

TNO-rapport

**Inventarisatie van de niet-technische
belemmeringen inzake het regenereren
van autokatalysatoren**

Referentienummer 94-379
Dossiernummer 112322-25257
Datum november 1994
P

Auteurs

Ir. J.J.D. van der Steen
Ir. J.W. Assink
Ing. H.J.B. Averink

Trefwoorden

- produkthergebruik
- regeneratie
- personenauto's
- katalysatoren
- edelmetalen
- niet-technische belemmeringen
- logistiek
- economie
- marktbehoefte
- beleid

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

Bestemd voor

Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Colofon

Contractnummer:

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van Afvalstoffen (NOH).

Beheer en coördinatie van het NOH-programma berusten bij:

Novem

Nederlandse onderneming voor energie en milieu b.v.

St. Jacobsstraat 61, Postbus 8242

3503 RE Utrecht

Tel: 030 - 36 34 44

Dit onderzoek is begeleid door: mw. ir. H.J.M. Suijkerbuijk.

RIVM

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne

Antonie van Leeuwenhoeklaan 9, Postbus 1

3720 BA Bilthoven

Tel: 030 - 74 91 11

Dit onderzoek is begeleid door: ir. M. de Weerd.

Het NOH geeft geen garantie voor de juistheid en/of volledigheid van gegevens, ontwerpen, constructies, produkten of produktiemethoden voorkomende of beschreven in dit rapport, noch voor de geschiktheid daarvan voor enige bijzondere toepassing.

Het onderzoek is uitgevoerd door: TNO Milieu- en Energietechnologie.

Datum van rapportage: 31-10-1994.

Meer exemplaren van dit rapport zijn tegen betaling van f 25,- verkrijgbaar bij TNO-ME, Apeldoorn.

Samenvatting

In de komende jaren (1995-2000) zal het aanbod aan gebruikte katalysatoren van personenauto's sterk toenemen tot meer dan 400.000 stuks per jaar. De verwerking van deze katalysatoren is momenteel gericht op de recycling van de metalen mantel en de kleine hoeveelheid edelmetaal op de drager; de overige componenten worden als reststof gestort.

In beginsel is het ook mogelijk gebruikte autokatalysatoren dusdanig te behandelen dat zij nogmaals in het uitlaatsysteem van personenauto's zijn te monteren. Hierdoor is sprake van volledig produkthergebruik, met waarschijnlijk zowel economische als milieuhygiënische voordelen (lager energieverbruik, minder afval en een lager grondstoffengebruik).

Onderzocht is in hoeverre er niet-technische belemmeringen bestaan, die het op de markt brengen van de geregenereerde autokatalysatoren kunnen bemoeilijken. Aandacht is gegeven aan de economische, logistieke, milieuhygiënische, sociaal-maatschappelijke, wettelijke en beleidsmatige aspecten bij zowel de inzameling, de regeneratie als de afzet van autokatalysatoren.

De studie heeft geen niet-technische belemmeringen kunnen identificeren die de verdere ontwikkeling van een regeneratieproces kunnen blokkeren of sterk bemoeilijken. Wel zijn er onzekerheden geconstateerd, die het commerciële succes kunnen beïnvloeden. Vooral de omvang van de vraag naar geregenereerde katalysatoren is onzeker; deze hangt op haar beurt weer af van de effectieve levensduur van katalysatoren en de toekomstige ontwikkelingen in de APK.

Verwacht wordt dat geregenereerde katalysatoren hoofdzakelijk de vervangingsmarkt zullen bedienen.

Abstract

The number of spent catalysts from automotive exhaust systems will sharply increase in the Netherlands between 1995 and 2000, and will ultimately reach more than 400,000 per year. Currently, used catalysts are collected and treated for recovery of the precious metals and recycling of the metal parts; other components are disposed off as waste.

Used catalysts could principally also be treated in a way that reuse of the entire product in the car's exhaust system is possible. This could offer both economical and environmental advantages (low energy consumption, less waste and low raw materials consumption).

It has been investigated to what extent non-technical obstructions exist for implementation of such a regeneration process for used catalysts. Economical, logistic, environmental, social, legal and political aspects have been addressed for both the collection and distribution of catalysts and the regeneration itself.

No important non-technical obstructions and interferences could be identified for the further development and implementation of the regeneration process for used car exhaust catalysts. However, several uncertainties have been identified that may influence the commercial success of such a process. Especially the estimated demand for regenerated catalysts is uncertain; this demand depends on the actual life time of (new) catalysts and developments in the regulations of the periodical inspection (APK).

It is expected that regenerated catalysts will mainly serve the market for replacement catalysts.

Uitgebreide samenvatting

Gebruikte autokatalysatoren vormen een vrij nieuwe afvalstroom, die pas vanaf 1995 duidelijk in omvang zal toenemen. Gebruikte autokatalysatoren worden momenteel ingezameld voor verwerking in ons omringende landen, waarbij de terugwinning van edelmetalen als platina, rhodium en/of palladium een belangrijk economisch motief is.

Indien katalysatoren door middel van een regeneratieve bewerking geschikt kunnen worden gemaakt voor rechtstreeks hergebruik in uitlaatsystemen, is er sprake van produkthergebruik, met vermoedelijk zowel een economisch voordeel als een belangrijk milieuhygiënisch voordeel.

AG Autogas Systems, AKZO NOBEL Chemicals, STIBA en TNO-ME hebben het plan opgevat om gebruikte autokatalysatoren dusdanig te behandelen c.q. te regenereren dat zij nogmaals in het uitlaatsysteem van personenauto's zijn te monteren.

Als eerste stap in de ontwikkeling van een dergelijk regeneratieproces is een inventarisatie gemaakt van de mogelijke niet-technische belemmeringen, die het op de markt brengen van de geregenereerde autokatalysatoren kunnen bemoeilijken.

Daarbij is met name aandacht besteed aan de economische, logistieke, milieuhygiënische, sociaal-maatschappelijke, wettelijke en beleidsmatige aspecten bij zowel de inzameling, de regeneratie als de afzet van autokatalysatoren.

Er zijn ongeveer 250 typen autokatalysatoren te onderscheiden. In praktisch alle gevallen wordt gebruik gemaakt van een keramische drager (van het type 'honeycomb') met een wash-coat van aluminiumoxide ter vergroting van het beschikbare oppervlak. Op de wash-coat zijn edelmetalen (platina, rhodium of soms palladium) en enkele 'promotors' fijn verdeeld aangebracht. De zogeheten driewegkatalysator zet koolmonoxide, koolwaterstoffen en stikstofoxiden om in relatief onschadelijke stoffen: kooldioxide, water en stikstof. De conversiepercentages voor geregelde driewegkatalysatoren liggen op tenminste 70%. Sinds 1993 worden vrijwel alle benzinemotoren uitgerust met een geregelde driewegkatalysator. Andere katalysatorsystemen (oxidatiekatalysatoren, dat wil zeggen zonder NO_x-conversie) komen voornamelijk voor bij auto's van vóór 1991.

De efficiency van katalysatoren gaat tijdens het gebruik geleidelijk achteruit. De belangrijkste redenen zijn een geleidelijke vergiftiging door bestanddelen van de benzine of motorolie, mechanische slijtage (straaleffect) of structuurveranderingen in de wash-coat en de daarop aangebrachte edelmetalen. Daarnaast kan de katalysator plotseling een deel van zijn functie verliezen door breuk of 'inbranden'. Onder normale omstandigheden zal een katalysator tenminste 80.000 km goed kunnen functioneren. De kwaliteit van nieuw geleverde katalysatoren verbetert geleidelijk. Vermoedelijk zal op termijn de katalysator tenminste 160.000 km kunnen meegaan en daarmee een 'autolevenlang' voor het grootste deel van de personenauto's.

Momenteel komen autokatalysatoren nog in beperkte aantallen vrij. Het betreft voornamelijk katalysatoren die bij sloop of onderhoud vrijkomen, zowel tengevolge van schadegevallen aan de auto als door breuk of het 'inbranden' van de katalysator. Deze katalysatoren worden via verschillende kanalen ingezameld en naar verwerkers gezonden die de edelmetalen via thermische methoden uit de drager/wash-coat terugwinnen. De metalen delen worden via schroothandelaren gerecycled. De keramische delen worden in de vorm van een slak gestort als afvalstof.

De verwachting is dat het aanbod van oude katalysatoren sterk zal toenemen tot een plateau is bereikt rond 2003.

De vraag naar geregenereerde katalysatoren is niet goed in te schatten. Deze vraag is in eerste instantie bepalend voor de te installeren regeneratiecapaciteit. Uit een enquête onder fabrikanten en importeurs van 15 automerken blijkt dat er weinig of geen mogelijkheden zijn om geregenereerde katalysatoren onder nieuwe auto's te monteren. Men verkiest in alle gevallen nieuwe katalysatoren.

De geregenereerde katalysatoren zullen derhalve vooral een vervangingsmarkt bedienen. De potentiële omvang van de vervangingsmarkt is sterk afhankelijk van enerzijds de levensduurverwachtingen van de katalysatoren en de auto's waaronder zij zijn gemonteerd en anderzijds van de vigerende APK-eisen.

Door voortschrijdende verbeteringen aan de autokatalysator is een maximum marktvraag naar vervangingskatalysatoren te verwachten in de periode tussen 2000 en 2008. De vraag zal daarna weer afnemen als gevolg van de geleidelijke verbetering van de kwaliteit van katalysatoren, die daardoor minder vaak vervangen behoeven te worden.

De potentiële omvang van de vervangingsmarkt in de periode tussen 2000 en 2008 is sterk afhankelijk van de ontwikkelingen in de APK-eisen. De omvang van de vervangingsmarkt kan meer dan 50% van de nieuwmarkt vormen, indien tijdens de APK ook streng op een goede werking van de katalysator zal worden gelet. Bij een ongewijzigde APK zal de vervangingsmarkt veel kleiner dan 50% van de nieuwmarkt voor katalysatoren zijn. Vooralsnog kan worden aangenomen dat de Nederlandse vervangingsmarkt maximaal 150.000 tot 200.000 stuks per jaar omvat.

Er zijn voor de vervangingsmarkt geen wettelijke belemmeringen geconstateerd. Voor de nieuwmarkt (plaatsing onder nieuwe auto's) is het momenteel nodig dat wordt aangetoond dat het katalysatorsysteem tenminste 80.000 km voldoende blijft functioneren. Gezien de vermoedelijk wisselende kwaliteit van geregenereerde katalysatoren is het naar verwachting moeilijk hieraan te voldoen; mede om deze reden is de nieuwmarkt minder interessant voor geregenereerde katalysatoren.

In het totale proces vanaf het vrijkomen van oude katalysatoren tot het moment dat een geregenereerde katalysator weer onder een auto wordt gemonteerd, is een groot aantal stappen te onderscheiden. In hoofdlijnen betreft het:

- inzameling;
- ingangscontrole;
- regeneratie proces, inclusief een eventuele ontmantelings- en inblikstap ('canning');
- uitgangcontrole;
- distributie en verkoop.

Een goede afstemming tussen de genoemde processtappen is uiteraard van groot belang. Inzake de logistieke aspecten (inzameling, verwerking en distributie) zijn geen wezenlijke belemmeringen te verwachten. Wel zijn er enkele automerken die een eigen retoursysteem voor katalysatoren hebben opgezet, waardoor een deel van het potentiële aanbod van oude katalysatoren vervalst.

De kosten voor inzameling, regeneratie, kwaliteitscontroles en distributie zijn op basis van een aantal aannamen globaal ingeschat. De verwachting is dat het geregenereerde produkt kan concurreren tegen nieuwe katalysatoren. Relatief hoge kosten gaan gemoeid met de kwaliteitscontroles en de eventuele ontmantelings- en inblikstap. Een

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

praktisch probleem hierbij is dat ca. 250 verschillende typen katalysatoren worden onderscheiden. Mede hierdoor dient de ontmantelings- en inblikstap zo mogelijk te worden vermeden.

De consumentenacceptatie van geregenereerde katalysatoren (vervangingsmarkt) zal geen belemmering vormen. Een belangrijk motief is het prijsverschil met nieuwe katalysatoren. Voorwaarde is dat de particuliere kopers voldoende vertrouwen in de kwaliteit van het produkt hebben. Hetzelfde geldt voor niet-merkgebonden bedrijven die (vervangings)katalysatoren in uitlaatsystemen plaatsen. Kwaliteitscontroles en -borging op het geregenereerde produkt zijn derhalve van groot belang. Er kan gedacht worden aan het inschakelen van een onafhankelijke keuringsinstantie en/of het verstrekken van een meerjarige garantie.

Er zijn voor zover bekend geen andere processen operationeel voor het regenereren van oude katalysatoren. Er is bovendien zeer weinig literatuur over de regeneratie van autokatalysatoren.

De conclusie is dat er geen onoverkomelijke niet-technische belemmeringen voor het ontwikkelen en toepassen van een regeneratieproces zijn. Wel zijn er veel factoren en onzekerheden, zoals de omvang van de vervangingsmarkt, die het commerciële succes van een dergelijke activiteit sterk zullen beïnvloeden.

Ondanks deze onzekerheden, is het zinvol de mogelijkheden voor een regeneratieproces verder te onderzoeken. Daarbij dient in eerste instantie vooral de technische haalbaarheid van een regeneratieproces te worden onderzocht. Tevens verdient het aanbeveling aandacht te besteden aan de wijze waarop de kwaliteitscontroles dienen te worden uitgevoerd, de mogelijkheid om de ontmantelingsstap te vermijden en het beter inschatten van de omvang van de vervangingsmarkt voor geregenereerde katalysatoren.

Inmiddels zijn initiatieven ondernomen om in het kader van het onderzoekprogramma T-2000 de technische haalbaarheid van het voorgestelde regeneratieproces te onderzoeken.

Inhoudsopgave

	Colofon	2
	Samenvatting/abstract	3
	Uitgebreide samenvatting	4
1	Inleiding	9
2	De autokatalysator	11
2.1	De geregelde driefwegautokatalysator	11
2.2	Samenstelling en prestaties	11
2.3	Verwachte levensduur katalysatoren	13
3	Schema voor regeneratie van katalysatoren en aandachtspunten voor verdere uitwerking	15
4	Marktbehoefte	16
4.1	Inleiding	16
4.2	Aanbod en vraag	16
4.3	Enquêteresultaten	18
5	Logistieke aspecten	20
5.1	Inleiding	20
5.2	Inzameling	20
5.3	Ingangscontrole	22
5.4	Regeneratie	23
5.5	Uitgangscntrole	23
5.6	Afzet van geregenereerde katalysatoren	23
6	Economische aspecten	25
6.1	Inleiding	25
6.2	Uitgangspunten economische haalbaarheid	25
6.3	Beoordeling economische haalbaarheid	27
7	Beleid en regelgeving	29
7.1	Inleiding	29
7.2	Europese regelgeving	29
7.3	Beleid en regelgeving op de langere termijn, in het bijzonder Nederland	31
8	Overige aspecten	32
8.1	Consumentenacceptatie	32
8.2	Milieu-aspecten	32
8.3	Arbeid en arbeidsomstandigheden	33
8.4	Mogelijke concurrentie	33
9	Discussie	35

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

10	Conclusies en aanbevelingen	37
11	Referenties	39
12	Verantwoording	40

Bijlagen

1 Inleiding

Gebruikte autokatalysatoren vormen een betrekkelijk 'nieuwe' afvalstroom. Naar verwachting komen pas vanaf 1995 autokatalysatoren in redelijke hoeveelheden vrij. Voor zover gebruikte autokatalysatoren bij garages of autodemonterbedrijven worden ingezameld, worden ze op dit moment in de ons omringende landen verwerkt, waarbij de terugwinning van de in de autokatalysatoren aanwezige edelmetalen platina, rhodium en/of palladium het uitgangspunt is (een economisch interessante, maar qua massa zeer beperkte hoeveelheid). De toegepaste verwerkingstechnieken zijn veelal gebaseerd op pyrometallurgische processen.

