

Verkenning Milieutechnologieën NMVOS, Ammoniak en Fijn stof

Eindrapport

Ministerie van VROM
April 2008

Arthur D. Little Benelux N.V.
Willemswerf - Boompjes 40
3011 XB Rotterdam
P.O.Box 540
3000 AM Rotterdam
The Netherlands
Telephone 31-(0)10-201.8811
Telefax 31-(0)10-233.1613
adlittle.rotterdam@adlittle.com
Referentie: N1083-006

0 Samenvatting

1 Introductie, doel en scope

2 Aanpak

3 Resultaten

A Appendix

Introductie

Middels de “Toekomstagenda Milieu” hebben het vorige en huidige kabinet gekozen voor een moderne en professionele aanpak van milieuproblemen, waarbij zowel kosten als baten geëvalueerd worden en innovatie wordt gestimuleerd. Hiermee spant de Nederlandse overheid zich actief in om de introductie van eco-efficiënte technologieën te stimuleren.

Het Ministerie van VROM is verantwoordelijk voor de verdere ontwikkeling van het innovatiebeleid en geëngageerd om de verschillende belanghebbende sectoren te betrekken bij de ontwikkeling van innovatieagenda's.

In de studie “Environmental Images for Dutch industry in 2030” is belanghebbenden reeds een langetermijnperspectief geboden voor de ontwikkeling van de milieuprestatie in Nederland. Voor deze studie hebben Arthur D. Little en VROM milieutoekomstscenario's (Milieutoekomstbeelden 2030) ontwikkeld voor de thema's Klimaatverandering, Luchtkwaliteit, Waterkwaliteit en Afval. Tevens zijn technologische oplossingen geïnventariseerd die benodigd zijn om te voldoen aan de Milieutoekomstbeelden 2030. Deze inventarisatie van oplossingen concentreerde zich in het bijzonder op de emissies meest relevant voor de Nederlandse industrie, te weten CO₂, NO_x, SO₂, afvalwaterzuivering en huishoudelijk & commercieel afval.

De doelstelling van deze studie is om de studie “Environmental Images for Dutch Industry in 2030” te completeren door een overzicht te verschaffen van de mogelijke technologische oplossingen voor de elementen van luchtkwaliteit die niet zijn behandeld in de vorige studie, te weten NMVOS, ammoniak (NH₃) en fijn stof (PM). Daarnaast concentreert deze studie zich op alle belanghebbende sectoren, te weten Landbouw, Industrie, Verkeer & Vervoer, HDO & Bouw en Huishoudens.

Door de belangrijkste bestaande technologische oplossingen op hoog niveau te vergelijken naar kosteneffectiviteit en milieupotentieel dient deze studie een referentie te verschaffen voor de ontwikkeling van gezamenlijke innovatieagenda's tussen de verschillende sectoren en de Nederlandse overheid.

Belanghebbenden kunnen bijvoorbeeld de marginale kosten van bestaande oplossingen gebruiken om nieuwe innovatieve oplossingen te evalueren. Om dit innovatieproces te ondersteunen geeft deze studie een eerste inventarisatie van opkomende innovatieve (technologische) oplossingen.

Bij investeringen in milieutechnologieën door belanghebbenden spelen uiteraard ook andere elementen dan kosteneffectiviteit een rol. Hierbij kan gedacht worden aan gebruiksgemak, andere milieueffecten en acceptatie van technologieën. Deze laatste elementen vallen echter buiten het blikveld van deze studie.

Naast een overzicht van de bestaande oplossingen geeft deze studie een overzicht van de belangrijkste overheidsacties die nodig zijn om verdere implementatie van de oplossingen te ondersteunen.

Aanpak

Om een indicatie te geven van de verwachte milieuprestaties van Nederland in 2030, zijn drie Milieutoekomstbeelden ontwikkeld in de vorige studie. Een panel van meer dan 30 nationale en internationale experts is geïnterviewd en heeft bijgedragen aan de ontwikkeling van plausibele Toekomstbeelden. De 3 verkregen beelden voor 2030 worden weergegeven als Laag Prestatie Beeld (LPB), Medium Prestatie Beeld (MPB) en Hoog Prestatie Beeld (HPB).

Tevens is voor elke stof in het blikveld van deze studie is een Referentiescenario voor 2030 opgesteld gebaseerd op handhaving van de vaststaande wet- en regelgeving en voortzetting van bestaande trends en ontwikkelingen relevant voor de emissies van de stoffen. Door het Referentiescenario te vergelijken met de Toekomstbeelden ontstaat een inschatting van de additionele emissiereductie die verwacht wordt in Nederland tot 2030, het Prestatiegat.

