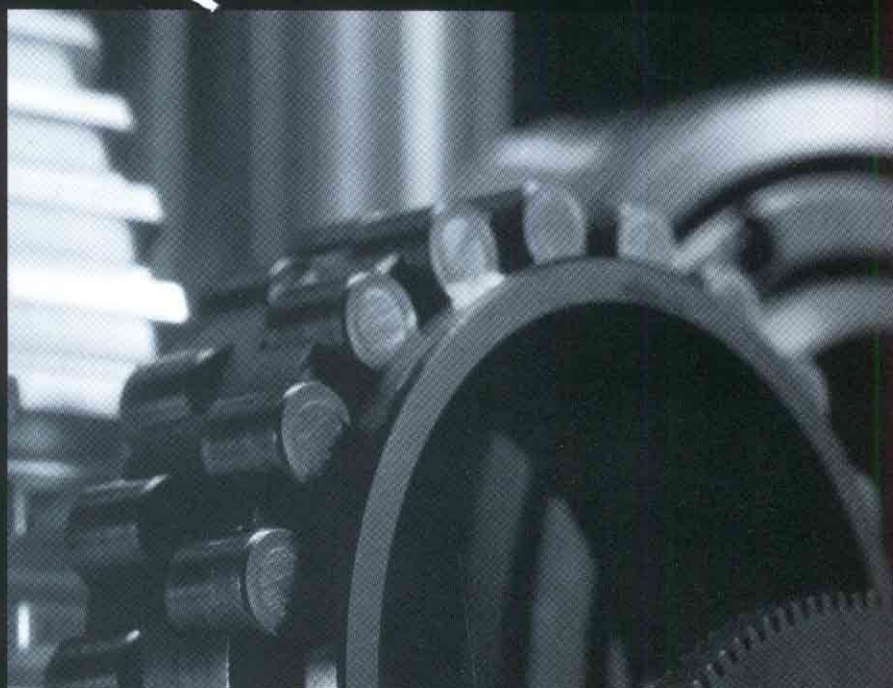


procesbeschrijvingen industrie



Ministerie van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA



RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIENE



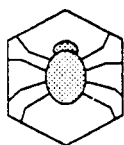
Productie van secundair staal



spin

Samenwerkingsproject
Procesbeschrijvingen
Industrie Nederland

PRODUKTIE VAN SECUNDAIR STAAL



Samenwerkingsproject
Procesbeschrijvingen
Industrie
Nederland

RIVM (rapportnr773006151), RIZA (notanr.92.003/51) en DGM

Auteur : Jan Anne Annema (RIVM/LAE)
Basisjaar : oktober 1991-oktober 1992
Datum publikatie : juni 1993

INHOUD

1. Beschrijving bedrijfstak	1
2. Procesbeschrijving en bronnen van emissies	1
3. Emissies en afval	3
4. Energifactoren	6
5. Bestaande mogelijkheden voor emissiebeperking en energiebesparing	6
6. Onderzoek naar schone processen	8
7. Normstelling en vergunningssituatie	9
8. Referenties	10

1. BESCHRIJVING VAN DE BEDRIJFSTAK

NEDSTAAL BV (SBI 331), een dochteronderneming van Thyssen Stahl AG in Duisburg (BRD), is het enige bedrijf in Nederland dat staal uit schroot produceert (zogenaamde secundaire staalproductie). Het bedrijf is gevestigd in Alblasserdam aan de rivier 'De Noord'. In de periode oktober 1991-oktober 1992 is er 256.240 ton staal geproduceerd uit 274.261 ton schroot (Lokerse, 1993).

2. PROCESBESCHRIJVING EN BRONNEN VAN EMISSIES

NEDSTAAL maakt ongelegeerd en laag-gelegeerd staal met het zogenaamde elektro-staalproces, waarbij schroot het belangrijkste uitgangsmateriaal is. Er wordt redelijk schoon schroot gebruikt, onder andere afkomstig van de auto-industrie. De kwaliteit van het schroot is echter niet constant.