TNO-ME, AG Autogas Systems, AKZO NOBEL Chemicals en STIBA (Vereniging Belangenbehartiging Autodemonterbranche) voeren onderzoek uit naar de mogelijkheid om gebruikte autokatalysatoren dusdanig te behandelen c.q. regenereren dat zij nogmaals in het uitlaatsysteem van personenauto's zijn te monteren. Door een dergelijke levensduurverlenging van de autokatalysatoren zou er in plaats van materiaalhergebruik sprake kunnen zijn van volledig produkthergebruik, met zowel een mogelijk economisch voordeel als een milieuhygiënisch voordeel. Bij pyrometallurgische verwerking is immers sprake van een hoog energieverbruik en belangrijke hoeveelheden afval (dragermateriaal), alsmede een substantieel grondstoffengebruik, etc. nodig om de teruggewonnen edelmetalen opnieuw in autokatalysatoren toe te passen.

Dit rapport bevat de resultaten van een onderzoek naar de *niet-technische* belemmeringen van het regenereren van autokatalysatoren. Dit onderzoek naar mogelijke niet-technische belemmeringen is als eerste stap in het ontwikkelingsprogramma uitgevoerd, omdat er aanwijzingen bestonden dat de wetgeving en de marktacceptatie van geregenereerde katalysatoren mogelijk belemmerend zou kunnen werken. Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik (NOH) en in opdracht van NOVEM en RIVM.

De doelstelling van het onderhavige onderzoek is het vaststellen in hoeverre er niet-technische belemmeringen bestaan die het regenereren en vervolgens op de markt brengen van de geregenereerde autokatalysatoren kunnen bemoeilijken.

Onder niet-technische belemmeringen worden in dit verband verstaan alle mogelijke belemmeringen die van belang kunnen zijn bij de ontwikkeling en de bedrijfsvoering van een bedrijf voor katalysatorregeneratie, met uitzondering van de technische aspecten van het feitelijke regeneratieproces. Er is met name aandacht besteed aan de economische, logistieke, milieuhygiënische, sociaal-maatschappelijke en beleidsmatige aspecten bij de inzameling, regeneratie en afzet van autokatalysatoren.

Indien uit deze studie blijkt dat er geen onoverkomelijke belemmeringen zijn, zal het regeneratieproces op technische haalbaarheid worden onderzocht en kan het bij positief resultaat in principe tot een operationeel proces worden ontwikkeld.

Het project is door de voornoemde organisaties uitgevoerd onder leiding van TNO-Milieu en Energietechnologie. Vanuit het NOH is het project begeleid door mw. ir. H.J.M. Suijkerbuijk (Novem) en ir. M. de Weerd (RIVM).

Als vertegenwoordigers van de projectuitvoerders traden op de heren Goedbloed, Van de Laar (STIBA), Lim (AG Autogas Systems), Van Dijk (AKZO Nobel), Van der Steen en Assink (TNO).

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

De in dit rapport verstrekte informatie is gebaseerd op literatuur, interviews met diverse deskundigen, een schriftelijke enquête onder importeurs en fabrikanten van personenauto's en de reeds voorhanden zijnde kennis bij de projectuitvoerders.

In hoofdstuk 2 is eerst een korte beschrijving van de (geregelde) driewegkatalysator gegeven. Het basisschema van het regeneratieproces, inclusief inzameling en afzet, is in hoofdstuk 3 geschetst.

Hoofdstuk 4 beschrijft de omvang van de markt en de mogelijkheden tot afzet van geregenereerde katalysatoren, mede op basis van een schriftelijke enquête onder importeurs en fabrikanten. In de hoofdstukken 5 tot en met 8 zijn de verschillende niet-technische aspecten van het totale regeneratieproces besproken met het oog op de inventarisatie van de potentiële, niet-technische belemmeringen.

De potentiële, niet-technische belemmeringen voor de verdere ontwikkeling van een regeneratief proces zijn tenslotte samengevat en nader besproken in hoofdstuk 9.

2 De autokatalysator

2.1 De geregelde driewegautokatalysator

Een katalysator, zoals deze gebruikt wordt in de autotechniek, is een onderdeel van het uitlaatsysteem dat chemische reacties op gang brengt en versnelt. Het is een niet-bewegend en niet-veranderend onderdeel; zodoende valt er aan de katalysator zelf weinig te regelen.

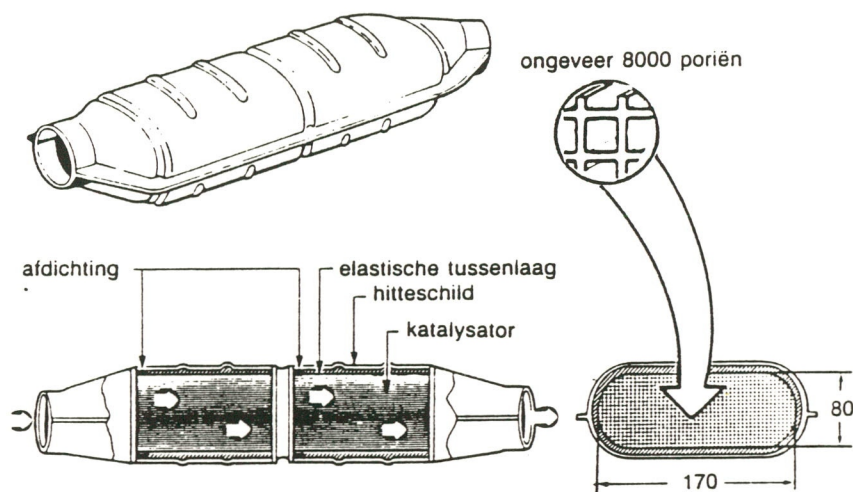
De term 'drieweg' duidt op het feit dat deze katalysator drie schadelijke stoffen in de uitlaatgassen van benzinemotoren, te weten koolmonoxide (CO), koolwaterstoffen (HC) en stikstofoxiden (NO_x), omzet in onschadelijke stoffen (CO₂, H₂O en N₂).

Voor een afdoende verwijdering van CO, HC en NO_x door de katalysator, dient de samenstelling van de uitlaatgassen aan bepaalde eisen te voldoen. Een maat voor deze samenstelling is het zuurstofgehalte in het uitlaatgas.

Er is sprake van een 'geregelde katalysator' als de lucht/brandstofverhouding voor de motor wordt aangepast aan de samenstelling van de uitlaatgassen. Daartoe wordt een zuurstofsonde (meestal lambdasonde of λ-sonde genoemd) gebruikt, die vóór de katalysator in het uitlaatsysteem wordt geplaatst.

2.2 Samenstelling en prestaties

De in de praktijk gebruikte drieweg katalysator bestaat uit een omhulsel van roestvrij staal met daarin de katalysatordrager (figuur 1). Tussen omhulsel en drager bevindt zich gewoonlijk een schokabsorberende en isolerende laag van vezelmateriaal. De drager is een middels extrusie gefabriceerde keramische monoliet met circa 62 kanaaltjes per cm². Als keramisch materiaal wordt meestal cordieriet (magnesium-aluminiumsilicaat) gebruikt. De wanden van de kanaaltjes hebben een dikte van 0,15 - 0,30 mm. Het specifiek oppervlak van een dergelijke keramische drager bedraagt circa 3 à 4 m²/l. Dit specifiek oppervlak wordt vergroot tot 20.000 à 30.000 m² door het aanbrengen van een zeer poreuze oppervlaktelaag, de 'wash-coat' genaamd. Deze laag wordt aangebracht door onderdompeling van de drager in een waterige suspensie van γ-Al₂O₃. Na de onderdompeling wordt de drager doorgeblazen om overmaat Al₂O₃ suspensie te verwijderen. Deze oppervlaktelaag wordt gefixeerd door calcinatie. Vervolgens worden de edelmetalen en promotors opgebracht en gefixeerd. De promotors zijn oxides van cerium en mogelijk ook lanthanum, nikkel en ijzer. Deze dragen bij aan de katalytische werking en verhogen bovendien de thermische stabiliteit van de wash-coat.



Figuur 1 Langs- en dwarsdoorsnede van een keramische monolietkatalysator (uit: Klaver; Autokatalysatoren, Stichting VAM, Voorschoten (1987))

In eerste instantie zijn autokatalysatoren ontwikkeld voor de Amerikaanse markt. Vervolgens is voor de Europese situatie een katalysator ontwikkeld, waarbij rekening moest worden gehouden met de Europese testcyclus, de hogere snelheidslimieten en de hogere maximaal toegestane loodconcentraties in loodvrije benzine. Daartoe zijn door katalysatorfabrikanten de volgende maatregelen genomen:

- om verhoogde tegendruk bij hogere snelheden te vermijden is de geometrie van de katalysatordrager aangepast;
- door de lage snelheden in de Europese testcyclus en de dus lagere uitlaatgastemperaturen, moest de katalysatoractiviteit worden verhoogd;
- in verband met de verwachte hogere maximum katalysortemperatuur is de hittebestendigheid van de wash-coat verhoogd;
- in verband met de hogere maximaal toegestane loodconcentratie in benzine in Europa (maximaal 13 mg/l), is de edelmetaalconcentratie en de platina/rhodium verhouding (Pt/Rh) in katalysatoren voor de Europese markt verhoogd;
- om zuurstofvergiftiging van de drieweg katalysator door de armere motorafstelling in Europa te voorkomen is de zuurstoftolerantie verhoogd; met name rhodium (Rh) zou hiervoor gevoelig zijn.

De samenstelling van een Europese driewegkatalysator is als volgt:

drager	:	Cordieriet monoliet; 62 cellen/cm ² , wanddikte 0,15 mm;
wash-coat	:	20 gew.% pseudo-boehmiet met als promotors onder andere lanthanides;
metalen	:	Pt + Rh: 1,24 - 1,41 g/l; Pt/Rh gewichtsverhouding: 5/1.

Het totale gewicht van de in de praktijk gebruikte drieweg katalysatoren varieert van ruim 2,5 kg tot ca. 6 kg, inclusief mantel, beschermkappen en een deel van het bevestigingsmateriaal. Het monolietgewicht daarin is ca. 0,4 tot 1,6 kg (gemiddeld ca. 1,0 kg). Het isolatiemateriaal draagt ca. 0,05 tot 0,25 kg bij, terwijl de rest (ruim 2 tot ruim 4 kg) uit een mengsel van metalen bestaat, waaronder voor ongeveer de helft roestvrijstaal.

De inzetbaarheid en werking van de Europese katalysator kan als volgt omschreven worden:

temperatuur : vanaf ca. 300 °C tot ca. 750 °C
 volume-belasting : 100.000 - 200.000 liter uitlaatgas/liter katalysatorvolume/uur
 katalysatorvolume/cilinderinhoud verhouding: 0,8 - 1,5

geregeld binnen $\lambda = 0,99 \pm 0,06$

conversie: HC > 80%
 CO > 70%
 NO_x > 70%

ongeregeld binnen $\lambda = 1,05 \pm 0,2$

conversie: HC minimaal 50%, gemiddeld 70%
 CO minimaal 20%, gemiddeld 55%
 NO_x minimaal 10%, gemiddeld 50%

De in het bovenstaande bedoelde katalysator bevat geen palladium. Palladium kan echter wel een deel zijn van de katalysatorsamenstelling. Palladium dat goedkoper is dan platina, is gevoeliger voor vergiftiging. Met name in oxidatiekatalysatoren kan naast platina een kleine hoeveelheid palladium worden aangetroffen.

2.3 Verwachte levensduur katalysatoren

De levensduur van de autokatalysator is van grote invloed op de potentiële marktvraag naar vervangingskatalysatoren.

De levensduur van katalysatoren wordt mede bepaald door verschillende vormen van veroudering en slijtage (mechanisch, chemisch en thermisch). Dit gegeven is van groot belang met het oog op het regenereren van de katalysatoren.

- Mechanische slijtage kan optreden door beschadigingen van buitenaf. Hiertoe is ter bescherming de kwetsbare keramische drager ingebed in een roestvrij stalen omhulsel met een elastische tussenlaag die tevens dient voor isolatie. Interne mechanische slijtage van de wash-coat met edelmetalen kan optreden door passeren van de metaal- en vuildeeltjes ('straaleffect'). De literatuur meldt een verlies van 0,1 à 0,2 mg edelmetaal per 100 km.
- Chemische slijtage of vergiftiging kan onder andere optreden door inbranden van kool- en asdeeltjes, het tanken van loodhoudende benzine en door de fosfor- en zinkhoudende verbindingen (ZDDP dope) die aan de smeerolie worden toegevoegd om bepaalde soorten slijtage en oxidatie van de motorolie tegen te gaan. De fosfor reageert sterk met de wash-coat en deze vorm van vergiftiging blijkt irreversibel te zijn. Er is momenteel echter motorolie verkrijgbaar die door een speciale samenstelling van de ZDDP dope katalysatorvriendelijk en toch geschikt is voor het Europees rijgedrag.

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

- Thermische slijtage kan optreden als gevolg van oververhitting van de katalysator. Dit kan onder andere voorkomen bij ontstekingsstoringen die leiden tot ophoping en oxidatie van onverbrande benzine in de katalysator. Bij oververhitting wordt de wash-coat minder poreus. Dit wordt veroorzaakt doordat bij temperaturen $> 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ overgaat in $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ waardoor het effectief oppervlak afneemt. Bij een temperatuur van circa $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ laat de wash-coat los. De edelmetaaldeeltjes kunnen aaneen gesinterd worden ($> 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) en uiteindelijk kan het dragermateriaal smelten.

In de praktijk komen ‘inbranden’ en mechanische breuk bij een klein deel van de personenauto’s voor als meest zichtbare oorzaak voor disfunctioneren van de katalysator.

De huidige driewegkatalysatoren hebben bij normale gebruiksomstandigheden een levensduur van tenminste 80.000 km (zie ook 7.2 en bijlage 1).

Het gemiddelde kilometrage van benzineauto’s is in 1990 12.920 km geweest. Dit betekent dat een gemiddelde automobilist met zijn benzine-auto na ca. 6 jaar de 80.000 km grens passeert. Uit CBS-gegevens blijkt echter de gemiddelde kilometrage’s per te onderscheiden categorie sterk te verschillen, zoals per bouwjaar, provincie en gewichtsklasse. Voor zwaardere auto’s (1151 - 1351 kg) geldt bijvoorbeeld dat gemiddeld binnen 5 jaar de 80.000 km grens wordt gepasseerd. Aangezien de gemiddelde levensduur van auto’s 11 jaar bedraagt, mag worden verwacht dat er een belangrijke vervangingsmarkt is voor het huidige wagenpark met katalysatoren.