Mogelijke oplossingen om het Prestatiegat te dichten zijn geëvalueerd naar kosteneffectiviteit en nationale impact. Zowel bestaande opties als opkomende technologieën zijn geanalyseerd om een duidelijk beeld te krijgen waar oplossingen bestaan en waar innovatiepotentieel aanwezig zou kunnen zijn. Voor bestaande opties is het van belang dat ze reeds bewezen zijn en een significante bijdrage kunnen leveren aan de emissiereductie indien op grote schaal toegepast. Nieuwe, opkomende technologieën zijn omschreven en waar mogelijk zijn indicaties voor de kosten en nationale impact weergegeven. Echter vanwege de opkomende aard van deze technologieën zijn deze gegevens over het algemeen onbekend of onzeker.

Deze studie is gebaseerd op documentatie van erkende nationale en internationale instituten en interviews.

Resultaten

De Milieutoekomstbeelden verwachten de volgende milieuprestaties voor NMVOS, NH₃ en PM_{2,5} in 2030;

- NMVOS emissies variëren in 2030 van 165 kton (LPB) tot 120 kton (HPB)
- NH₃ emissies variëren in 2030 van 120 kton (LPB) tot 80 kton (HPB)
- Primaire antropogene PM_{2,5} emissies variëren in 2030 van 19 kton (LPB) tot 12 kton (HPB)

Referentie emissie niveaus gebaseerd op handhaving van huidige vastliggende wetgeving en voortzetting van externe trends leiden tot emissieniveaus in 2030 van 142 kton voor NMVOS, 114 kton voor NH₃ en 15 kton voor PM_{2,5}. Hierbij valt op dat voor alle stoffen het Laag Prestatie Beeld 2030 al wordt gerealiseerd door handhaving van huidige wetgeving en continuering van bestaande trends.

Ammoniak (NH₃)

De meest aantrekkelijke oplossingen (naar nationale impact en kosteneffectiviteit) om de emissies in 2030 te reduceren zijn (gecombineerde) luchtwassers in varkens- en pluimveestallen en een geïntensiverde toepassing van de zodenbemestingstechniek voor het uitrijden van mest. In de rundveesector biedt de toepassing van emissiearme stallen extra reductiepotentieel tegen licht hogere kosten. Om aan het HPB te voldoen is implementatie van duurdere oplossingen (met kosteneffectiviteit van € 20-30 per kg NH₃) nodig, zoals toepassing van afgewogen bemesten met mestverwerking en eventueel een reductie van de veestapel. Indien de rundveestapel toe gaat nemen in de toekomst is het mogelijk dat het HPB niet gehaald zal worden.

Verdere doorontwikkeling en toepassing van nieuwe innovatieve oplossingen is ook een optie. Tot deze nieuwe technologieën, die echter nog niet altijd volledig bewezen zijn, behoren bijvoorbeeld, stalmuren beschilderen met titaandioxide verf, aanpassingen of toevoegingen aan voer en innovatieve aanpassingen aan de stalinrichting zoals bijvoorbeeld een mestbandensysteem in een varkensstal.

Bij toepassing van de meest kosteneffectieve maatregelen zullen de totale kosten voor het behalen van het HPB in 2030 € 390 mln. per jaar bedragen, waarvan het merendeel van toepassing is op de varkens- en pluimveesector.

Om toepassing van de meest aantrekkelijke bestaande oplossingen tegen 2030 te realiseren dient de overheid onder andere verdere beschikbaarheid van technieken te stimuleren (bijvoorbeeld gecombineerde luchtwassers voor de pluimveehouderij), wettelijke raamwerken op te zetten voor verschillende opties en draagvlak te creëren bij de landbouwsector. Om de kosten van de sector verder te reduceren kan ontwikkeling van nieuwe innovatieve technieken verder gestimuleerd worden.

NMVOS

Voor NMVOS zijn er de afgelopen jaren reeds veel initiatieven geweest om de emissies te reduceren, bijvoorbeeld het KWS2000 programma of het Nationaal Reductieplan NMVOS – industrie, HDO en bouw. De maatregelen welke nog getroffen kunnen worden hebben dan ook vaak een relatief lage impact en behoeven vaak regelgeving op Europees niveau.