Figuur 1.1. geeft een schematische weergave van het productieproces (NEDSTAAL BV). In één charge worden de ovens gevuld, gebruikt en weer leeggemaakt.

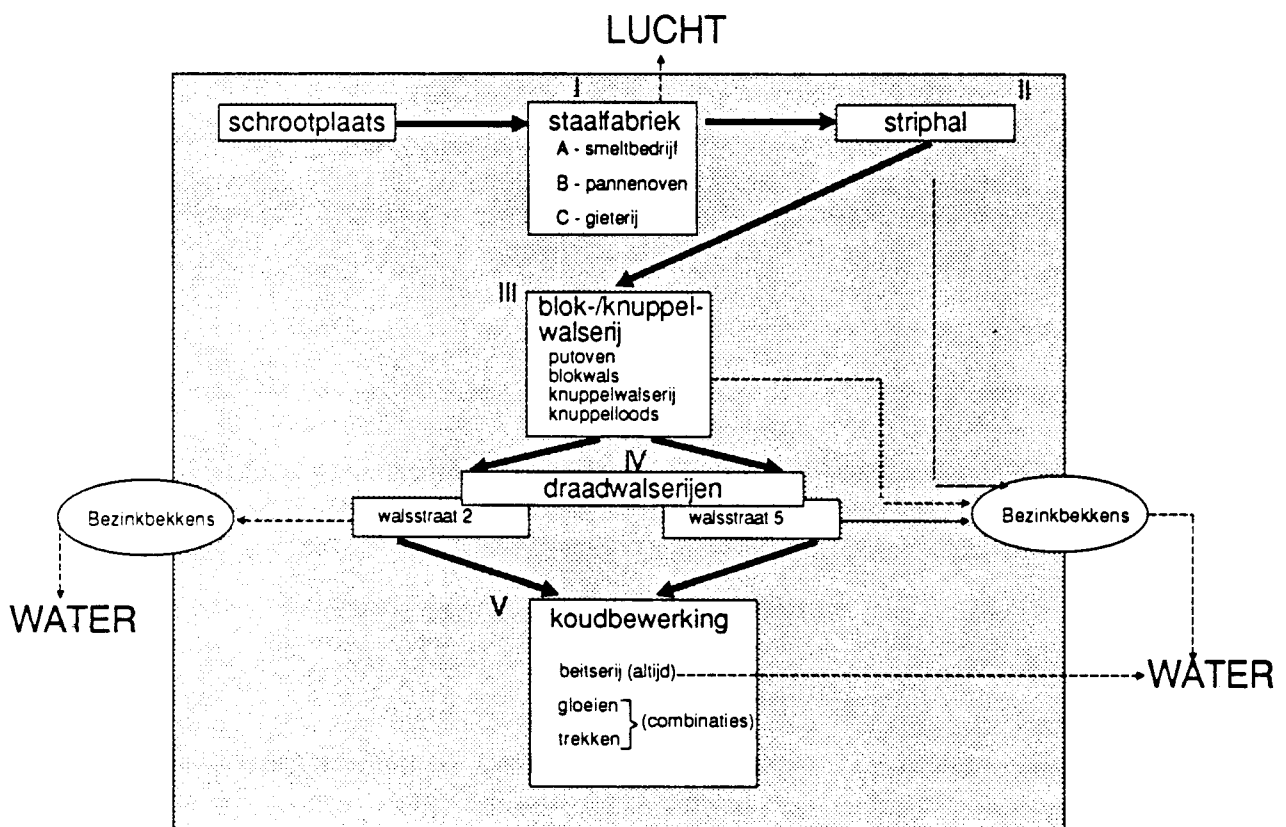
In de staalfabriek (I) bevinden zich twee elektrische vlamboogovens, één pannoven en de gieterij. (De romeinse cijfers hebben betrekking op figuur 1.1.) Als gevolg van een aangelegde spanning ontstaat in een elektrische oven een vlamboog, die een gedeelte van het schroot doet smelten. Naast schroot wordt aan de ovens kalk, anthraciet en ruw ijzer toegevoegd. Afhankelijk van de gevraagde kwaliteit van het eindproduct worden additieven zoals chroom (Cr), mangaan (Mn), vanadium (V), molybdeen (Mo) toegevoegd. Cadmium (Cd), zink (Zn) en lood (Pb) worden niet bewust toegevoegd. Deze stoffen worden geëmitteerd omdat geverfd, verzinkt en met lood verontreinigd schroot wordt ingezet.