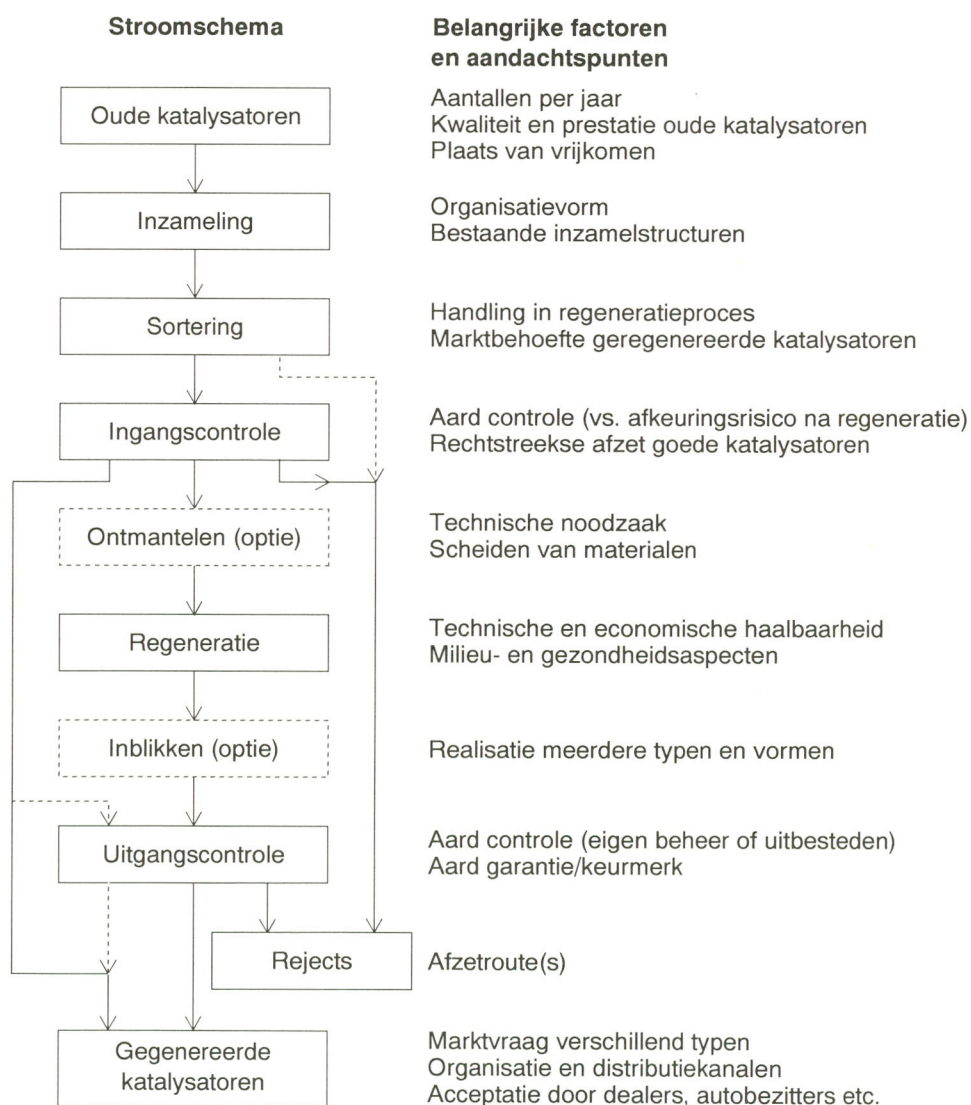
Er zijn echter technologische en beleidsmatige ontwikkelingen gaande, waardoor op termijn een katalysatorlevensduur van tenminste 160.000 km kan worden verwacht. Hierdoor zal een belangrijk deel van de personenauto’s tot het moment van sloop een voldoende werkende autokatalysator bezitten.

3 Schema voor regeneratie van katalysatoren en aandachtspunten voor verdere uitwerking

Vanaf het moment van vrijkomen van een afgedankte katalysator tot het moment dat deze na regeneratie in een uitlaatsysteem is geplaatst, is een groot aantal handelingen te verrichten.

Hieronder is een basisschema van de te onderscheiden processtappen in de regeneratieve verwerking van oude katalysatoren weergegeven. Dit is niet noodzakelijkerwijs het schema dat op termijn zal worden gerealiseerd; er zijn in principe nog diverse varianten mogelijk.

Het schema is als vertrekpunt gehanteerd voor de inventarisatie van de mogelijke, niet-technische belemmeringen van het voorgestelde regeneratieproces. Mede op basis van de belangrijkste actoren en de samenhang van de procesonderdelen, zijn deze in de navolgende hoofdstukken verder uitgewerkt.



Figuur 2 Stroomschema voor de regeneratie van autokatalysatoren

4 Marktbehoefte

4.1 Inleiding

Een voorwaarde voor de haalbaarheid van het regeneratieproces is een voldoende vraag naar geregenereerde katalysatoren. Daarbij is het tevens noodzakelijk dat de vraag niet groter is dan het aanbod van de voor regeneratie geschikte katalysatoren. In paragraaf 4.2 is het aanbod aan oude katalysatoren en de verwachte vraag naar geregenereerde katalysatoren indicatief beschreven.

Van invloed op de vraag- en aanbodzijde is onder meer de rol en het beleid van fabrikanten en importeurs van personenauto's ten aanzien van oude en geregenereerde autokatalysatoren. Teneinde hierin meer inzicht te verkrijgen is onder een aantal van deze partijen een schriftelijke enquête verspreid. In paragraaf 4.3 zijn de belangrijkste resultaten in het kader van de mogelijke niet-technische belemmeringen belicht.

4.2 Aanbod en vraag

Aanbod oude katalysatoren

Gezien de relatief korte termijn waarin sprake is van een grootschalige toepassing van katalysatoren in personenauto's komen deze momenteel in beperkte aantallen vrij voor inzameling. In de komende 8 jaar zal dit aantal echter sterk toenemen, en wel tot een niveau dat boven het aantal sloopauto's mét katalysator ligt. Het totale aanbod omvat immers ook de oude katalysatoren uit de vervangingsmarkt.

Eenvoudigheidshalve is aangenomen dat een eventuele tweede regeneratie van oude katalysatoren markttechnisch niet interessant is; zie ook paragraaf 5.5. Dit betekent dat het aanbod aan oude katalysatoren, dat potentieel in aanmerking komt voor regeneratie, in Nederland na 2002 meer dan 400.000 stuks per jaar zal bedragen [2]. Het betreft in hoofdzaak (geregelde) driewegkatalysatoren. In geheel Europa komen in 2000 al meer dan 8 miljoen oude katalysatoren vrij [3].

Vraag naar geregenereerde katalysatoren

Een vervangingsmarkt van enige omvang is noodzakelijk om een speciaal te ontwikkelen regeneratieproces te rechtvaardigen. Deze vervangingsmarkt komt slechts tot stand, indien tenminste aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- a. Bij de (periodieke) keuring van de auto worden eisen gesteld, waarvoor een goede werking van de katalysator noodzakelijk is;
- b. De gemiddelde technische levensduur van de auto is groter dan of vergelijkbaar met de gemiddelde levensduur van de katalysator.

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

Een andere mogelijkheid is dat nieuwe auto's in de toekomst worden uitgerust met geregenereerde katalysatoren. Vooralsnog wordt echter op basis van de enquête onder importeurs aangenomen dat dit geen reële afzetmogelijkheden biedt; zie ook 4.3.

Voorwaarde a. kan een periodieke keuring op de werking van de feitelijke katalysator inhouden, dat wil zeggen dat een uitbreiding of aanscherping van de huidige APK via bijvoorbeeld een rollenbanktest nodig is. In de huidige APK is echter de CO-grenswaarde voor geregelde driefwegkatalysatoren slechts te bereiken met een goed functionerend katalysatorsysteem, waarbij een goede oxidatieve werking van de katalysator voorwaarde is. Aan voorwaarde a. wordt dus in oxidatief opzicht voldaan via de huidige APK of -in versterkte mate- na mogelijke aanscherping van de APK (zie ook hoofdstuk 7). In de praktijk worden dan ook zo nu en dan geregelde driefwegkatalysatoren vervangen. Het betreft voornamelijk exemplaren die door breuk of inbranden defect zijn geraakt. Chemische veroudering speelt tot dusverre nog niet of nauwelijks een rol van betekenis, omdat de meeste geregelde driefwegkatalysatoren na 1990 op de weg zijn gebracht.

Voor de *omvang* van de vervangingsmarkt vormen de levensduurverwachtingen van de auto en de katalysator de bepalende factoren. Indien de gemiddelde technische levensduur van auto's aanzienlijk groter is dan die van katalysatoren, kan de vervangingsmarkt vrijwel evengroot worden als de markt voor nieuwe auto's c.q. nieuwe katalysatoren. In de praktijk is de gemiddelde levensduur van een katalysator echter niet veel kleiner dan die van een auto. Door verdere produktverbetering zal de levensduur van katalysatoren vermoedelijk nog iets toenemen, zodat rekening moet worden gehouden met een duidelijk kleinere vervangingsmarkt. In referentie [4] is geschat dat de vervangingsmarkt vrijwel 80% van de nieuw-verkochte auto's uitmaakt. In referentie [2] wordt daarentegen gesteld dat het niet waarschijnlijk is dat er een omvangrijke vervangingsmarkt zal ontstaan.

Mede op basis van de gegevens in paragraaf 2.3 lijkt een potentiële vervangingsmarkt ter grootte van 30% - 50% van de nieuw-verkochte auto's een redelijke schatting (dus ca. 150.000 tot 200.000 stuks per jaar). Het maximum van de vraag zal vermoedelijk liggen in de periode tussen het jaar 2000 en ca. 2008. Daarna zal de vraag weer afnemen als gevolg van de verbeterende levensduur van katalysatoren.

De actuele vraag naar vervangingskatalysatoren zal kleiner zijn dan de hierboven geschatte potentiële markt, vanwege het feit dat een deel van deze markt van nieuwe katalysatoren gebruik zal maken.

Concrete gegevens voor een betrouwbaarder schatting zijn echter (nog) niet voorhanden. Er kan dus worden geconcludeerd dat de omvang van de afzetmarkt onzeker is.

4.3 Enquêteresultaten

De aangeschreven fabrikanten en importeurs van personenauto's zijn geselecteerd op basis van de merkenlijst van de Nederlandse Vereniging 'De Rijwiel- en Automobiel Industrie', RAI. Het betreft:

— Renault Nederland N.V.	(Alpine Renault)	x
— Pon's Automobielhandel B.V.	(Audi)	x
— BMW Nederland B.V.	(BMW)	x
— Citroën Nederland B.V.	(Citroën)	
— Fiat Auto Nederland B.V.	(Fiat)	x
— Ford Nederland B.V.	(Ford)	x
— Auto Palace de Binckhorst B.V.	(Mazda)	x
— Mercedes-Benz Nederland B.V.	(Mercedes-Benz)	x
— Hart Nibbrig & Greeve B.V.	(Mitsubishi)	x
— Nissan Motor Nederland B.V.	(Nissan)	
— General Motors Nederland B.V.	(Opel)	x
— Peugeot Talbot Nederland N.V.	(Peugeot)	x
— Auto Import Mij. A.I.M. B.V.	(Saab)	
— Louwman & Parqui B.V.	(Toyota)	x
— Pon's Automobielhandel B.V.	(Volkswagen)	x
— Volvo Nederland Personenauto B.V.	(Volvo)	x

De met een 'x' gemarkeerde fabrikanten/importeurs hebben hun medewerking aan de enquête verleend.

De resultaten van de enquête zijn weergegeven in bijlage 2.

Op basis van deze gegevens blijken er in Nederland vanaf 1985 in totaal minimaal (vanwege de dekkinggraad van de enquête) 1,4 miljoen auto's met katalysatoren verkocht te zijn, waarvan op dit moment het grootste deel nog functioneel is.

De Statistiek van de motorvoertuigen van het CBS [1] laat zien dat er in de periode van 1984 tot en met 1 augustus 1993 in totaal 1.462.941 personenauto's zijn verkocht met een geregelde katalysator. De enquêtegegevens en de CBS-gegevens komen derhalve qua grootte-orde goed met elkaar overeen.

Volgens CBS zijn er in Nederland in 1992 492.000 personenauto's verkocht, waarvan 395.407 met een geregelde katalysator. De enquête-referenten komen tot een totaal aantal auto's met katalysator ter grootte van circa 310.000 per jaar. De dekkinggraad van de enquête lijkt dus vrij hoog (vrijwel 80%), ondanks het ontbreken van enkele merken.

Op de vraag of er door de fabrikant of importeur een gericht beleid wordt gevoerd ten aanzien van terugname, recycling, en/of verwerking van afgedankte autokatalysatoren is uiteenlopend geantwoord.

Een aantal importeurs/fabrikanten voert inmiddels een actief beleid, waarbij men ernaar streeft afgedankte katalysatoren in te zamelen en, gewoonlijk via de fabriek, af te voeren naar een verwerker. Onder de respondenten betreft het de volgende, met tevens een opgave van het aantal katalysatoren dat momenteel vrijkomt:

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

	<i>Aantal katalysatoren per jaar</i>
— Alpine Renault	2000 (schatting voor 1994)
— Audi Volkswagen	400 (1993)
— BMW	100 (1993)
— Mercedes-Benz	'enkele'
— Volvo	996 (1993)

Men werkt daarbij met een statiegeldregeling of met een ruilsysteem. Het aantal terugontvangen katalysatoren is mede afhankelijk van de opzet van het retoursysteem. De bovengenoemde automerken leverden in 1992 ca. 29% van alle nieuw verkochte auto's. Verder is Ford op Europees niveau actief, maar heeft één en ander nog niet geëffectueerd voor Nederland. Bij de overige merken is nog geen sprake van een centraal beleid, of is het beleid er op gericht de katalysatoren door particuliere inzamelers te laten afvoeren en verwerken. Dit wordt mede veroorzaakt door het tot nu toe geringe aanbod van oude c.q. vervangingskatalysatoren. Mazda stelt zich op standpunt dat de katalysator onderdeel uitmaakt van een autowrak, zodat het aldus dient te worden behandeld.

De fabrikanten/importeurs staan veelal positief tegenover het voorstel tot regeneratie, met name indien de levering van geregenereerde katalysatoren via de eigen onderdelenservice zal verlopen. De katalysatoren zullen aan stringente kwaliteitseisen moeten voldoen en dienen uitsluitend als ruilartikel. Dit betekent dat bij een ongewijzigde houding van de fabrikanten de geregenereerde katalysatoren alleen een vervangingsmarkt kunnen bedienen. Renault en VW-Audi zijn in beginsel tegen gebruik van geregenereerde katalysatoren.

5 Logistieke aspecten

5.1 Inleiding

In het totale proces vanaf het vrijkomen van oude katalysatoren tot het moment dat een geregenereerde katalysator weer onder een auto wordt gemonteerd, is een groot aantal stappen te onderscheiden (zie hoofdstuk 3). In hoofdlijnen betreft het:

- inzameling;
- ingangscontrole;
- regeneratie proces (inclusief een eventuele ontmantelings- en ‘canning’stap);
- uitgangscontrole;
- distributie en verkoop.

Een goede afstemming tussen de genoemde processtappen is uiteraard van groot belang. Naast een beschrijving van de wijze waarop dit kan plaatsvinden, zal in dit hoofdstuk worden nagegaan of er potentiële knelpunten zijn met betrekking tot de logistiek (waaronder de inzameling en afzet van katalysatoren) en de beheersing van de produktkwaliteit.

5.2 Inzameling

Aanbieders

Tot voor kort kwamen oude katalysatoren hoofdzakelijk vrij bij schadegevallen, zowel bij autodemontagebedrijven als bij garages. Het betrof maximaal enige duizenden exemplaren per jaar. De autodemontagebedrijven ondervinden momenteel een sterke toename in het aanbod van katalysatoren van auto's die aan het eind van hun technische leven zijn. Dit zijn vaak katalysatoren van de eerste generatie, dat wil zeggen ongeregeld en primair gericht op oxidatie van CO en koolwaterstoffen (geen NO_x-verwijdering). In garagebedrijven komen nog steeds geringe aantallen katalysatoren vrij, veelal als gevolg van schades waarin het uitlaatsysteem is betrokken of door ‘inbranden’ als gevolg van een slecht werkende motor.

In de toekomst kan ook het aanbod bij garagebedrijven, inclusief uitlaatcentra, sterk toenemen. Voorwaarde hiervoor is het instellen van een periodieke keuring op de deugdelijke werking van katalysatoren, dat wil zeggen een uitbreiding of aanscherping van de APK. Hierbij kan worden opgemerkt dat de huidige CO-grenswaarde in de APK bij geregelde driewegkatalysatoren slechts kan worden bereikt met een goed functionerende katalysator. Bij breuk of inbranden van de (geregelde) driewegkatalysatoren wordt danook in de praktijk tot vervanging overgegaan. Chemisch disfunctioneren is in de praktijk nog nauwelijks aan de orde, vanwege de relatief korte tijd die verstreken is sinds de introductie van autokatalysatoren.