Reductie van het oplosmiddelgehalte in cosmetica en reinigingsmiddelen en verven (*Huishoudens, HDO en Bouw*) behoren tot de meest aantrekkelijke methoden om NMVOS emissies verder te reduceren. Binnen de sector *Industrie* zijn diverse maatregelen bij raffinaderijen en vervanging van oplosmiddelrijke verven door oplosmiddelarme of watergedragen verven (met name metaalkro) de meest kosteneffectieve maatregelen. Andere mogelijkheden, echter minder kosteneffectief, zijn het vervangen van oplosmiddel houdende systemen gebruikt bij industrieel ontvetten door watergedragen systemen of andere alternatieven, zoals bijvoorbeeld ontvetten met behulp van CO₂. Om aan het HPB te voldoen zullen oplossingen met een geschatte hogere kosteneffectiviteit (meer dan € 10 per kg NMVOS) overwogen dienen te worden, voorbeelden hiervan zijn specifieke kleinschalige maatregelen in olie en gaswinning, chemie, grafische en houtenmeubelindustrie.

Door toepassing van bestaande oplossingen lijkt het verwachte HPB in 2030 niet haalbaar, echter zowel het MBP en LPB worden voor NMVOS reeds behaald door uitvoering van huidige vastliggende wetgeving. Behalen van het HPB resulteert in totale kosten van minimaal € 70 mln. per jaar, waarvan een groot deel van toepassing is op cosmetica- en reinigingsmiddelen en verven. Deze kosten dienen met voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden vanwege de onzekerheid (i.v.m. weinig gegevens) in kosteneffectiviteit/impact voor enkele maatregelen voor NMVOS.

Verdere innovatie is noodzakelijk om bestaande en nieuwe technologieën te verbeteren en op brede schaal toe te passen. Voorbeelden van opkomende technologieën zijn verbeterde lekkage-detectieprogramma's in de industrie, het lamineren van objecten in plaats van verven, UV technieken om verf uit te harden, technieken om overspray te reduceren en nieuwe end-of-pipe technieken.

Diverse maatregelen, onder andere voor verf, cosmetica- en reinigingsmiddelen zullen niet snel autonoom geïmplementeerd worden vanwege het internationale karakter van deze industrieën. Aangezien deze oplossingen wel aantrekkelijk zijn voor de NMVOS reductie verdient het aanbeveling dat de overheid zich onder andere in zet voor uitbreiding van de EU productenrichtlijn met cosmetica- en reinigingsmiddelen, voor (door)ontwikkeling van deze producten en scherpere Europese normen voor verven.

Fijn stof (PM_{2,5})

De meest aantrekkelijke oplossingen (naar kosteneffectiviteit en impact) voor de reductie van fijn stof emissies zijn aanbrenging van een olie/waterfilm in varkens- en pluimveestallen (*Landbouw*), roetfilters in de binnenvaart (*Verkeer*), het verbeteren van houtkachels (*Huishoudens*) en het doorvoeren van fijnstoffilters in de basismetaal- en chemische industrie (*Industrie*). Oplossingen tegen hogere kosteneffectiviteit voor PM_{2,5} zijn het toepassen van gecombineerde luchtwassers bij varkens- en pluimveehouderijen of verdere doorvoering van fijnstoffilters in de voedingsindustrie.

Om aan het HPB te voldoen zullen ook oplossingen met een kosteneffectiviteit van boven de € 200 per kg PM_{2,5} overwogen dienen te worden, zoals bijvoorbeeld retrofit roetfilters bij mobiele werktuigen of een verdere invoering van verbeterde roetfilters voor vrachtverkeer.

Behalen van het HPB resulteert in totale kosten van € 370 mln. per jaar, waarvan het merendeel van toepassing is op maatregelen in de sectoren landbouw en industrie

Toepassing van nieuwe innovatieve oplossingen lijkt aantrekkelijk indien deze een kosteneffectiviteit hebben die lager is dan ca. € 200 per kg PM_{2,5}. Tot de nieuwe technologieën behoren elektrostatische systemen in stallen en schonere brandstoffen in het verkeer. Verdere innovatie/doorontwikkeling is noodzakelijk om deze oplossingen op brede schaal te implementeren.

Om volledige toepassing van de meest aantrekkelijke oplossingen tegen 2030 te realiseren dient de overheid zich onder andere in te zetten voor: scherpere internationale/Europese normen voor de scheepvaart; verdere ontwikkeling van systemen om een water/oliefilm aan te brengen in stallen en gecombineerde luchtwassers voor pluimveebedrijven; verdere prestatieverbetering van roetfilters (scheepvaart, mobiele werktuigen).

Vervolgstappen

Het Ministerie van VROM heeft de intentie om na deze studie met de verschillende sectoren en branches verder in discussie te gaan. Deze fase zal zich richten op de ontwikkeling en implementatie van milieu-innovatieprogramma's die als doel hebben milieukosten te reduceren en de prestatie van bestaande en nieuwe technologieën te verbeteren.