Het laden van het schroot in de electro-oven heeft een grote stofvorming tot gevolg (geopende deksel). Het stof wordt voor circa 95% afgezogen, gekoeld en naar een ontstoffingsinstallatie (doekfilter) gevoerd. De overige 5% dwarrelt langs de afzuiging, vormt deels emissie naar lucht (via dak) en komt deels in de fabriekshal terecht waar het wordt opgeveegd. De afvalstromen 'filterstof en staalslak' vormen zich bij dit procesonderdeel.

In de gieterij (Ic) wordt het vloeibare staal in blokvormen gegoten. In de striphal (II) worden de blokken van hun gietvormen ontdaan, waarbij stofemissies plaatsvinden (zand/silicaten). De blokken gaan dan naar de blok-/knuppelwalserij (III). Eerst worden de blokken in één van de acht putovens verwarmd tot walstemperaturen van 1.150-1.200 °C, waarna ze achtereenvolgens in de blokwalserij en de knuppelwalserij tot knuppels worden gewalst. Knuppels met oppervlaktefouten worden geslepen waarbij 'stof'-emissies (met name ijzerverbindingen (Hoofd Inspectie van de Milieu Hygiëne) en een reststroom ontstaan. In beide walserijen wordt water gebruikt voor koeling van de walsen en voor afvoer van onder andere de walssinter. Het afgevoerde water wordt eerst in een voorbezinkbekken met een inhoud van circa 150 m³ en daarna in een bezinkbekken met een inhoud van circa 800 m³ gezuiverd van sinter, olie en vetten en vervolgens teruggepompt op de 'De Noord'.

De draadwalserijen (IV) zijn opgesplitst in walsstraat 2 en walsstraat 5. In walsstraat 5 worden de knuppels verwalst tot rondstaal dat in ringen wordt opgeslagen. Daartoe worden de knuppels in ovens verwarmd tot 1.100 à 1.150 °C. De afvalwatersituatie en -zuivering

is identiek aan de afvalwaterzuivering van de blok- en knuppelwalserijen. In walsstraat 2 worden de knuppels tot bundels staal draad gevormd. Ook nu worden eerst de knuppels in een oven op 1.150 °C gebracht en daarna verwalst tot rondstaal. In walsstraat 2 wordt het aan de rivier 'De Noord' onttrokken koelwater gezuiverd van walssinter en olie door twee bezinkbekkens met een inhoud van respectievelijk 130 en 40 m³. Het gezuiverde water wordt op 'De Noord' geloosd.



Figuur 1.1. Algemeen processchema van NEDSTAAL bv

De koudbewerking (V) tenslotte, bestaat altijd uit beitsen, gevolgd door een combinatie van processtappen (zoals gloeien, trekken, nogmaals beitsen). In de draadbeitserij worden gewalste produkten ontdaan van de sinterlaag door onderdompeling in een verdunde zoutzuuroplossing (HCl-concentratie 100 g/l). De zoutzuur-oplossing bevindt zich in drie baden van elk 9 m³ en heeft een temperatuur van 45 °C. Na het verwijderen van de sinterlaag wordt een smeermiddellaag, tevens dienend als corrosie-beschermer, aangebracht: dit gebeurt met kalk, zeep, borax of zinkfosfaten in achter elkaar geplaatste baden van elk circa 9 m³ inhoud met temperaturen van 80-90 °C. Aan het einde van de behandeling wordt het draad gedroogd in een door aardgas verhitte droogoven. De afgassen van de oven worden afgezogen en door een ventilator buiten het gebouw gebracht. Tot juli 1991 werden het spoelwater en de afgewerkte badvloeistoffen van de beitsreijen direct geloosd op de rivier 'De Noord'. Vanaf die tijd worden deze afvalwaterstromen behandeld in een ONO-installatie. In de grofdraadtrekkerij wordt walsdraad koud vervormd tot kleinere diameters. Alle trekbanken zijn aangesloten op een gesloten koelwatersysteem.