Zoals in paragraaf 4.2 ruwweg is geschat, kan het daarbij gaan om maximaal 150.000 tot 200.000 stuks te vervangen katalysatoren per jaar. Het precieze aantal hangt echter sterk af van de toekomstige APK-eisen en de gemiddelde levensduur van nieuwe (c.q. toekomstige) katalysatoren ten opzichte van die van de auto's waaronder zij worden gemonteerd.

Inzameling

Afgezien van enkele automerken, die streven naar inzameling en verwerking via bijvoorbeeld een statiegeldsysteem (zie paragraaf 4.3), is er nog geen sprake van een goed gecoördineerde inzamelstructuur voor afgedankte katalysatoren. Er zijn meerdere inzamelaars op de markt actief die bij autodemontagebedrijven en garagebedrijven de katalysatoren opkopen tegen een geringe vergoeding (voor de meeste typen f 10 tot f 25 per stuk). Deze worden vervolgens doorverkocht aan verwerkingsbedrijven die de edelmetalen terugwinnen.

De belangrijkste Europese verwerker is momenteel Degussa, die in 1995 ca. 1 miljoen oude katalysatoren verwacht te verwerken. Daartoe is een inzamelnetwerk opgezet, waarin garages, dealers, sloopbedrijven en autofabrieken, voornamelijk binnen Duitsland, maar in toenemende mate ook buiten Duitsland, zijn betrokken. Daarnaast zijn er enkele andere verwerkers voor edelmetalen die processen in huis hebben om platina, rhodium en palladium uit oude katalysatoren of halfconcentraten terug te winnen (onder andere Johnson Matthey (UK), Hoboken Overpelt (B), Hereaus (D) en Comptoir Lyon Allemand Louot (F)).

Indien regeneratie van katalysatoren een haalbare optie blijkt te zijn, kan het regeneratiebedrijf in principe dezelfde inzamelkanalen gebruiken als hierboven is beschreven. Er is echter een aantal redenen te geven voor het opzetten van een aan het regeneratiebedrijf gelieerde inzamelorganisatie. De belangrijkste reden is dat er op het inzameladres reeds een eerste (visuele) ingangscontrole en voorsortering op type katalysator kan plaatsvinden (zie ook 5.4). Gezien de relatief hoge intrinsieke waarde van te regenereren katalysatoren is het van belang dat de voorselectie op een wijze gebeurt die voor de aanbieder en het regeneratiebedrijf controleerbaar is. STIBA heeft te kennen gegeven de inzameling van katalysatoren zelf ter hand te kunnen en te willen nemen. Men denkt daarbij aan een landelijk net van ca. 200 inzamelstations. Verder dienen de voorraden katalysatoren bij het regeneratiebedrijf om doelmatigheidsredenen klein te zijn, hetgeen met een eigen inzamelorganisatie kan worden waarborgd. Tenslotte kan van de zelfde vrachtwagens gebruik worden gemaakt om de geregenereerde katalysatoren naar afnemers te transporteren, zoals de eerdergenoemde inzamelstations en de importeurs/distributiebedrijven van bepaalde automerken en de onderdelen daarvan.

Voor de inzameling van oude katalysatoren wordt voorlopig uitgegaan van een aanbod van 200.000 bruikbare katalysatoren per jaar. Deze kunnen worden verzameld op 200 door Nederland verspreide inzamelpunten, om vervolgens per vrachtwagen naar een centraal verwerkingspunt te worden vervoerd.

Uitgaand van 210 werkdagen per jaar, betekent dit dat per dag 952 katalysatoren à 5 kg opgehaald moeten worden. Voor een 8 tons vrachtwagen zou dit gemiddeld per dag een rit van 300 kilometer langs 8 inzameladressen opleveren.

In principe kunnen ook de niet-bruikbare katalysatoren met dezelfde vrachtwagen worden ingezameld. Deze katalysatoren zijn dan bedoeld voor verwerking in bestaande installaties. Wanneer in de toekomst het totale aanbod van oude katalysatoren groeit, mogelijk tot meer dan 400.000, zal het aantal ritten vermoedelijk evenredig meegroeien.

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

De bovengenoemde gegevens laten zich als volgt samenvatten:

	Basisscenario	Alternatief scenario
Uitgangspunt inzamelingscenario	Te regenereren katalysatoren	Alle afgedankte katalysatoren
Jaarlijks aantal in te zamelen katalysatoren	ca. 200.000	400.000 tot 500.000
Aantal inzameladressen	200	max. 400
Gemiddelde rit	8 adressen/dag 300 km/dag	8 adressen/dag 300 km/dag
Vrachtauto	1 achtonner	2 achtonners

5.3 Ingangscontrole

De ingangscontrole kan gefaseerd worden uitgevoerd, allereerst op decentraal niveau door de katalysatoren bij de inzamelstations aan een visueel onderzoek te onderwerpen. Katalysatoren waarvan met een bepaalde zekerheid vastgesteld kan worden dat de drager beschadigd is, komen niet in aanmerking voor regeneratie. Dit geldt eveneens voor modellen waarvan een voldoende voorraad bestaat. Wanneer in het regeneratieproces de katalysator niet van het omhulsel gescheiden hoeft te worden, zullen ook katalysatoren met beschadigde (lekke en kromme) omhulsels afgekeurd worden.

De uiteindelijke ingangscontrole kan voorafgaand aan het regeneratieproces uitgevoerd worden, bijvoorbeeld door met het doorblazen van lucht de drukval over de katalysator vast te stellen. Hiermee wordt informatie verkregen over de conditie van de drager. In dezelfde stap kan, indien gewenst, ook de absolute lektheid van het omhulsel vastgesteld worden.

Verder kan het wenselijk zijn de (rest)werking van de katalysator vast te stellen, vooral indien deze van sloopauto's afkomstig zijn. Bij een zeer goed functionerende katalysator kan immers worden afgezien van een regeneratiestap en is de ingangscontrole te beschouwen als een uitgangscontrole (zie ook figuur 2 en paragraaf 5.5).

Onduidelijk is in hoeverre aanvullende controles vóór de regeneratie nodig zijn, bijvoorbeeld ten aanzien van de conditie van de washcoat. Veel hangt af van de technische mogelijkheden hiertoe en van de kosten die verbonden zijn aan het mislukken van de regeneratie van een gegeven katalysator.

Een alternatief is het transport van alle oude katalysatoren naar de centrale regeneratiefabriek. De katalysatoren worden daar gekeurd en de afgekeurde katalysatoren worden ontmanteld en opgeslagen om in voldoende grote hoeveelheden naar verwerkers (bijvoorbeeld Degussa en schroothandelaren) te worden afgevoerd.

5.4 Regeneratie

Indien ontmanteling van de katalysator noodzakelijk is, zal dit ten dele handmatig worden uitgevoerd. In het gunstigste geval kan de mantel opnieuw gebruikt worden. In dat geval zullen katalysator en mantel het regeneratieproces parallel doorlopen. Wanneer hergebruik van de katalysatormantel niet mogelijk is, levert dit op jaarbasis, uitgaande van 200.000 katalysatoren, ca. 600 ton schroot van wisselende samenstelling op. Het grootste deel is echter roestvrijstaal dat als waardevolle reststof kan worden afgezet bij schroothandelaren of rechtstreeks bij de primaire staalproductie.

5.5 Uitgangscontrolle

Producenten en importeurs van de geëncquêteerde automerken stellen stringente eisen aan de geregenereerde katalysatoren. Ook de eigenaar van de auto zal in geval van een vervangingskat zekerheid willen hebben over de werking van de katalysator. Daarom is het noodzakelijk de geregenereerde katalysatoren aan een strenge uitgangscontrolle te onderwerpen. Hierbij kan men kiezen voor keuring door een onafhankelijke instantie en/of een garantieregeling. Omdat de kwaliteit van oude katalysatoren van geval tot geval verschilt, zegt een steekproef niets over de kwaliteit van een enkele katalysator. Alle geregenereerde katalysatoren zullen daarom moeten worden getest. Uitgaande van een productie van 200.000 katalysatoren per jaar dient de testbank ca. 100 katalysatoren per uur te testen. Deze test kan worden uitgevoerd door de werking van de katalysator te onderzoeken wanneer een gas van bekende samenstelling, bijvoorbeeld een synthetisch gas of het uitlaatgas van een grotere verbrandingsmotor, onder gegeven condities (temperatuur, debiet) door een aantal parallel geschakelde katalysatoren te leiden. De samenstelling van de gassen voor en na de katalysatoren kan met sensoren worden vastgesteld.

Dergelijke testcycli worden momenteel voor katalysatorsystemen onder auto's ontwikkeld; deze rollenbanktest kan mogelijk in vereenvoudigde vorm worden nagebootst.

Wanneer de controle van de katalysatoren niet in het regeneratiebedrijf zelf plaatsvindt, levert dit een extra transport van de katalysatoren op, naar het keuringspunt en weer terug.

Een tussenoplossing kan mogelijk bestaan uit een keuring van de gehele productie bij het regeneratiebedrijf, aangevuld met een steekproefsgewijze controle bij een onafhankelijk instituut. Deze laatste zou dan ook op andere aspecten kunnen letten, zoals de consistentie van de monoliet en de washcoat en de aanwezige hoeveelheid edelmetaal.

5.6 Afzet van geregenereerde katalysatoren

De afzet van geregenereerde katalysatoren kan via de regionale inzamelstations verlopen. Van daaruit kan aan uitlaatcentra, garagebedrijven, dealers, onderdelenhuizen, particulieren etcetera worden geleverd.

Daarnaast is het denkbaar op termijn de produkten rechtstreeks bij importeurs en centrale service-afdelingen van diverse automerken af te zetten. Een voldoende groot en betrouwbaar aanbod, voldoende service en een gunstige prijs/kwaliteitverhouding

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

zijn voorwaarden om bij importeurs en dealers een betrouwbare afzetmarkt voor geregenereerde katalysatoren te creëren. Een mogelijk knelpunt in de afzet van geregenereerde katalysatoren is de wens of eis van bepaalde automerken zelf de vervangingsmarkt voor autokatalysatoren te willen bedienen. Uit de enquête bleek (zie paragraaf 4.3) dat dit zeker speelt bij een aantal gerenommeerde automerken. Bij veel merken is echter nog geen sprake van een centraal beleid.

Bij de niet-merkgebonden garagebedrijven en individuele consumenten speelt dit uiteraard niet en zal de afzet van geregenereerde katalysatoren met een aantrekkelijke prijsstelling te allen tijde mogelijk kunnen zijn.

De distributiekkanalen zijn dus vermoedelijk voor een groot deel identiek aan de inzakmelkanalen, mogelijk aangevuld met afzet bij diverse importeurs.

6 Economische aspecten

6.1 Inleiding

Tot de niet-technische belemmeringen van het regenereren van autokatalysatoren behoort in dit stadium zeker ook het maken van een inschatting van de economische mogelijkheden die er zijn om geregenereerde autokatalysatoren op de markt te brengen. Tot de economische aspecten van regenereren en op de markt brengen behoort in dit kader wederom het gehele traject van inzameling van afgedankte autokatalysatoren tot verkoop van geregenereerde exemplaren.

6.2 Uitgangspunten economische haalbaarheid

Inzameling

Binnen het project heeft de STIBA een ruwe inschatting gemaakt van de inzamelingskosten van autokatalysatoren bij autodemonstratiebedrijven. Bij deze inschatting is uitgegaan van de aannamen die in paragraaf 5.3 zijn vermeld. Bij aanvang van de inzameling met aanzienlijk lagere aantallen katalysatoren zullen de exploitatiekosten vrijwel gelijk blijven en dus de kosten per katalysator aanzienlijk hoger uitvallen.

Ingangscontrole en sortering

De ingangscontrole is gericht op het selecteren van katalysatoren waarvan met enige zekerheid verwacht mag worden dat deze na regeneratie weer goed zullen functioneren en waarnaar bovendien een zekere vraag is. De ingangscontrole zou de volgende onderdelen kunnen omvatten:

- uitselcteren van typen waarnaar geen vraag is;
- visuele inspectie op de integriteit van de mantel en het binnenwerk (voor zover zichtbaar);
- bepaling stromingsweerstand voor lucht en aansluitend een lektest (indien geen ontmanteling zal plaatsvinden);
- eventueel een korte test op conversievermogen voor een of meerdere componenten bij ca. 250 °C.

Zoals in paragraaf 5.3 is aangegeven, kan de ingangscontrole zowel gefaseerd plaatsvinden (op meerdere locaties en/of op verschillende tijdstippen) als in één bewerking plaatsvinden. In eerste instantie is uitgegaan van een gefaseerde controle.

De kosten van een ingangscontrole dienen in verhouding te staan tot de kosten die gemaakt worden door de hierdoor vermijdbare afkeuringen ná regeneratie. Een kanttekening hierbij is dat in de toekomst vermoedelijk een belangrijk deel van de katalysatoren afkomstig zal zijn van garagebedrijven annex APK-keuringstations,

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

waar reeds gegevens over de werking van de (afgekeurde) katalysator kunnen worden genoteerd. Dientengevolge is hier van een ‘worst-case’ uitgegaan.

Regeneratieproces

Het regeneratieproces omvat de volgende processtappen:

- a. Ontmantelen van de katalysatoren;
- b. Verwijdering van koolafzetting;
- c. Regenereren;
- d. Drogen/calcineren;
- e. Inblikken van de geregenereerde katalysator.

AKZO-Nobel Chemicals B.V. heeft op basis van een aantal aannamen de kosten van de punten a tot en met e geschat.

ad a. Ontmantelen van de katalysator

Uitgegaan is van het handmatig ontmantelen van de katalysatoren met gebruik van eenvoudige apparatuur. De haalbaarheid van een dergelijke aanpak is experimenteel getoetst; zie bijlage 3.

ad b. Verwijdering van koolafzetting

Een thermisch batchproces met een cyclustijd van ruim 24 uur is als basis aangehouden.

ad c. Regenereren

De feitelijke regeneratie vindt plaats met een chemische methode. De kosten zijn slechts qua orde van grootte geschat. De schatting is onder meer gebaseerd op enkele oriënterende experimenten; deze zijn in bijlage 3 kort besproken. Nadat de opzet en de technische haalbaarheid van het regeneratieproces via experimenteel onderzoek in meer detail bekend is geworden, kan een nauwkeurige schatting worden gegeven.

ad d. Thermische nabehandeling

De uitvoering en kosten van de droogstap zijn afhankelijk van de onder ad c gekozen werkwijze. Aangenomen is dat slechts een beperkte hoeveelheid regeneratiemiddel behoeft te worden uitgestookt. De kosten zullen niet hoger zijn dan de onder ad b. beschreven processtap.

ad e. Inblikken van de katalysator

Het inblikken van de katalysator (‘canning’) zal mede vanwege de kwetsbaarheid van de monoliet gemechaniseerd moeten plaatsvinden. De materiaalkosten zijn daarbij een belangrijke kostenpost. Hierbij is verondersteld dat na de ontmanteling de eerder

vrijgekomen mantels niet opnieuw kunnen worden gebruikt; deze worden als schroot afgevoerd.

Een mogelijk knelpunt bij het inblikken kan zijn gelegen in het grote aantal katalysatortypen dat moet worden aangemaakt. Momenteel worden namelijk ca. 250 verschillende typen onderscheiden. De vraag naar verschillende katalysatortypen kan in principe langs drie routen worden opgelost:

- Aanschaf van een geavanceerde inbliklijn die met een grote mate van flexibiliteit de gevraagde typen kan aanmaken.
- Een inbliklijn die slechts enkele basismodellen kan aanmaken, waarna deze met behulp van passtukken (door derden aan te leveren) geschikt worden gemaakt voor de verschillende autotypen.
- Volledige uitbesteding van het inblikken bij derden.

Vooralsnog is gekozen voor een eenvoudige inbliklijn voor een beperkt aantal basismodellen.

Uitgangscontrolle

De kosten voor de uitgangscontrolle zijn om diverse redenen onzeker; zie ook 8.1. Als leidraad hebben de keuringskosten voor uitlaatsystemen in de Verenigde Staten gediend. Deze bedragen voor een auto US\$ 20 tot 30.