0 Samenvatting

1 Introductie, doel en scope

2 Aanpak

3 Resultaten

A Appendix

De Nederlandse regering zet in op introductie van nieuwe schone technologieën en meer aandacht voor eco-efficiënte innovaties

- In het Coalitieakkoord en de Toekomstagenda Milieu is toegezegd om in te zetten op versnelde introductie van nieuwe schone technologieën en meer aandacht te vestigen op eco-efficiënte innovaties.
- De basis hiervoor wordt gelegd door het ontwikkelen van milieutoekomstbeelden en het identificeren van de technologische mogelijkheden voor het oplossen van milieuvraagstukken.
- Begin 2007 zijn in opdracht van VROM milieutoekomstbeelden¹⁾ ontwikkeld, met als zichtjaar 2030, waarbij
 - De Nederlandse industrie de focusgroep was
 - Toekomstbeelden zijn ontwikkeld voor milieuthema's klimaat, luchtkwaliteit, waterkwaliteit en afval
 - Oplossingen zijn geanalyseerd voor CO₂, NO_x, SO₂, afvalwaterzuivering, huishoudelijk & commercieel afval.
- Aanvullende studies zijn nodig gebleken om het beeld te completeren voor luchtkwaliteit, te weten voor NMVOS, ammoniak (NH₃) en fijn stof (PM).

1) Studie *Environmental Images for Dutch Industry in 2030*

Bron: VROM, Offerteaanvraag inzake verkenning milieutechnologie diffuse bronnen

Het doel van deze studie is een referentie te verschaffen voor de ontwikkeling van milieu-innovatieagenda's rondom NMVOS, Ammoniak en Fijn stof

Doel

- Identificeer de mogelijke technische opties voor het oplossen van milieuproblematiek rondom NMVOS, Ammoniak en Fijn stof
- Vergelijk de belangrijkste bestaande oplossingen in termen van kosteneffectiviteit en milieupotentieel
- Verschaf een referentie voor de ontwikkeling van verder milieu-innovatiebeleid voor de Nederlandse overheid en voor de ontwikkeling van gezamenlijke innovatieagenda's tussen de verschillende sectoren (landbouw, industrie, etc.) en de Nederlandse overheid
- Identificeer de *Distance to market* van de bestaande oplossingen en eventuele belemmeringen voor verdere implementatie van de oplossingen

Deze studie richt zich op de milieuoopgave op het gebied van NMVOS, NH₃ en PM tot 2030 voor de sectoren Industrie, Verkeer&Vervoer, Landbouw, HDO & Bouw en Huishoudens

Scope

Geografie

Nederland

Rest van Europa

Stoffen Luchtkwaliteit

NMVOS

NH₃

PM_{2,5}

Andere stoffen

Sectoren

Industrie

Verkeer&Vervoer

Landbouw

HDO & Bouw

Huishoudens

Oplossingen

Bestaande technologieën

Opkomende technologieën

Investeringsoverwegingen voor eindgebruiker

Kosten

Politieke aspecten

Sociale aspecten

Technologische aspecten

In scope

Uit scope

Deze studie dient als leidraad voor ontwikkeling van innovatieagenda's en niet als basis voor milieu doel- of normstellingen

Hoe dit rapport te gebruiken

- Als ondersteuning voor het opstellen van gezamenlijke milieu innovatieagenda's door de verschillende sectoren (*Landbouw, Industrie, Verkeer & Vervoer, Bouw en HDO*) en de overheid.
- Om een vergelijkend overzicht te verkrijgen van kosteneffectiviteit en nationaal reductiepotentieel van bestaande technologieën om emissies te reduceren.
- Om een indruk te krijgen van de marginale kosten van bestaande technologieën, welke als benchmark gebruikt kan worden om de relatieve kosteneffectiviteit van opkomende technologieën te evalueren.