De gloei-installatie bestaat uit 8 gasgestookte klokovens, 16 voetstukken met circulatieventilatoren en 16 gloeistolpen. De rookgassen van twee ovens (volledig verbrand aardgas (NEDSTAAL BV) gaan via twee openingen in de bovenzijde van de klokovens de fabriekshal in en via de ventilatiekappen naar buiten. De rookgassen van de overige ovens gaan via een recuperator de ruimte in en daarna via de ventilatiekappen naar buiten. Schermgas (stikstof) uit de voorraadtank wordt door een gesloten systeem van leidingen onder de gloeistolpen gebracht, waarna het gas door afvoerleidingen op een hoogte van circa 15 m. boven het maaiveld naar buiten wordt afgevoerd.

Overige bronnen van emissies.

Op het bedrijf staan drie vuurgang-vlampijpketels opgesteld. Tot september 1992 werden twee ketels gestookt met zware stookolie (S-gehalte circa 2%) met een capaciteit van circa 300 kg aardolie per uur. Sinds deze datum is overgeschakeld op aardgas. De rookgassen worden afgevoerd met een pijp met een hoogte van 35 m. De derde ketel wordt gestookt met aardgas en heeft een capaciteit van 355 m³ aardgas per uur.

De mechanische werkplaats bevat twee schoonmaakapparaten, werkend met heet water, respektievelijk stoom, voor het schoonmaken van vuile machine- en installatiedelen. Het met olie, vet en vuil verontreinigde water stroomt naar een afvalput met olie- en vetvanginrichting, waarna het gezuiverde water wordt afgevoerd naar de riolering.

3. EMISSIEFACTOREN EN EMISSIES

In tabel 3.1. en 3.2. worden de emissie-factoren en de emissies naar lucht en water weergegeven van de secundaire staalproductie.

Tabel 3.1. Emissiefactoren en emissies naar lucht in boekjaar 1991/92 van de secundaire staalproductie (Lokerse, 1993)

Stof	Belangrijke bronnen	Emissiefactor (kg/ton staal)	Emissie (ton)
CO ₂	{ E-ovens + Pannoven; Putovens; Ovens walserij Ketels; Gloeierij	1426	365,287 ^a
CO		1,46	375
NO _x		0,47	121
SO ₂	{ Ketels; E-ovens + Pannen- oven; Putovens; Ovens wals- erij; Dak gloeierij	0,13	32,2 ^b
HCl		0,00003	0,008
Cadmium	Stoffilter + dak staalfabriek	0,00007	0,017
Chroom	idem	0,0005	0,13
Koper	idem	0,0004	0,11
Lood	idem	0,012	3
Zink	idem	0,14	37
Nikkel	idem	0,00005	0,013
IJzer	idem	0,12	30,2
Aluminium	idem	0,0014	0,37
Magnesium	idem	0,008	2,1
Mangaan	idem	0,018	4,6
Fluor	idem	0,039	10
Fijn stof (d<10µm)	Stoffilter; Dakwalserijen + knuppelslijperij; Dak stripal + Dak staalfabriek	0,42	108,4 ^c
Vluchtige organische koolwaterstoffen	E-ovens + pannoven; Putovens; Ovens walserij; Gloeierij	0,058	15,2
PAK's	Reparatie E-ovens	0,066	16,8 ^d

a. Gebaseerd op het verbruik van elektriciteit, aardgas, stookolie en kolen

b. Per 1 september 1992 is emissie gestopt ten gevolge van omschakeling op aardgas

c. Dit stof omvat: totale uitwerp stoffilter, 60% uitwerp dakstaalfabriek, dak stripal, dak walserijen, knuppelslijperij

d. Per 1 september 1992 emissie gestopt ten gevolge van een andere reparatiemethode