Distributie geregenereerde katalysatoren

De distributiekanaalen zijn vermoedelijk voor een groot deel identiek aan de inzamelkanalen. Hiermee zijn dus nauwelijks of geen extra kosten gemoeid.

6.3 Beoordeling economische haalbaarheid

In het voorgaande zijn de verschillende stappen in het regeneratieproces en de daarbij gehanteerde aannamen kort beschreven.

Aangezien er nog geen vastomlijnd idee is over de uitvoering van de verschillende stappen in het regeneratieproces, zal het duidelijk zijn dat er geen betrouwbare kostengegevens zijn te verstrekken.

Ondanks deze onzekerheden tonen de indicatieve kostenberekeningen aan dat geregenereerde katalysatoren kunnen concurreren tegen nieuwe katalysatoren.

Het huidige prijsniveau van nieuwe katalysatoren ligt op circa f 800,= tot f 2000,=. Recentelijk worden ook vervangingskatalysatoren (nieuwe katalysatoren van mindere kwaliteit) aangeboden voor ongeveer 75% van deze prijs, ofwel voor ca. f 600,= tot f 1500,=.

Belangrijke kostenposten bij het regenereren zijn het inblikken en de uit te voeren controles. De uitgangscontrolle is onvermijdelijk, tenzij de praktijk uitwijst dat met een steekproefsgewijze controle kan worden volstaan. Dit laatste is echter niet waarschijnlijk. Een inblik- en ontmantelingsstap is mogelijk wel te vermijden, aangezien

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

de aantasting van de katalysatorbehuizing door het regeneratiemiddel vermoedelijk klein zal zijn.

Indien uit onderzoek blijkt dat een belangrijk deel van de geregenereerde katalysatoren wordt afgekeurd, kan worden overwogen de inblikstap ná de uitgangscntrole uit te voeren. Dit kan een belangrijke kostenreductie opleveren.

Een ander mogelijkheid voor een reductie van de inblikkosten is gelegen in het hergebruik van de mantelmaterialen. Een als omkeerbaar proces uit te voeren ontmantelingsstap en het bijeenhouden van de verschillende, losse katalysatoronderdelen tijdens het regeneratieproces zijn voorwaarden voor (de technische haalbaarheid van) een dergelijke aanpak.

De haalbaarheid van de voornoemde mogelijkheden zal via onderzoek nader bepaald dienen te worden. Hierdoor zullen geregenereerde katalysatoren nog beter kunnen concurreren tegen nieuwe katalysatoren.

7 Beleid en regelgeving

7.1 Inleiding

Het huidige en toekomstige beleid en de ontwikkelingen in de regelgeving zijn mede bepalend voor de omvang van de vervangingsmarkt voor autokatalysatoren. De regelgeving rond autokatalysatoren richt zich momenteel op twee zaken:

- het gebruik van geschikte katalysatoren;
- de uitlaatemissies (CO-grenswaarde).

Het eerstgenoemde punt is met name van belang bij de toelating c.q. goedkeuring van een nieuw type auto. De CO-grenswaarde voor de uitlaatemissie maakt onderdeel uit van de Algemene Periodieke Keuring (APK).

7.2 Europese regelgeving

Toelating autokatalysatoren

In de Europese wetgeving inzake uitlaatgassen is bepaald dat de auto's na 80.000 km nog dienen te voldoen aan de gestelde emissie-eisen. Deze eisen zijn hieronder omschreven. Deze emissie-eisen kunnen feitelijk alleen met een geregelde driefwegkatalysator worden bereikt. Voor vaststelling van de uitlaatemissies na 80.000 km kan naar keuze van de fabrikant gebruik worden gemaakt van een forfaitaire berekening of van de gegevens uit een rollenbanktest, zoals deze in de USA is vereist. In meeste gevallen wordt gebruikt gemaakt van de forfaitaire berekening die uitgaat van een lineaire vermindering van de prestaties van de katalysator met het aantal gereden kilometers.

In Californië is de bovengenoemde eis opgetrokken naar 160.000 kilometer. Het is niet ondenkbaar dat andere staten en Europa op termijn zullen volgen. Eind 1994 of begin 1995 worden in Brussel de adviezen verwacht voor de Europese emissie-eisen in het jaar 2000. Vermoedelijk zal de kilometergrens hiervan geen deel uitmaken. De invoering van de 160.000 kilometergrens zal daardoor vermoedelijk pas na 2000 kunnen plaatsvinden.

Er is op Europees niveau nog geen regelgeving met betrekking tot vervangingskatalysatoren. In enkele lidstaten wordt wel een discussie gevoerd over de instelling van een (overheids) keurmerk voor vervangingskatalysatoren.

Uitlaatemissies

In augustus 1992 is Richtlijn 92/55/EEG van de Raad van de Europese Gemeenschappen van kracht geworden, ter wijziging van Richtlijn 77/143/EEG inzake de technische controle van motorvoertuigen en aanhangwagens (uitlaatemissies). In

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

Nederland is de regelgeving conform de Europese regelgeving. De bijlage bij de nieuwe richtlijn [5] stelt voor op benzine rijdende voertuigen de volgende eisen:

- a. De uitlaatemissies worden **niet geregeld** door middel van een geavanceerd emissiebestrijdingssysteem zoals een geregelde driewegkatalysator met lambdasonde
 1. Visuele inspectie van het uitlaatsysteem, ten einde na te gaan of er geen lekken zijn.
 2. Visuele inspectie van het emissiebestrijdingssysteem, indien aanwezig, ten einde na te gaan of de noodzakelijke apparatuur aanwezig is.

Na een redelijke termijn voor het conditioneren van de motor, rekening houdend met de aanbevelingen van de voertuigconstructeur, dient het CO-gehalte van de uitlaatgassen te worden gemeten bij stationair (onbelast) draaien van de motor.

Het maximaal toelaatbare CO-gehalte van de uitlaatgassen is het door de voertuigconstructeur opgegeven gehalte. Indien bedoeld gegeven niet beschikbaar is of de met de controle belaste instanties van de Lid-Staten besluiten het niet als een referentiewaarde te gebruiken, mag het CO-gehalte van de uitlaatgassen niet groter zijn dan:

- voor voertuigen die voor de eerste keer ingeschreven of in het verkeer gebracht zijn tussen de door de Lid-Staten vastgestelde datum waarop deze voertuigen hebben moeten voldaan aan Richtlijn 70/220/EEG en 1 oktober 1986:

CO - 4,5 vol.%,

- voor voertuigen die na 1 oktober 1986 voor de eerste keer ingeschreven of in het verkeer gebracht zijn:

CO - 3,5 vol.%.

- b. De uitlaatemissies worden geregeld door middel van een geavanceerd emissiebestrijdingssysteem zoals een geregelde **driewegkatalysator met lambdasonde**
 1. Visuele inspectie van het uitlaatsysteem, ten einde na te gaan of er geen lekken zijn en of het systeem in al zijn onderdelen compleet is.
 2. Visuele inspectie van het emissiebestrijdingssysteem, ten einde te verifiëren dat de noodzakelijke apparatuur aanwezig is.
 3. Vaststelling van de doeltreffendheid van het emissiebestrijdingssysteem door meting van de lambdawaarde en van het CO-gehalte van de uitlaatgassen overeenkomstig punt 4 of overeenkomstig de door de constructeur aangegeven methode zoals opgetekend bij de typegoedkeuring. Daarbij dient rekening te worden gehouden met de door de voertuigconstructeur ten aanzien van iedere test aanbevolen periode voor het conditioneren van de motor.
 4. Emissies ter hoogte van de uitlaatpijp - grenswaarden
 - meting bij stationair draaien:
Het maximaal toelaatbare CO-gehalte van de uitlaatgassen is het door de voertuigconstructeur opgegeven gehalte. Indien bedoeld gegeven niet beschikbaar is, mag de CO-grenswaarde van 0,5 vol.% niet worden overschreden.

- meting bij opgevoerd stationair toerental van ten minste 2.000 omwentelingen/minuut, met onbelaste motor:
 - CO-gehalte : niet groter dan 0,3 vol. %
 - lambda : 1,00 +/- 0,03 of in overeenstemming met de specificaties van de constructeur.

7.3 Beleid en regelgeving op de langere termijn, in het bijzonder Nederland

Naar verwachting zal de komende jaren een voortdurende aanscherping van de APK plaatsvinden; zie ook bijlage 2. In de APK is momenteel alleen een koolmonoxide-eis genoemd. De mogelijke opname van koolwaterstoffen- en NO_x-grenswaarden in de APK staat ter discussie. Een indicatie van de toekomstige eisen op dit terrein is nog niet mogelijk. Het is echter niet waarschijnlijk dat de APK een directe toets op het functioneren van de autokatalysatoren zal omvatten. Indirect zal dit wel het geval zijn, omdat stringente emissie-eisen slechts met behulp van een voldoende actieve katalysator kunnen worden gerealiseerd.

Overigens kunnen de fabrikanten in principe verantwoordelijk worden gesteld voor het goed functioneren van de katalysator tot 80.000 km (zie 7.2). De overheid richt zich hierbij op de autofabrikanten, opdat deze een geschikte katalysator onder de auto plaatsen. Vanuit deze optiek is het begrijpelijk dat diverse autofabrikanten een retourstelsel voor oude katalysatoren introduceren.

Rond het jaar 2000 zal het testen van de lambda-sonde waarschijnlijk deel uitmaken van de APK. In principe kan ook de rollenbanktest een onderdeel van de APK gaan uitmaken, waarmee tevens andere emissies dan CO gemeten zullen worden. Hierover is echter geen zekerheid. De hoge investeringen die hiervoor nodig zijn, zullen onvermijdelijk leiden tot de sluiting van een groot aantal APK-keuringsstations.

Verder is het niet uitgesloten dat in de toekomst de motorrijtuigenbelasting afhankelijk wordt gemaakt van de (cumulatieve) uitstoot van een auto. Een dergelijke situatie zou een drijfveer voor de consument/automobilist kunnen zijn om op een bepaald moment een nieuwe katalysator, die voor minder uitstoot zorgt en dus een financieel voordeel kan opleveren, onder de auto te plaatsen [10].

Het idee van produkthergebruik in de vorm van geregenereerde katalysatoren wordt door de overheid toegejuicht. Produkthergebruik scoort hoog op de zogeheten Ladder van Lansink.

Er zijn geen wettelijke belemmeringen bekend met betrekking het gebruik van geregenereerde katalysatoren als vervangingskatalysator. Voor gebruik onder nieuwe auto's dient aan de Europese regelgeving te worden voldaan. Een op hergebruik aangepaste regelgeving is echter, bij gebleken geschiktheid, niet ondenkbaar.

8 Overige aspecten

8.1 Consumentenacceptatie

De consument c.q. autobezitter zal in het algemeen pas bij een periodieke keuring (i.e. APK) worden geconfronteerd met een minder goed of onvoldoende functionerende katalysator. Verder doen zich incidenteel schadegevallen aan uitlaatsystemen voor.

In geval van een APK-afkeuring zal binnen 2 weken een andere katalysator moeten zijn gemonteerd ten behoeve van de herkeuring.

Gezien het feit dat de huidige katalysatoren in beginsel meer dan 80.000 km goed functioneren, zal het merendeel van de afgekeurde katalysatoren vrijkomen bij auto's ouder dan 6 jaar. Voor consumenten en dus ook de bij de laatstgenoemde bezittersgroep is een kostenvoordeel een belangrijke drijfveer tot het doen van een bepaalde aankoop. Gezien het verwachte prijsverschil tussen nieuwe katalysatoren en geregenereerde katalysatoren, kan door geregenereerde katalysatoren een gunstige marktpositie worden ingenomen.

Bekendheid met het produkt is in dat geval van belang. Directe beschikbaarheid van (verschillende typen) geregenereerde katalysatoren bij garages en uitlaatcentra vormen een voorwaarde om de consumentenmarkt voor vervangingskatalysatoren adequaat te bedienen.

Bij bedrijfsauto's en lease-auto's kan worden verwacht dat het prijsvoordeel van geregenereerde katalysatoren van minder groot belang is, maar juist in deze marktsector (i.e. relatief nieuwe auto's) zullen vermoedelijk weinig vervangingskatalysatoren nodig zijn.

In vrijwel alle marktsectoren is de kwaliteit van het produkt en de borging daarvan van groot belang. De aspirantkoper heeft namelijk recht op een goed werkende katalysator. Tevens dient hij volledig overtuigd te zijn van de kwaliteit van zijn aankoop; hij is niet geïnteresseerd in een produkt dat binnen twee jaar wederom vervangen moet worden. Middelen hiertoe zijn het geven van een (meerjarige) garantie op een geregenereerde katalysator of het instellen van een keurmerk, bij voorkeur te geven en/of te controleren door een onafhankelijke instantie. Tevens is het voor bepaalde doelgroepen van belang dat de katalysator als nieuw oogt.

8.2 Milieu-aspecten

Zoals in de inleiding reeds is geschetst, is bij het voorgestelde regeneratieproces sprake van produkthergebruik. Dit betekent dat er geen oude katalysatoren (met een hoge toegevoegde waarde) naar verwerkers behoeven te worden afgevoerd. Tijdens de periode met een maximaal denkbaar geachte vervangingsmarkt, te weten ca. 200.000 te regenereren katalysatoren per jaar, gaat het jaarlijks om ca. 1000 ton produkt.

Zelfs indien we aannemen dat alle metalen delen en edelmetalen worden teruggewonnen ten behoeve van hergebruik, resteert bij verwerking van 1000 ton oude katalysatoren nog tenminste ca. 250 ton afval (voornamelijk de keramische drager en isolatiemateriaal). Een ander nadeel van verwerkingprocessen is dat deze zijn geba-

seerd op hoog-thermische processen om een kleine hoeveelheid edelmetalen terug te winnen. Een hoog energieverbruik is het gevolg. Hetzelfde geldt voor de metalen delen (mantelmateriaal) die via smelters worden opgewerkt.

Indien een ontmantelingsstap kan worden vermeden, bestaat het regenereren uit een aantal vrij simpele processtappen. De milieu-aspecten van het voorgestelde proces betreffen in hoofdzaak:

- Transport over de weg van oude en geregenereerde katalysatoren (ca. 80.000 km per jaar¹⁾);
- Ontkolen via een thermische stap (energiegebruik, afgasemissies);
- Afgewerkte regeneratievloeistoffen;
- Thermische nabehandeling (energiegebruik, afgasemissies);
- Kwaliteitskeuringen (energiegebruik, gassen/afgasemissies).

De belangrijkste emissies hangen samen met het energiegebruik voor transport en de te onderscheiden thermische behandelingen. Zonder warmteterugwinning is voor het drogen en calcineren ruwweg 4 MJ per katalysator nodig; de ontkolingsstap verlangt vermoedelijk minder dan 1 MJ per katalysator. Verder kan de uitgangscontrole op ruim 100 katalysatoren per uur een wezenlijke emissie inhouden. Andere emissies en het grondstoffen- en chemicaliëngebruik zijn vermoedelijk verwaarloosbaar. Eventueel afgekeurde katalysatoren kunnen worden afgevoerd via de reeds bestaande kanalen naar verwerkers van oude katalysatoren.

Door adequate maatregelen kan zowel het energieverbruik als de mogelijke lucht-emissies tot (zeer) lage niveaus worden gereduceerd.

Het zij hier nogmaals uitdrukkelijk vermeld dat het regeneratieproces nog geen definitieve vorm heeft gekregen, zodat een gedetailleerde analyse van de milieu-aspecten en een vergelijking met andere processen niet zinvol is.

Er is echter geen reden om te veronderstellen dat de milieu-aspecten bij het voorgestelde regeneratieproces een belemmering zullen vormen voor een praktijkinstallatie.

8.3 Arbeid en arbeidsomstandigheden

Het regeneratiebedrijf, inclusief transportvoorzieningen, kan naar schatting 15 tot 20 extra banen opleveren. Het betreft voornamelijk banen waarvoor een beperkt opleidingsniveau voldoende is.