Tabel 3.2. Emissiefactoren en emissies naar water in boekjaar 1991/92 van de secundaire staalproductie (Lokerse, 1993; Rijkswaterstaat). Het afvalwaterdebiet is ongeveer 620 m³ per dag

Stof	Emissiefactor (kg/ton staal)	Emissie ^a (ton)
Vermesting		
Kjeldahl-N	0,01	2,5
Verspreiding		
Olie	0,04	10
Cl-ion	n.b	n.b ^b
Zwevende delen	1,4	365
Chroom	0,004	0,96
Koper	0,004	0,98
IJzer	0,95	242
Nikkel	0,0002	<0,05
Zink	0,003	0,74
Lood	0,0002	<0,04

- a. Alleen afvoer koelwater van de elektro-ovens, afvoer ONO-installatie en de afvoer van de waterzuiveringsstraten zijn meegenomen. De kwaliteit van het ingenomen oppervlaktewater is in mindering gebracht
- b. Netto-emissie is niet bekend door het sterk fluctuerend Cl-gehalte van het rivierwater

De kwaliteit van het schroot is redelijk constant (40% bestaat uit nieuw afval). Het gehalte aan zink in nieuw afval neemt toe, waardoor de koppeling tussen emissie-verklarende variabele (evv: de staalproductie) en de emissiefactor voor zink voorzichtig moet plaatsvinden (zie volgende paragraaf). De emissiefactoren in tabel 3.1. en 3.2. geven de emissies aan per ton geproduceerd staal in boekjaar 1991/92 op basis van de toen ingezette kwaliteit schroot.

Het overschakelen van zware stookolie op aardgas is ook van invloed op de CO₂- en CO-emissie naar lucht. Aangezien de overschakeling pas aan het einde van het peiljaar plaatsvond, wordt het effect hiervan meegenomen in paragraaf 5.

Afvalfactoren en hoeveelheden afval

In tabel 3.3. wordt een overzicht gegeven van de afvalfactoren en de hoeveelheden vaste afval- en reststromen van de secundaire staalproductie.

Tabel 3.3. Afvalfactoren en hoeveelheden afval- en reststromen EEG, 1989)

Soort afval	Afvalfactor (kg/ton staal)	Hoeveelheid (ton)	Verwerking en bestemming
Filterstof	11	2.800	C3-deponie
Staalslak (75%);	106	27.200	Verwerking wegenbouw Hergebruik (25%)
Vuurvast puin	32	8.200	Deponie (95%), Hergebruik (5%)
Bouw- en slooppuin	3,1	800	Hergerbruik
Staalslijpsel	5,0	1.280	Hergerbruik
Slijperij stof	1,1	280	Deponie
Walssinter	26	6.620	Hergerbruik
Metaalslib ¹	1,2	300	C2-deponie
Afgewerkt zuur ¹	16	4.020	Hergerbruik
Brandbaar afval	1,4	370	GEVUDO
Veegvuil	2,3	590	C3-deponie
Olie en vet	0,2	40	AVR
Totaal	205	52.500	

1. Afvalstromen uit ONO-installatie en beitserij

Het zinkgehalte in het filterstof is inmiddels hoog genoeg om het te recyclen (Lokerse, 1993), maar om economische redenen gebeurt dit nog niet.

4. ENERGIEFACTOREN

In tabel 4.1. worden de energiefactoren voor het produceren van secundair staal weergegeven.

Tabel 4.1. Energiefactoren voor de secundaire staalproductie (Lokerse, 1993)

Soort energie	Energie-factoren (GJ/ton staal)	Energie-verbruik (TJ)
Thermisch		
- aardgas		715
- stookolie		74,4
Totaal	3,1	789,4
Elektrisch	6,1	1572,2
Totaal	9,2	2361,6

5. BESTAANDE MOGELIJKHEDEN VOOR EMISSIEBEPERKING EN ENERGIEBESPARING

Emissies

De stofemissies die optreden vanuit het dak van de staalfabriek wil NEDSTAAL terugbrengen met 70% (Lokerse, 1993), door middel van verbetering van de stofafzuiging, het afsluiten van de dakkappen en separeate afzuiging van de pannenoven. De kosten hiervan worden geschat op 1,4 miljoen gulden (investering) en 0,05 miljoen gulden (operationele kosten).

De ontwikkeling van de kwaliteit van het schroot is van invloed op de emissies. De volgende ontwikkeling is te verwachten:

- via maatregelen in Nederland en in EG-verband (Nederlandse Regering, 1990; EEG, 1989) zal het gebruik van cadmium (Cd) als onder andere pigment en in oppervlaktelagen aan banden worden gelegd. Hierdoor zal naar verwachting het staalschroot in de toekomst minder Cd gaan bevatten;
- in diverse West-Europese landen wordt het gebruik van lood (Pb) in benzine sterk verminderd (OECD, 1991). Naar schatting 25% van het Pb in benzine blijft aan allerlei auto-onderdelen 'hangen' (onder andere aan de uitlaat). Verdere daling van het loodgehalte in benzine heeft dus een daling van het loodgehalte van het autoschroot tot gevolg. Daarnaast is de verwachting dat het gebruik van loodmenie als corrosiebescherming op stalen objecten in Nederland verder zal afnemen (Janus, Annema, et al., 1991). Voor het buitenland is dit niet bekend;
- in de auto-industrie neemt het gebruik van het aandeel verzinkt staal toe (Lokerse, 1993), waardoor het zinkgehalte van het schroot in de toekomst zal toenemen.

Op basis van deze ontwikkeling kan er worden verwacht dat de Cd- en Pb-emissie bij ongewijzigde technologie naar de lucht in de toekomst zullen afnemen en de zink-emissie naar de lucht zal toenemen.

In tabel 5.1. worden technisch haalbare emissie-factoren (voor lucht) geschat voor de

secundaire staalproductie op basis van de volgende aannamen:

- door verbeterde stofafvang dalen de emissie-factoren van stof en metalen (met uitzondering van Pb, Zn en Cd) bij de dak van de staalfabriek met 50%;
- lood en cadmium dalen met 70% en zink daalt met 25%;
- door omschakeling van stookolie op aardgas dalen de emissie-factoren van CO₂, CO en SO₂;
- door een energie-besparing van 10% (zie hieronder) daalt de emissiefactor van met name CO₂;
- door het toepassen van low NO_x-branders daalt de NO_x-emissie;
- door toepassen van een ander ontzwavelingsmiddel daalt de fluor-emissie.

Tabel 5.1. Inschatting van technisch haalbare emissiefactoren voor lucht bij NEDSTAAL

Stof	Emissiefactor (kg/ton staal)
CO ₂	1.200
CO	1
NO _x	0,42
SO ₂	0,0
HCl	0,00003
Fluor	0,02
Fijn stof	0,2
Cadmium	0,00002
Chroom	0,0003
Koper	0,0002
Lood	0,003
Zink	0,11
Nikkel	0,00003
IJzer	0,06
Aluminium	0,0007
Magnesium	0,004
Mangaan	0,009

Ter beperking van emissies naar water kunnen de waterstromen naar functie (transport, koeling, reiniging, etc) gescheiden worden, waarna de deelstromen zonodig gericht behandeld kunnen worden. Daarnaast zou de emissie kunnen worden beperkt door het zoveel mogelijk gaan recirculeren van (afvalwater-)stromen. Bijkomend voordeel daarvan is dat verontreinigingen geconcentreerd in spuistromen terechtkomen, wat de mogelijkheid van behandeling verbeterd. De technische en financiële consequenties van deze opties zijn nog niet bekend en moeten uit het Bedrijfsmilieuplan (zie paragraaf 7) blijken.