Over de kwaliteit van het werk en de arbeidshygiënische aspecten zijn momenteel geen uitspraken te doen. Veel hangt af van de precieze invulling van het regeneratieproces.

8.4 Mogelijke concurrentie

In de literatuur zijn enkele voorbeelden van research naar regeneratie van autokatalysatoren te vinden. Het betreft met name een regeneratiemethode op basis van chloorgas en warmte [6]. Daarnaast is in een publicatie aandacht besteed aan het extractief verwijderen van ongewenste afzettingen, zoals fosfaat [7].

¹⁾ Dit is echter minder dan bij (niet-georganiseerde) afvoer naar het buitenland.

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

Voor zover bekend zijn er momenteel nog geen processen operationeel of in een dussdanig stadium van ontwikkeling dat commercialisatie op afzienbare termijn te verwachten is.

De verdere ontwikkeling van een chemisch proces voor regeneratie kan derhalve resulteren in een belangrijke marktvoorsprong.

De voorgestelde regeneratiemethode zal in principe geen directe concurrentie onderkennen van verwerkingsbedrijven. Deze richten zich met hun produkten op de grondstoffenmarkt.

9 Discussie

In de voorgaande hoofdstukken is de mogelijke opzet van een regeneratieproces voor autokatalysatoren beschreven. Daarbij is een aantal niet-technische belemmeringen en andere onzekerheden geïdentificeerd, die verbonden kunnen zijn aan een dergelijk initiatief.

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste potentiële belemmeringen samengevat en kort besproken ten aanzien van de onoverkomelijkheid ervan.

Maatschappelijke relevantie

Hergebruik van produkten, dus ook geregenereerde katalysatoren, scoort hoog in het Nederlandse milieubeleid (cf. de afvalstoffenladder uit de motie Lansink). Politieke of maatschappelijke belemmeringen behoeven niet te worden verwacht.

Marktbehoefte

De markt voor geregenereerde katalysatoren is momenteel klein. Dealers en importeurs hebben te kennen gegeven dat nieuwe auto's (fabrieksmatig) zullen worden uitgerust met nieuwe katalysatoren. Bij vervanging van een defecte katalysator is er bij diverse automerken een sterke behoefte (of zelfs de eis) dit via de eigen onderhoudenservice te laten verlopen. Een deel van de automerken heeft nog geen duidelijk beleid inzake vervangingskatalysatoren, zodat daar mogelijk op korte termijn een positieve attitude kan worden gecreëerd ten aanzien van geregenereerde katalysatoren. Na een (beperkte) penetratie van de markt kan, bij gegeven kwaliteitseisen, mogelijk ook het deel van de markt dat zich momenteel alleen van nieuwe katalysatoren wil bedienen, worden benaderd.

Onzeker is in hoeverre er naast de dealers/merkgarages, algemene garages en uitlaatcentra een significante markt voor particulieren kan worden opgebouwd.

Een sterke groei in de markt voor vervangingskatalysatoren is pas te verwachten nadat er stringente emissie-eisen zijn opgenomen in de APK. Dit zal niet voor 1997 het geval zijn. Aanvullende eisen voor koolwaterstofemissies zijn nog verre van zeker. Bij uitblijven van aanvullende APK-eisen zal de vervangingsmarkt in mindere mate groeien. Verder zal naar verwachting de gemiddelde levensduur van nieuwe katalysatoren toenemen, mogelijk tot tweemaal zo lang als de gemiddelde levensduur bij de introductie van driefwegkatalysatoren in de tweede helft van de tachtiger jaren.

De op middellange en lange termijn te verwachten omvang van de vervangingsmarkt is hierdoor niet betrouwbaar te schatten. Een piek in de vraag zal vermoedelijk zijn gelegen in de periode tussen 2000 en 2008, waarna de vraag weer geleidelijk zal afnemen.

Marktacceptatie/kwaliteitseisen

De geregenereerde katalysatoren zullen aan bepaalde, nog te definiëren kwaliteitseisen moeten voldoen. Een mogelijk knelpunt is dat de emissie-eisen in de

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

komende 10 jaar dermate worden aangescherpt dat deze niet meer met geregenereerde katalysatoren haalbaar zijn. Gezien het belang van produkthergebruik, is het niet onwaarschijnlijk dat voor oudere types en/of geregenereerde katalysatoren om politieke redenen aangepaste c.q. soepelere eisen worden gesteld. Zekerheid ontbreekt echter.

Zowel consumenten als de katalysatorplaatsende bedrijven (garages, uitlaatcentra e.d.) verlangen een produkt dat over meerdere jaren betrouwbaar blijft functioneren. Een op deze wens gebaseerde kwaliteitscontrole en een kwaliteitsborgingssysteem is derhalve van groot belang.

Logistiek

De inzameling van oude katalysatoren kan in principe via bestaande kanalen verlopen, maar een separaat inzamelsysteem verdient de voorkeur. STIBA is bereid en in staat hiervoor een landelijk netwerk van ca. 200 inzamelstations op te zetten.

De afzet van geregenereerde katalysatoren kan via dezelfde inzamelstations verlopen. Van daaruit kan aan uitlaatcentra, garagebedrijven, dealers, onderdelenhuizen en particulieren worden geleverd. Daarnaast is het denkbaar op termijn een rechtstreekse afzet bij importeurs van diverse automerken te creëren. Een knelpunt kan zijn dat diverse automerken een eigen beleid met betrekking tot oude katalysatoren voeren of mogelijk zelfs een eigen regeneratieproces voor 'wisselkatalysatoren' gaan ontwikkelen. Gezien het grote aantal typen katalysatoren kan dit laatste op Europese schaal een vereenvoudiging van het regeneratieproces inhouden. Er zijn echter geen aanwijzingen dat dit op middellange termijn zal gebeuren. Retour- en statiegeldregelingen op oude katalysatoren vormen alleen een substantiële belemmering indien het statiegeld meer bedraagt dan het prijsverschil tussen een nieuwe (vervangings)katalysator en een geregenereerde katalysator. De verwachting is dat dit zelden het geval zal zijn. Afgekeurde katalysatoren kunnen via bestaande verwerkingsinstallaties worden verwerkt.

Regeneratieproces

Er is nog geen duidelijkheid over de technische uitvoering van het regeneratieproces; ook de technische haalbaarheid van de voorgestelde regeneratiestap is nog niet aangetoond.

Een praktisch probleem is verder de ontmantelings- en inblikstap, omdat meer dan 250 katalysatorvormen bekend zijn. Ook de kosten van deze bewerkingen kunnen relatief hoog zijn. Zo mogelijk dienen deze stappen te worden vermeden.

Economische aspecten

Een eerste, globale kostenschatting toont aan dat de geregenereerde katalysatoren qua prijsstelling goed kunnen concurreren met nieuwe katalysatoren.

10 Conclusies en aanbevelingen

Regeneratie van autokatalysatoren biedt een goede mogelijkheid tot produktthergebruik. Daarmee kan een besparing op grondstoffen, afvalstoffen en energie worden gerealiseerd.

Uit de studie volgen geen onoverkomelijke niet-technische belemmeringen voor het ontwikkelen en toepassen van een regeneratieproces. Wel zijn er veel factoren en onzekerheden die het commerciële succes van een dergelijke activiteit sterk beïnvloeden.

De kosten voor inzameling, regeneratie, kwaliteitscontroles en distributie zijn volgens een eerste schatting voldoende laag om het geregenereerde produkt goed te laten concurreren tegen nieuwe katalysatoren. Relatief hoge kosten gaan gemoeid met de kwaliteitscontroles en de eventuele ontmantelings- en inblikstap. Mede hierdoor dient de ontmantelings- en inblikstap zo mogelijk te worden vermeden.

De markt voor oude en geregenereerde katalysatoren is onzeker. Vooral de vraag naar geregenereerde katalysatoren is in dit stadium niet goed in te schatten. Deze vraag is in eerste instantie bepalend voor de te bouwen regeneratiecapaciteit.

Geregenereerde katalysatoren zullen, zeker op relatief korte termijn, geen rol van betekenis spelen op de katalysatormarkt voor nieuwe auto's, zodat primair de vervangingsmarkt zal moeten worden bediend. De potentiële omvang van de vervangingsmarkt is sterk afhankelijk van enerzijds de levensduurverwachtingen van de katalysatoren en de auto's waaronder zij zijn gemonteerd en anderzijds van de vigerende APK-eisen.

Er kan worden verwacht dat de minimale levensduur van katalysatoren door technische verbeteringen en/of nieuwe regelgeving op de middellange of lange termijn zal stijgen van de huidige 80.000 km tot 160.000 km.

Een maximum marktvraag naar vervangingskatalysatoren is te verwachten in de periode tussen ca. 2000 en 2008. Indien de APK op termijn tevens een rollenbanktest omvat, gericht op vaststellen van de werking van de katalysator, kan de omvang van de vervangingsmarkt in die periode groter dan 50% van de nieuwmarkt zijn. Bij ongewijzigde APK-eisen zal de vervangingsmarkt vermoedelijk veel minder dan 50% van de nieuwmarkt voor katalysatoren omvatten.

Er wordt bij de overheid en de EU over verdere aanscherping van de APK-eisen in relatie tot de katalysator gesproken, doch zekerheid over daadwerkelijke aanpassingen ontbreekt.

Inzake de logistieke aspecten (inzameling, verwerking en distributie) zijn geen wezenlijke belemmeringen te verwachten. Wel zijn er enkele automerken die een retoursysteem voor katalysatoren hebben opgezet, waardoor een deel van de potentiële aanbod- en vraagzijde vervalt.

De consumentenacceptatie van geregenereerde katalysatoren (vervangingsmarkt) zal geen belemmering vormen, mits er sprake is van een prijsvoordeel en voldoende vertrouwen in de kwaliteit van het produkt. Hetzelfde geldt voor niet-merkgebonden bedrijven die katalysatoren in uitlaatsystemen plaatsen. Kwaliteitscontroles en -borging zijn derhalve van groot belang.

Er zijn voor zover bekend geen andere processen operationeel voor het regenereren van oude katalysatoren. Er is zeer weinig literatuur over regeneratie van autokatalysatoren.

Ondanks de hierboven geschetste onzekerheden lijkt het zinvol de mogelijkheden van een regeneratieproces verder te onderzoeken. Daarbij dient vooral aandacht te worden besteed aan de technische haalbaarheid van een regeneratieproces. Tevens verdient het aanbeveling voldoende aandacht te besteden aan de wijze waarop de kwaliteitscontroles dienen te worden uitgevoerd, de mogelijkheden tot vermijden van de ontmantelingsstap en het beter inschatten van de omvang van de vervangingsmarkt voor geregenereerde katalysatoren.

11 Referenties

- [1] Statistiek van de motorvoertuigen; Centraal Bureau voor de Statistiek; SDU; Den Haag (1993).
- [2] F.T.S. Zegers et al; Afgedankte autokatalysatoren: inzameling en herwinning van grondstoffen; NOH-rapport 9004 (januari 1990).
- [3] N.N. Catalytic converters yield precious metals for Degussa; Chemical Marketing Reporter, March 21, pg. 7, 1994.
- [4] A.A.J. van den Broecke; Groei en groeimogelijkheden personenautopark in Nederland tot 2010; Van den Broecke/Social Research/Projectbureau Integrale Verkeers- en vervoersstudies (1988), in [2].
- [5] Richtlijn 92/55/EEG van de Raad van 22 juni 1992, Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen, 10 augustus 1992.
- [6] J.E. Hoffmann; Recovering platinum-group metals from autocatalysts; Journal of metals 40, 6, 40-44 (1988).
- [7] S. Kim; M.J. D'aniello; Electron Microscopy Study of a rejuvenated vehicle-aged automotive exhaust catalyst; Applied catalysts, 56, 45-56 (1989).
- [8] B.J. Cooper, W.D.J. Evans, B. Harrison; Aspects of automotive catalyst preparation, performance and durability in A. Crucq, A. Frennet (eds.), Catalysis and automotive pollution control; Elsevier Science Publishers, Amsterdam (1987).
- [9] Mondelinge informatie P.W. Hoekstra (Rijksdienst voor het Wegverkeer).
- [10] Mondelinge informatie H.L. Baarbé (Ministerie van VROM, Directie Geluid en Verkeer, Afdeling Verkeer en Mobiliteit).
- [11] Mondelinge informatie Dr. Nieuwenhuis (Rijksuniversiteit Leiden).
- [12] Mondelinge informatie R.C. Rijkeboer (TNO-Wegtransportmiddelen).

12 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever

Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Namen en functies van de medewerkers

Ir. J.J.D. van der Steen
Ir. J.W. Assink
Ing. H.J.B. Averink

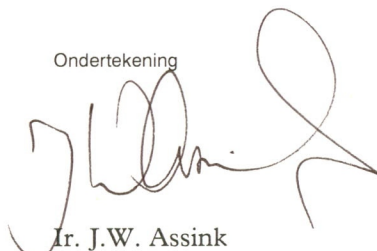
Namen van instellingen die aan het onderzoek hebben bijgedragen

STIBA, 's Hertogenbosch
AG Autogas Systems, Scherpenzeel
AKZO-Nobel, Deventer

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad

december 1993 - oktober 1994

Ondertekening



Ir. J.W. Assink
onderzoekleider

Goedgekeurd door



Dr. I.A. Todd
werkgroep leider

Bijlage 1 Besprekingsverslagen van interviews

Gesprek met : P.W. Hoekstra (Rijksdienst voor het Wegverkeer)
Datum gesprek : 24 mei 1994

Inleiding

De Rijksdienst voor het Wegverkeer (RDW), een uitvoeringsorganisatie van het Ministerie van Verkeer & Waterstaat, bestaat uit een Buiten- en een Binnendienst. De RDW houdt zich onder andere bezig met registratie (Veendam) en voertuigtechnische keuringen. De Binnendienst verricht typegoedkeuringen, keuringen van lampen, veiligheidsgordels, etc. In het verleden vond de typegoedkeuring van auto's plaats per land nu voor de gehele EEG.

De Buitendienst maakt ten aanzien van de voertuigkeuringen gebruik van een versnelde regeling. De auto's worden niet gezien door de RDW, behalve indien het gaat om auto's die door particulieren worden geïmporteerd en auto's die afkomstig zijn van kleine dealers. Ook auto's die ingrijpende aanpassingen hebben ondergaan (cabrioletten, trekhaken, ingebouwde LPG-installaties) dienen door de Buitendienst van de RDW te worden gekeurd.

Daarnaast verricht de Buitendienst periodieke keuringen van taxi's, bussen en voertuigen die worden gebruikt voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over het land.

Huidige Algemene Periodieke Keuring (APK)

De Algemene Periodieke Keuring (APK) vindt sinds 1981 plaats voor zware voertuigen en sinds 1985 voor personenauto's. De overheid heeft ten aanzien van de APK een afhoudend beleid gevoerd, dat wil zeggen dat de keuring door het bedrijfsleven kan en mag worden uitgevoerd.

In Nederland zijn circa 9.300 APK-keurende bedrijven. De RDW onderzoekt/testt deze bedrijven vooraf voor wat betreft aanwezige apparatuur, keurmeesters, etc. en toetst in een later stadium steekproefsgewijs de bedrijven op hun functioneren.

De APK kent 4,7 miljoen afmeldingen per jaar. In totaal zijn er circa 5,5 miljoen personenauto's in Nederland en 500.000 - 700.000 vrachtwagens.

De APK kent al lange tijd een CO-test, waarbij een CO-gehalte van 4,5% werd gehanteerd. Volgens de RDW werden er maar weinig auto's op een overschrijding van dit gehalte afgekeurd. Voor nieuwe auto's geldt momenteel een maximaal CO-gehalte van 0,5%. De CO-beoordeling wordt voornamelijk gezien als een beoordeling van de staat (van onderhoud) van de motor.