Afval

Nedstaal neemt zich voor een contract af te sluiten met een bewerker van vaste ijzerhoudende afvalstoffen. Deze bewerker zal dan zorgdragen voor het ontijzeren, breken, zeven en sorteren van drie afvalstromen (zie tabel 3.3.), namelijk staalslak, vuurvast puin en bouw- en slooppuin. Zowel intern als extern hergebruik zal worden gestimuleerd. Het filterstof zal medio 1993 worden afgevoerd naar een recycle-bedrijf.

Energie

Naast de reeds genoemde ombouw van ketels van stookolie naar aardgas is in de periode 1991 tot en met 1995 nog een aantal energiebesparingsprojecten voorzien, te weten:

- in de staalfabriek
 - a. de staalsmelt spoelen met argon;
 - b. het blazen van zuurstof;
 - c. de pannenvuren voorzien van warmte-terugwinningsunits.
- in walsstraat 5
 - a. ombouw van de walsstraat;
 - b. knuppeloven voorzien van warmte-terugwinningsunits.

Er wordt geschat dat hiermee in 1996 10% energie is bespaard ten opzichte van 1989.

6. ONDERZOEK NAAR SCHONE PROCESSEN

In (PARCOM, 1991) wordt een aantal technieken beschreven dat mogelijk tot lagere stof-emissies (en zware metaal-emissies) naar de lucht bij de elektro-ovens kan leiden:

- een relatief gunstige stofafvang wordt verkregen bij afvang zo dicht mogelijk bij de bron (de oven), waardoor slechts een kleine gasstroom met hoge stofconcentraties behandeld hoeft te worden. Laadkranen en andere obstakels rond de ovens maken dit vaak onmogelijk. Omzeiling van de obstakels is misschien mogelijk door gebruik te maken van beweegbare afzuigkappen. Een volledig 'beweegbaar afzuigstelsel' zou de stofemissies kunnen terugbrengen tot minder dan 0,1 kg/ton staal, terwijl de ventilatiecapaciteit slechts een kwart is van de benodigde capaciteit die nodig zou zijn bij een totale gebouw-ventilatie en de helft van de capaciteit benodigd bij stationaire afzuiging (zoals die bij NEDSTAAL wordt toegepast). In 1986 kostte een nieuwe installatie van een beweegbare afzuiginstallatie in Zweden circa 7,5 miljoen gulden;
- een goed ontworpen 'doghouse' (volledige omhuizing van de elektro-oven) zou diffuse emissies nagenoeg compleet elimineren. Hoewel dergelijke 'doghouses' al bij diverse staalfabrieken zijn geïnstalleerd, ontbreken kwantitatieve resultaten. Volgens NEDSTAAL (Lokerse, 1993) is volledige omkapseling van de oven vanwege het gebruik van beweegbare kranen onmogelijk. De capaciteit van het afzuigstelsel in de 'doghouse' is groot: voor een oven met een capaciteit van 90 ton per charge ongeveer 900.000 m³/uur.

Het toepassen van UHP ('ultra high power') wordt in (Teoh, 1989) genoemd als een mogelijkheid tot elektriciteitsbesparing bij het elektro-ovenproces. Voor de totale secundaire staalproductie bij NEDSTAAL liggen mogelijk energiebesparings-opties in uitgebreide procesaanpassingen waarbij de diverse afkoeling/opwarmingcycli van het staal zodanig worden aangepast zodat het ruwe staal minder afkoelt en dus minder energie nodig is om het staal weer op temperatuur te brengen voor de volgende walsprocedure. Nu is afkoeling voordat de walsprocedure start voor de kwaliteit van het materiaal essentieel.