Tijdens de CO-test in de APK-keuring bestaat de taak van de keurmeester uit het naar het juiste toerental brengen van de motor, waarna de CO-test kan plaatsvinden. Bij een te hoog CO-gehalte zal de monteur (vaak dezelfde persoon als de keurmeester) de carburateur bijstellen, waarna nogmaals het CO-gehalte wordt bepaald.

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

Naar de mening van de RDW wordt er op dit moment als gevolg van de APK slechts incidenteel een nieuwe katalysator onder een auto geplaatst.

‘Toekomstige’ Algemene Periodieke Keuring

Volgens Hoekstra heeft het Ministerie van VROM de wens geuit dat V&W ‘iets’ gaat doen aan de emissies van C_xH_y en NO_x . Indien dergelijke emissie-metingen in de APK worden geïntroduceerd, betekent dat dat een rollenbanktest in de APK moet gaan plaatsvinden, hetgeen aanzienlijke investeringen voor de keuringsbedrijven zou betekenen. De BOVAG zou hierbij als belangenbehartiger van de garages waarschijnlijk niet gelukkig zijn.

EG-richtlijn

Vanaf 1997 zal de nieuwe EG-richtlijn van kracht zijn, waarbij de CO-meting (bij een verhoogd toerental > 2000) maximaal 0,3% mag opleveren. In Brussel wordt volgens de RDW nog slechts heel globaal gesproken over C_xH_y metingen als onderdeel van de APK.

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

Gesprek met : H.L. Baarbé (Ministerie van VROM, Directie Geluid en Verkeer, Afdeling Verkeer en Mobiliteit)
Datum gesprek : 18 mei 1994

Inleiding

Volgens Baarbé zijn de prijzen die momenteel voor nieuwe autokatalysatoren worden berekend zo hoog vanwege een (nog) niet goed functionerende markt. Doordat er nog nauwelijks 'losse' autokatalysatoren worden verkocht liggen de verkoopprijzen veel te hoog. De feitelijke kostprijs zal waarschijnlijk veel lager liggen dan nu wordt berekend.

Prestatie vermindering autokatalysatoren

Naar de mening van Baarbé is de belangrijkste oorzaak van vervanging van autokatalysatoren momenteel een mechanisch mankement, namelijk het stuk trillen ervan. Naar zijn idee valt het met thermische beschadigingen wel mee. Autokatalysatoren kunnen langzamerhand wel vervuult (vergiftigd) worden door sporen van vreemde metalen afkomstig van de dopes uit benzine.

Voorkomen en vrijkomen van oude autokatalysatoren

Vanaf 1989 zijn onder nieuwe auto's massaal geregelde katalysatoren geplaatst. Op dit moment zullen dat er 2 - 2,5 miljoen zijn, waarbij de oudste circa 5 jaar oud zijn.

Volgens Baarbé zal over enkele jaren een stationaire toestand van afgedankte autokatalysatoren bereikt zijn: circa 350.000 stuks op jaarbasis. Hierbij ligt een directe relatie met het gegeven dat het 50%-percentage te slopen auto's ligt bij auto's met een leeftijd van 11 - 12 jaar. Minder dan 50% van de auto's haalt 160.000 km (vermoedelijk het toekomstige aantal km's dat een autokatalysator dient mee te gaan).

Op den duur zullen er circa 5 miljoen auto's met een geregelde drieweg katalysator rondrijden.

Algemene Periodiek Keuring (APK)

Rond het jaar 2000 zal het testen van de lambda-sonde, een manier om de werking van de autokatalysator vast te stellen, deel uitmaken van de APK. Baarbé verwacht dat nieuwe auto's vanaf het jaar 2000 met de zogenaamde 'on-board-diagnostics' getest zullen kunnen worden. Daarnaast zou in principe ook de rollenbanktest een onderdeel van de APK kunnen uitmaken. Hierbij dient volgens hem te worden aangetekend dat een investering in de geschikte rollenbanktestfaciliteiten circa f 250.000,- tot f 500.000,- zou kunnen bedragen, een bedrag dat door een heleboel APK-keuringsinstanties niet kan worden opgebracht. Hiermee gekoppeld speelt di-

rect de vraag of de overheid in de toekomst de situatie zoals die nu is, met ruim 9.000 kleine en grote keuringsinstanties wenst te handhaven of dat men dit aantal drastisch wil inperken. Investerings als hierboven zijn met het oog hierop belangrijk.

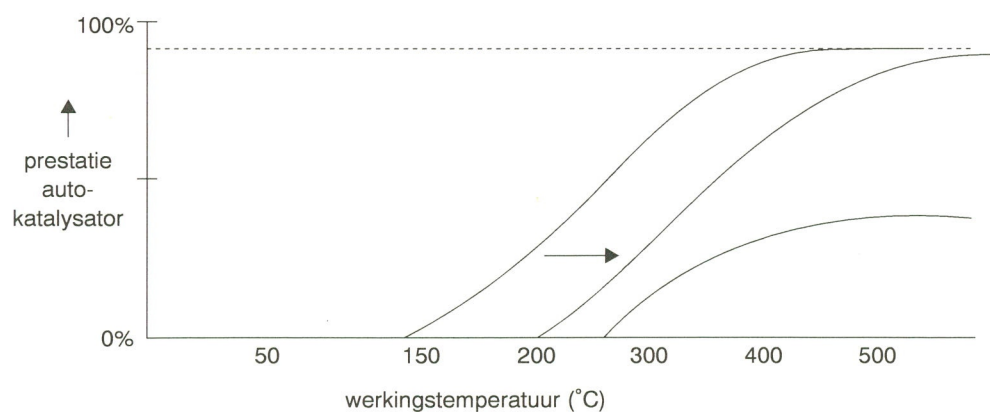
Volgens Baarbé zal de komende jaren een voortdurende aanscherping van de APK plaatsvinden. Hij plaatst daar echter de kanttekening bij dat er volgens hem weinig kans is dat de APK een duidelijk onderscheid kan maken in goede en slechte autokatalysatoren.

Volgens Baarbé wordt het gehele uitlaatgassysteem momenteel in de Verenigde Staten voor \$20 - 30 getest.

Er is een EG-richtlijn die aangeeft wat er in de APK dient te worden vastgesteld. Ten aanzien van de APK meldt Baarbé het volgende potentiële probleem. Het testen van de autokatalysator kan niet met een 'koude' test plaatsvinden, onder andere omdat onduidelijk is hoe kort of hoe lang voor de test de auto nog heeft gereden, welke afstanden, etc., met andere woorden de aanvangstemperatuur van de autokatalysator en daarmee direct gekoppeld de aanvangsprestatie kan een vertekenende situatie geven. Het testen van de autokatalysator zal derhalve met een 'warme' test dienen te gebeuren, hetgeen betekent dat de auto alvorens te worden getest op een goede wijze geconditioneerd moet worden, hetgeen op zich ook nog de nodige complicaties met zich mee kan brengen.

Veroudering van de autokatalysator

De veroudering van de autokatalysator is volgens Baarbé volgens onderstaand schema weer te geven.



Baarbé geeft als voorbeeld aan dat het temperatuur/prestatie profiel van een nieuwe katalysator de linkse curve is. Vanaf een temperatuur van 150 °C begint de katalysator een emissie reducerende prestatie te leveren; bij een temperatuur van 400 - 450 °C is de werking optimaal. Een wat oudere katalysator begint pas bij een temperatuur van circa 200 °C een emissie reducerende prestatie te leveren, waarbij bij een temperatuur van 450 - 500 °C de optimale prestatie wordt bereikt. De marges tussen het presteren bij deze hoge temperaturen zijn volgens Baarbé dermate minimaal dat deze niet of

nauwelijks zijn te constateren. Het beste zouden de verschillen tussen nieuwe en oude autokatalysatoren pas te constateren zijn indien bij lage temperaturen de emissies worden bepaald, dus toch een koude test. De enige manier omdat op een juiste wijze te laten plaatsvinden, zou kunnen betekenen dat de auto bijvoorbeeld gedurende de nacht voorafgaande aan de test in een geconditioneerde ruimte zou moeten worden geplaatst om een voldoende duidelijk beeld te hebben van de voorgeschiedenis van de katalysator voorafgaande aan de test.

Alleen indien het temperatuur/prestatie profiel volgens de rechtercurve verloopt (een minder prestaties leverende oude katalysator), zijn bij een warme test op een juiste wijze goede en slechte autokatalysatoren van elkaar te onderscheiden.

Toekomstige ontwikkelingen

Volgens Baarbé is op dit moment bij de overheid in studie/verkenning om in de toekomst de motorrijtuigenbelasting afhankelijk te maken van de uitstoot enerzijds en het aantal verreden km's. Een dergelijke situatie zou een drijfveer voor de consument/automobilist kunnen zijn om op een bepaald moment een nieuwe katalysator, die voor minder schadelijke stoffen uitstoot zou kunnen zorgen en dus een financieel gewin zou kunnen opleveren, onder de auto te plaatsen.

Ten aanzien van het initiatief van het regenereren van autokatalysatoren meldde Baarbé dat de overheid waarschijnlijk geen eisen zou stellen vanuit het oogpunt van milieubescherming, maar wel vanuit het oogpunt van consumentenbescherming. Daarnaast vraagt hij zich af of in de toekomst, door kwaliteitsverbetering (en dus een langere levensduur) van de autokatalysatoren, de markt voor het regenereren niet opdroogt.

Volgens Baarbé heeft de firma Bosal (België) in ECE verband een voorstel ingediend voor de ontwikkeling van een testmethode voor vervangingskatalysatoren.

Gesprek met : Dr. Nieuwenhuis (Rijksuniversiteit Leiden)
Datum gesprek : 1 juni 1994

Inleiding

Volgens Nieuwenhuis wordt momenteel slechts 15 - 20% van de hoeveelheid in autokatalysatoren aanwezig edelmetaal hergebruikt.

De verhoging van het aantal kilometers, dat de autokatalysator mee moet gaan, van 80.000 naar 160.000 km, kan volgens Nieuwenhuis alleen maar worden bereikt door het toevoeging van meer edelmetaal aan het drageroppervlak van de autokatalysator.

Deactivering van de autokatalysator

De belangrijkste reden van deactivering van de autokatalysator is volgens Nieuwenhuis het sinteren (samenklonteren) van de edelmetaal deeltjes op het oppervlak, als gevolg waarvan de katalyserende prestatie van de aanwezige edelmetaaldeeltjes verslechtert. Lood vergiftiging van de autokatalysator komt in de praktijk nogal eens voor, niet zo zeer vanwege verkeerd tanken, echter meer vanwege het feit dat de loodvrije benzine zoals die tegenwoordig wordt gebruikt, bij de tankstations opgeslagen wordt in voormalige gelode benzine tanks. Hierdoor komen sporen van lood in de loodvrije benzine, als gevolg waarvan de autokatalysatoren langzaam maar zeker vergiftigd raken. Dit probleem is van tijdelijke aard, omdat op een gegeven moment alle loodsporen wel uit de tanks zullen zijn verdwenen.

Het sinteringsproces zoals Nieuwenhuis dat als voornaamste deactiveringsoorzaak ziet, verloopt voornamelijk via de gasfase. In in bedrijf zijnde autokatalysatoren treden temperaturen van 800 - 1000 °C, soms zelfs tot 1200 °C op, onder soms oxiderende soms reducerende condities in de autokatalysatoren. Bij temperaturen van 800 °C vervluchtigt platina in de vorm van PtO. Op minder hete plaatsen kan PtO weer op het drageroppervlak van de katalysator neerslaan en (onder reducerende condities) weer tot Pt vervallen.

Mogelijkheden van reactivering van de autokatalysator

Op dezelfde wijze waarop het sinteringsproces verloopt, zou volgens Nieuwenhuis ook een omgekeerd sinteringsproces kunnen verlopen waarbij de gesinterde metaaldeeltjes op hun 'oorspronkelijke' positie (ongesinterd) worden teruggebracht. Nieuwenhuis is optimistisch gestemd over de mogelijkheden om autokatalysatoren op dergelijke wijzen te kunnen regenereren.

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

Algemene Periodieke Keuring (APK)

Naar de mening van Nieuwenhuis zou een meting van het CO-gehalte kunnen volstaan in de APK, omdat het CO-gehalte in de uitlaatgassen volgens hem voldoende informatie oplevert over het C_xH_y gehalte.

Beschikbare informatie over regenereren van autokatalysatoren

Nieuwenhuis attendeerde tenslotte op een artikel afkomstig van de General Motors Research Laboratories: referentie [7].

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

Gesprek met : Ir. R.C. Rijkeboer (TNO-Instituut voor
Wegtransportmiddelen)
Datum gesprek : 17 maart 1994

Inleiding

TNO-Instituut voor Wegtransportmiddelen voert een doorlopend onderzoek uit voor het Ministerie van VROM naar de werking van autokatalysatoren. Dit onderzoek is zo opgezet dat steekproefgewijs auto's 'van de weg worden gehaald' en vervolgens door TNO getest.

Ten aanzien van de werking van autokatalysatoren stelt dhr. Rijkeboer dat tot 80.000 km, een afstand die door de Nederlandse overheid is overgenomen uit de Verenigde Staten, de fabrikanten in principe verantwoordelijk kunnen worden gesteld voor het goed (blijven) functioneren van de autokatalysatoren. Na dit aantal kilometers zijn fabrikanten niet meer aansprakelijk te stellen voor het niet goed functioneren. Het onderzoek dat TNO voor het Ministerie van VROM uitvoert, is niet zozeer gericht op het controleren of particuliere autobezitters met een deugdelijke autokatalysator rondrijden, maar meer om de autofabrikanten te controleren op het plaatsen van goede autokatalysatoren onder de auto's. Overigens wordt omstreeks dit moment in de Verenigde Staten de grens van 80.000 km opgetrokken naar 160.000 km. De verwachting is dat Nederland op termijn zal volgen.

Fabricageproces

1. Corning (U.S.A.) en N.G.K. (Japan) zijn de enige fabrikanten van keramische dragers.
2. Deze keramische dragers gaan vervolgens naar bedrijven als Degussa en Johnson Matthey, waar de wash coat en de katalysator op de drager worden aangebracht.
3. Draggers met daarop wash coat en katalysator worden vervolgens door de zogenaamde 'canners' ingeblikt.
4. De katalysatoren kunnen naar de autofabrikanten of de markt op.

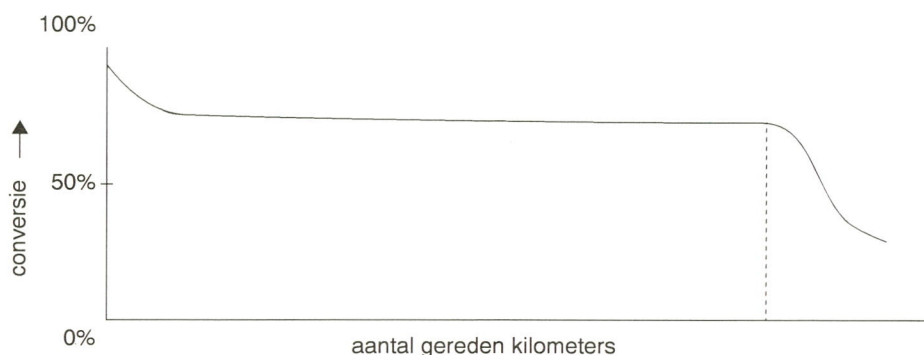
Werking van autokatalysatoren

Dhr. Rijkeboer stelt dat autokatalysatoren in het algemeen nog aan de eisen voldoen op het moment dat ze er 80.000 km op hebben zitten. Echter, tevens stelt hij dat de 'veroudering' van de katalysatoren, hoewel ze nog aan de geldende eisen voldoen, hoger is dan verwacht werd. Met andere woorden de 80.000 km katalysatoren halen nog wel de emissie-eisen, echter minder ruim dan werd verwacht. Deze constatering is op dit moment derhalve niet zo belangrijk, echter kan wel belangrijk worden op het moment dat de overheid de emissie-eisen waaraan een autokatalysator dient te voldoen scherper stelt.

Zoals gesteld, voldoen de autokatalysatoren in het algemeen na 80.000 km nog aan de eisen. In Duitsland daarentegen niet, hetgeen naar alle waarschijnlijkheid het ge-

volg is van een de gemiddeld hogere snelheden waarmee in Duitsland in auto's wordt gereden. Als gevolg van de hogere snelheden is de thermische belasting van de autokatalysator groter en is de verdergaande veroudering te verklaren.

In onderstaande figuur 4 is schematisch het verouderingsproces dat een autokatalysator ondergaat weergegeven.



Figuur 4 Verouderingsproces van een autokatalysator

De curve in figuur 4 laat zich als volgt verklaren:

Zelfs van nieuwe katalysatoren blijkt de werking in termen van emissiereductie niet 100% te zijn. Binnen een beperkt aantal km's neemt de werking van de autokatalysator wat af ('inloopverschijnsel'), hetgeen waarschijnlijk veroorzaakt wordt doordat de wash coat op het drageroppervlak onder invloed van hoge temperaturen zijn oppervlak verliest als gevolg waarvan een beperkt deel van de edelmetalen niet meer te bereiken zijn. Na dit inloopverschijnsel blijkt een groot aantal km's (tot zeker 80.000 km) vrij weinig met de autokatalysator en diens werking te gebeuren ('stabilisatie'). Er is sprake van een beperkte veroudering, in de figuur weergegeven als dat deel van de curve met een lichte neerwaartse helling, temperatuur en tijd afhankelijk. Na deze 80.000 km (afhankelijk van onder andere het rijgedrag van de bestuurder kan dit km-aantal hoger dan wel lager) zijn, is een duidelijk neerwaartse curve in de figuur te zien. Deze wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de O₂-opslag in de autokatalysator, afhankelijk van de aanwezigheid van Pd of Rh sterk achteruit gaat, als gevolg waarvan de autokatalysator niet meer voldoende functioneert. Dit omslagpunt kan afhankelijk zijn van de wijze waarop de katalysatorfabrikant drager en wash coat beladen heeft met edelmetalen. Heeft hij dit overvloedig gedaan, dan zal het omslagpunt van de neerwaartse curve later komen, heeft hij dit minimaal gedaan dan volgt het eerder. Edelmetalen zijn echter duurder, een gegeven waarmee de katalysatorfabrikant rekening zal houden.

'Verkeerd tanken' waardoor een katalysator wordt vergiftigd komt in de praktijk weinig voor, een verkeerd afgestelde ontsteking komt in de praktijk wel voor hetgeen funest kan zijn voor de autokatalysator.

Bijlage 2 Resultaten schriftelijke enquête onder fabrikanten en importeurs van personenauto's

In maart 1994 zijn in totaal 15 merken aangeschreven, waarvan er 12 hebben gereageerd. Geen reactie is ontvangen van Citroën, Nissan en Saab.

Op de vraag hoeveel personenauto's van een bepaald merk in de periode van 1985 tot heden met een katalysator op de Nederlandse markt zijn gebracht, is als volgt geantwoord:

— Alpine Renault	:	128.785	
— Audi	:	250.000	
— BMW	:	55.000	
— Fiat	:	88.921	(sinds 1991)
— Ford	:	175.000	(ruwe schatting)
— Mazda	:	152.324	
— Mercedes-Benz	:	19.193	(exclusief dieselskatalysatoren)
— Mitsubishi	:	60.000	
— Opel	:	300.000	
— Peugeot	:	110.000	
— Toyota	:	155.000	
— Volkswagen	:	zie Audi	
— Volvo	:	90.000	

Op basis van bovenstaande enquêtegegevens betekent dit dat er in totaal minimaal (vanwege de dekkingsgraad van de enquête) ruim 1,4 miljoen autokatalysatoren vanaf 1985 onder Nederlandse auto's zijn geplaatst, waarvan op dit moment het grootste deel nog functioneel is.

De Statistiek van de motorvoertuigen, 1 augustus 1993 van het Centraal Bureau voor de Statistiek [1] laat zien dat er in de periode van 1984 tot en met 1 augustus 1993 in totaal 1.462.941 personenauto's zijn verkocht met een geregelde katalysator. De enquêtegegevens en de CBS gegevens komen derhalve qua grootte-orde goed met elkaar overeen.

Op de vraag hoeveel personenauto's van een bepaald merk op dit moment jaarlijks met een katalysator op de Nederlandse markt worden gebracht, is als volgt geantwoord:

— Alpine Renault	:	35.000	
— Audi	:	40.000	
— BMW	:	8.500	
— Fiat	:	25.000	
— Ford	:	35.000	
— Mazda	:	19.000	
— Mercedes-Benz	:	4.200	
— Mitsubishi	:	7.500	
— Opel	:	65.000	
— Peugeot	:	24.000	
— Toyota	:	26.000	
— Volkswagen	:	zie Audi	
— Volvo	:	18.500	
			+
Totaal		ca. 310.000	

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

Volgens de Statistiek van de motorvoertuigen, 1 augustus 1993 van het Centraal Bureau voor de Statistiek [1] zijn er in Nederland in 1992 492.000 personenauto's verkocht.

Op de vraag of en zo ja welk beleid door de fabrikant/importeur wordt gehanteerd ten aanzien van terugname/recycling/verwerking van afgedankte autokatalysatoren is als volgt geantwoord:

- Alpine Renault : Renault Nederland heft statiegeld op autokatalysatoren. Na ontvangst van een oude katalysator wordt dit statiegeld gecrediteerd. De aldus ingezamelde katalysatoren worden opgeslagen en bij voldoende aantallen teruggezonden naar de fabriek in Frankrijk voor verwerking.
- Audi : Afgedankte autokatalysatoren worden ingenomen bij vervanging (ruilsysteem 'nieuw' voor 'oud') en via de fabriek ter verwerking aangeboden (zie Volkswagen).
- BMW : De vervangen katalysator wordt als ruildeel retour gezonden naar BMW in Duitsland en daar verwerkt. Dit retourneren van afgedankte katalysatoren vindt plaats via de onderdelen-dienst. Op iedere afgedankte katalysator staat een borgsom.
- Fiat : Fiat Auto Nederland B.V. geeft aan dat het nog onduidelijk is op welke wijze inzameling/verwerking, etc. van oude katalysatoren zal worden aangepakt.
- Ford : Op Europees niveau is Ford actief op dit vlak, echter e.e.a. is nog niet effectief voor Nederland.
- Mazda : Vanuit de Mazda organisatie wordt gewezen op de door de RAI in samenwerking met onder andere STIBA opgerichte Auto Recycling B.V. die is opgericht om de verwerking van autowrakken op een goede wijze te organiseren. Mazda geeft aan dat de autokatalysator deel zal uitmaken van het autowrak en aldus zal worden behandeld. Vanuit Mazda zijn aldus geen initiatieven te verwachten.
- Mercedes-Benz : Mercedes Benz Nederland kent een ruilsysteem met statiegeldregeling voor katalysatoren. Mercedes Benz Nederland verzorgt aldus de inzameling waarna deze doorgestuurd worden naar Mercedes Benz Duitsland.
- Mitsubishi : Mitsubishi kent (nog) geen beleid aangezien het aantal vervangingen van afgedankte katalysatoren nog te gering is.
- Opel : Binnen de Opel organisatie heeft men de individuele dealers geïnformeerd over de inzamelaars die katalysatoren opkopen. Verder heeft General Motors Nederland nog geen beleid.
- Peugeot : Peugeot Talbot Nederland B.V. kent geen centrale inzameling c.q. verwerking. Aan de dealerorganisatie heeft men de adressen verstrekt van de bedrijven die actief zijn op het gebied van inzameling en verwerking.
- Toyota : Nog geen beleid, aangezien het aantal afgedankte autokatalysatoren op dit moment nog niet toereikend is.
- Volkswagen : Afgedankte autokatalysatoren worden ingenomen bij vervanging en via een inzamelaar ter verwerking aangeboden (zie Audi).

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

- Volvo : Volvo dealers kunnen alle katalysatoren retourneren aan Volvo Nederland. Volvo Nederland zorgt voor de verdere distributie ten behoeve van verwerking. Autokatalysatoren vrijkomend bij auto's van de 300/400 serie worden via Nedcar ingezameld/verwerkt. Katalysatoren van de 200/700 en de 800/900 serie worden via een onafhankelijke inzamel/verwerkingsbedrijf afgenomen.

Op de vraag welke hoeveelheden autokatalysatoren op jaarbasis door of via de fabrikant/importeur zijn ingezameld en ter verwerking aangeboden is als volgt geantwoord:

— Alpine Renault	:	2.000	(schatting voor 1994)
— Audi	:	zie Volkswagen	
— BMW	:	100	
— Fiat	:	---	
— Ford	:	---	
— Mazda	:	---	
— Mercedes-Benz	:	enkele gevallen	
— Mitsubishi	:	---	
— Opel	:	---	
— Peugeot	:	---	
— Toyota	:	---	
— Volkswagen	:	400	
— Volvo	:	996	(1993)

Op de vraag hoe de fabrikant/importeur staat ten opzichte van het initiatief van regenereren van autokatalysatoren en of de fabrikant/importeur bereid zou zijn om een geregenereerde autokatalysator onder nieuwe auto's dan wel als vervangingskatalysator onder reeds in gebruik zijnde auto's, is als volgt geantwoord:

Alpine Renault	Voor ons niet van toepassing
Audi	Nee, volgen fabriekspolitiek
BMW	-
Fiat	Bereidheid om geregenereerde kats als vervangingskat te plaatsen is aanwezig, mits levering hiervan via ons eigen onderdelen circuit, in verband met omzet.
Ford	In principe staan wij daar niet negatief tegenover. E.e.a. zal echter moeten voldoen aan Ford-Normen met betrekking tot ruildelen door Ford geleverd.
Mazda	— Ons bedrijf staat positief tegenover uw regeneratie-initiatief van autokats. Wel lijkt het ons verstandig dat u uw activiteiten inzake het recyclen afstemt met Auto Recycling B.V. van de RAI, zodat niet beide instanties met dezelfde activiteiten bezig zijn. — Het plaatsen van geregenereerde kats onder gebruikte auto's is een verantwoordelijkheid van de Mazda fabriek te Japan. Voor informatie hierover dient u contact op te nemen met dhr. C. Schulze van Mazda Europe te Duitsland. — Het plaatsen van geregenereerde kats onder gebruikte auto's is een goed initiatief, op dit moment is het echter zo dat het zeer weinig voorkomt dat een kat wordt vervangen. In 1993 zijn door ons bedrijf slechts 30 vervangingskats ver-

Inventarisatie van de niet-technische belemmeringen inzake het regenereren van autokatalysatoren

	kocht. Op deze basis is het dus niet rendabel kats voor hergebruik te regenereren.
Mercedes-Benz	Het o.i. een goed initiatief maar onze fabrikant onderneemt dit zelf. Wij verwachten dan ook dat onze dealers het via MBNL gaan spelen bij vervanging van de kat. Bij sloop van de auto is deze meestal (lang tijd) niet bij de MB-organisatie in onderhoud geweest. De situatie is dan heel anders en daar zitten voor uw initiatief de kansen, denken wij.
Mitsubishi	Ja, met betrekking tot vervangingsmarkt
Opel	Om een dergelijk hergebruik een succes te maken zal een soort fabrieks-ruilprogramma opgezet moeten worden. De Opelfabriek zal ongetwijfeld stringente kwaliteitseisen stellen aan gerecyclede kats. De onderdelenstroom, ook voor ruildelen is via een centraal magazijn in Duitsland naar de Ned. dealers.
Peugeot	Afhankelijk van politiek van de fabrikant. Wij zijn importeur van complete auto's
Toyota	?
Volkswagen	zie Audi
Volvo	Uitsluitend indien levering geschiedt onder verantwoordelijkheid van VCC/Nedcar

Bijlage 3 De praktische mogelijkheden voor het ontmantelen en regenereren van katalysatoren

Ontmantelen van autokatalysatoren

In hoofdstuk 2 is aangegeven dat een autokatalysator uit een omhulsel van roestvrij staal bestaat waarin zich de katalysatordrager bevindt. Tussen het omhulsel en de drager kan zich een schokabsorberende elastische tussenlaag bevinden. Op de drager bevindt zich de wash-coat, waarop de edelmetalen zijn aangebracht.

De economische haalbaarheid van het regenereren van de autokatalysatoren is onder andere afhankelijk van de vraag of in een praktijkinstallatie de katalysatordrager alvorens te kunnen worden geregenereerd gescheiden dient te worden van het omhulsel. Men zou zich deze voorbehandelingsstap, die een praktijkinstallatie aanzienlijk complexer en duurder zou maken, als een noodzaak kunnen voorstellen. De aldus ontmantelde drager dient na regeneratie opnieuw te worden ingeblikt met ofwel een nieuwe mantel ofwel diens eerdere mantel. In het laatste geval betekent dit dat de mantel als het ware 'samen met de drager door de installatie moet worden gevoerd' om na het regenereren weer gebruikt te kunnen worden. Logistiek gezien is het niet onmogelijk, echter wellicht dermate complex, dat de kosten van het proces stijgen. De vraag doet zich voor of het ontmantelen nodig is en zo ja, of het ontmantelen daadwerkelijk mogelijk is. De eerste vraag is in dit onderzoek niet beantwoord, aangezien dat meer op het terrein ligt van een onderzoek naar de technische mogelijkheden van het regenereren. De tweede vraag is wel getracht te beantwoorden. Onderstaande uiteenzetting is hier een weergave van.

In principe zijn er verschillende typen technieken om de katalysatoren te ontmantelen:

— mechanisch		zagen
		slijpen/verspanen
		waterstraal snijden
— thermisch		autogeen snijden
		laser snijden
		plasma

In een korte experimentele verkenning van de praktische haalbaarheid is gebruik gemaakt van haakse slijpmachine, een lintzaag en een handzaag. Het bleek dat twee verschillende typen katalysatoren zodanig konden worden opengezaagd dat er de drager onbeschadigd uit de geopende mantel kon worden genomen.

Het ontmantelen van de twee katalysatoren leert dat het, zeker handmatig, een complexe, tijdrovende en dus dure activiteit is. De ontmanteling dient derhalve zo mogelijk te worden vermeden, te meer omdat een omgekeerde bewerking na de regeneratiestap dient te worden uitgevoerd.

Oriënterende regeneratie-experimenten

Er is een beperkt aantal oriënterende experimenten inzake de regeneratie van oude katalysatoren uitgevoerd om een indruk te verkrijgen van de condities waaronder de regeneratie zou kunnen verlopen. Daarbij is met name gelet op:

- De mogelijkheid tot verwijdering van koolaanslag door een droge, een natte en een thermische behandeling
- Bevochtigen en drainen van het monolietblok met verschillende oplossingen
- Het mogelijke verlies van edelmetalen door langdurige inwerking van de regeneratiemiddelen.

De koolaanslag bleek op basis van een visuele beoordeling goed te verwijderen met behulp van een thermische behandeling.

Het dragermateriaal laat zich niet goed door alle geteste vloeistoffen bevochtigen, hetwelk wijst op hydrofoob gedrag. De kanaaltjes in het monoliet laten zich slechts via doorblazen met perslucht ontdoen van de vloeistof.

Uit oriënterende experimenten met enkele kansrijk geachte regeneratiemiddelen blijkt dat minder dan 0,1% edelmetaal wordt gemobiliseerd. Wel is bij alle monsters ruim 1% van de totale massa verdwenen.

Onbekend is in welke mate de behandeling met het regeneratiemiddel tot redisversie van het edelmetaal op de wash-coat heeft geleid. De voorbehandeling lijkt echter niet tot een omzetting van Pt en Rh in een geschikte vorm voor redisversie te leiden. Het kan zijn dat de experimentele omstandigheden nog te mild zijn geweest. Verder onderzoek zal hierover helderheid moeten geven.

De conclusie uit de experimenten is dat regeneratie niet eenvoudig kan worden gerealiseerd.