7. NORMSTELLING EN VERGUNNINGSSITUATIE

Tussen de overheid (VROM, EZ, V&W, IPO, VNG, Unie van Waterschappen) en het bedrijfsleven (Stichting Basismetaal en Milieu) is een intentieverklaring ondertekend. NEDSTAAL is mede-ondertekenaar. In de intentieverklaring is een integrale milieutaakstelling (IMT) voor de basismetaal opgenomen, zowel gericht op emissiebeperking, energie-efficiëncyverbetering als op afvalstoffenbeleid en dergelijke. Onderdeel van de intentieverklaring is het opstellen van een Bedrijfsmilieuplan, waarin te realiseren reducties in milieubelasting, prioriteitenstellingen en fasering tot uitdrukking moeten komen. Deze procesbeschrijving is in belangrijke mate gebaseerd op de inventarisatiefase voor de Bedrijfsmilieuplan die wordt opgesteld door NEDSTAAL.

In het kader van PARCOM (Parijse Commissie) zijn voorstellen gedaan voor emissie-eisen aan de secundaire staalproductie (PARCOM, 1991). Vanaf 1995 zouden bestaande staalfabrieken moeten voldoen aan een stof-emissie-eis van 0,5 kg/ton staal. Voor gesuspendeerde vaste deeltjes en olie in afvalwater is voorgesteld om voor bestaande staalfabrieken vanaf 1997 emissie-eisen van respectievelijk 50 en 10 g/ton ingezet staal te laten gelden. Tussen Rijkswaterstaat en Nedstaal is in 1992 afgesproken dat er een saneringsplan voor de geloosde hoeveelheid olie zal worden opgesteld tot binnen de PARCOM-richtlijnen. Dit saneringsplan zal worden opgenomen in het Bedrijfsmilieuplan. Ook is afgesproken in het saneringsplan aandacht te besteden aan het beperken van de lozing van huishoudelijk afvalwater.

8. REFERENTIES

EEG (1989)

Voorstel voor een Richtlijn van de Raad houdende tiende wijziging van Richtlijn 76/769/EEG betreffende de onderlinge aanpassing van de wettelijke en bestuursrechtelijke bepalingen der Lid-Staten inzake de beperking van het op de markt brengen en van het gebruik van bepaalde gevaarlijke stoffen en preparaten, geciteerd in (Nederlandse Regering, 1990)

Hoofdinspectie van de Milieuhygiëne

Emissie-registratie 4e ronde betreffende NEDSTAAL BV.

Janus, J.A., Annema, J.A., Aben, J.M.M., Slooff, W. (1991)

Evaluatiedocument lood (werkdokument). RIVM Bilthoven

Lokerse, P.J. (1993)

Emissie-gegevens op basis van inventarisatiefase van het Bedrijfsmilieuplan

Nederlandse regering (1990)

Cadmiumbesluit Wet milieugevaarlijke stoffen, Staatsblad 1990, 538

NEDSTAAL BV

Beschrijving verschillende bedrijfsonderdelen.

OECD (1991)

Co-operation on existing chemicals: Risk reduction Lead (Country report on lead). Organisation for economic co-operation and development, Environment directorate, Chemicals group and management committee

PARCOM (1991)

Proposal for a PARCOM decision concerning limitation of pollution from secondary iron and steel production

PARCOM (1991)

Secondary iron and steel production -an overview of technologies and emission standards used in the PARCOM countries-. Third Meeting of the Working Group on Industrial Sectors, Stockholm 22-24 january 1991

Rijkswaterstaat, directie Zuid-Holland

persoonlijke mededeling H. van Bommel

Teoh, L.L. (1989)

Electric arc furnace technology: Recent developments and future trends. Ironmaking and Steelmaking, 5(16), pp. 303-313