Opmerkingen

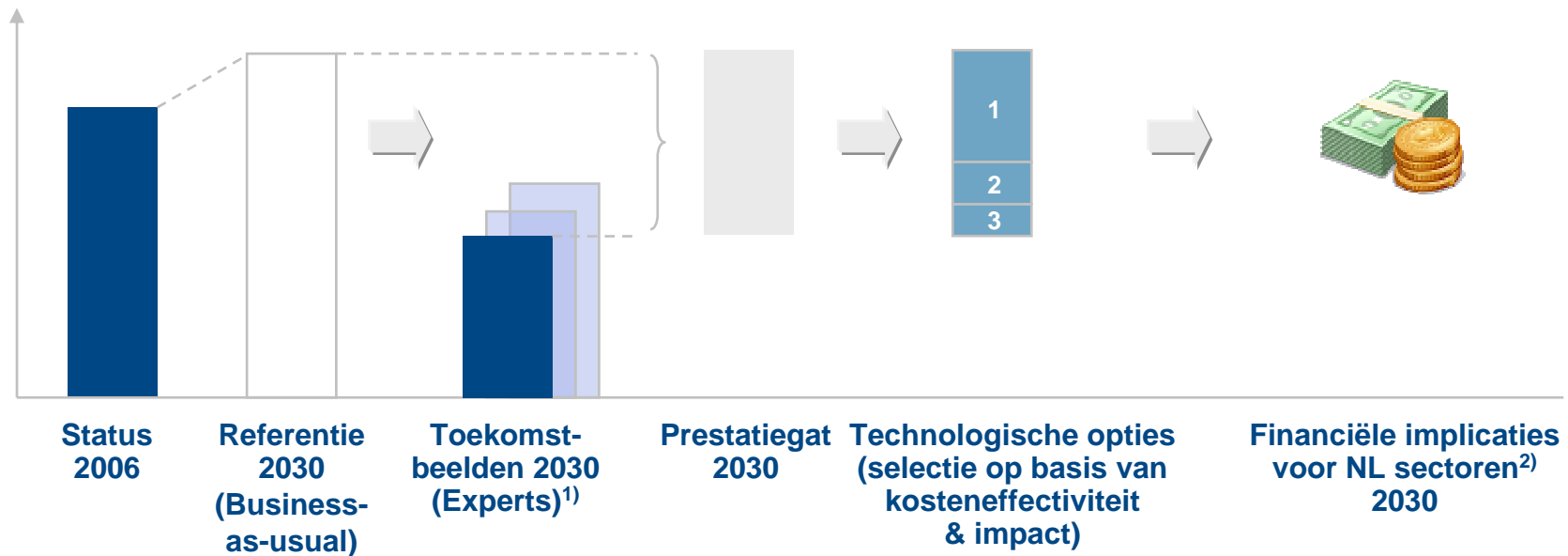
- Naast kostenoverwegingen kunnen andere aspecten, zoals milieu-, sociale en macro-economische factoren een belangrijke rol spelen in de uiteindelijke allocatie van investeringen in innovatie. Deze aspecten vallen buiten de scope van deze studie.
- Deze studie beperkt zich tot bestaande oplossingen welke een significante bijdrage kunnen leveren aan emissiereductie en relatief kosteneffectief zijn (80/20 principe).
- Tevens wordt er in deze studie een kwalitatief overzicht gegeven van overige mogelijke bestaande en opkomende technologieën.

- 0 Samenvatting
- 1 Introductie, doel en scope
- 2 Aanpak**
- 3 Resultaten
- A Appendix

Benodigde technologische oplossingen voor emissiereductie worden geëvalueerd met behulp van Toekomstbeelden en Referentiescenario's

Gevolgde processtappen in deze studie

Nationale milieuprestatie
(bijv. kton emissies)



1) Uit de studie *Environmental Images for Dutch Industry in 2030*

2) Landbouw, Industrie, Verkeer & vervoer, Gebouwde omgeving (Handel, Diensten & Overheid) en Huishoudens

In een eerdere studie zijn Toekomstbeelden ontwikkeld om een indicatie te geven van de mogelijke milieuprestaties in Nederland in 2030

- Voor elke stof in scope van deze studie is een **Referentiescenario** voor 2030 opgesteld. Deze is gebaseerd op handhaving van de huidige (vaststaande) wet en regelgeving en voortzetting van de trends en ontwikkelingen relevant voor de emissies van de stoffen.
- In een eerder uitgevoerde studie¹⁾ zijn **Toekomstbeelden** ontwikkeld om een lange termijn indicatie te kunnen geven van mogelijke plausibele milieuprestatie (emissieniveaus) in Nederland in 2030.
 - Een panel van meer dan 30 nationale en internationale experts is geïnterviewd en heeft bijgedragen aan de ontwikkeling van de toekomstbeelden.
 - De 3 verkregen beelden voor 2030 worden weergegeven als Laag Prestatie Beeld (LPB), Medium Prestatie Beeld (MPB) en Hoog Prestatie Beeld (HPB).
- Voor iedere stof is het mogelijke **Prestatiegat** in 2030 berekend uit het verschil tussen de 3 vastgestelde Toekomstbeelden en de Referentiescenario's.
- Aangezien de studie zich enkel richt op Nederland is grensoverschrijdende vervuiling niet meegenomen.

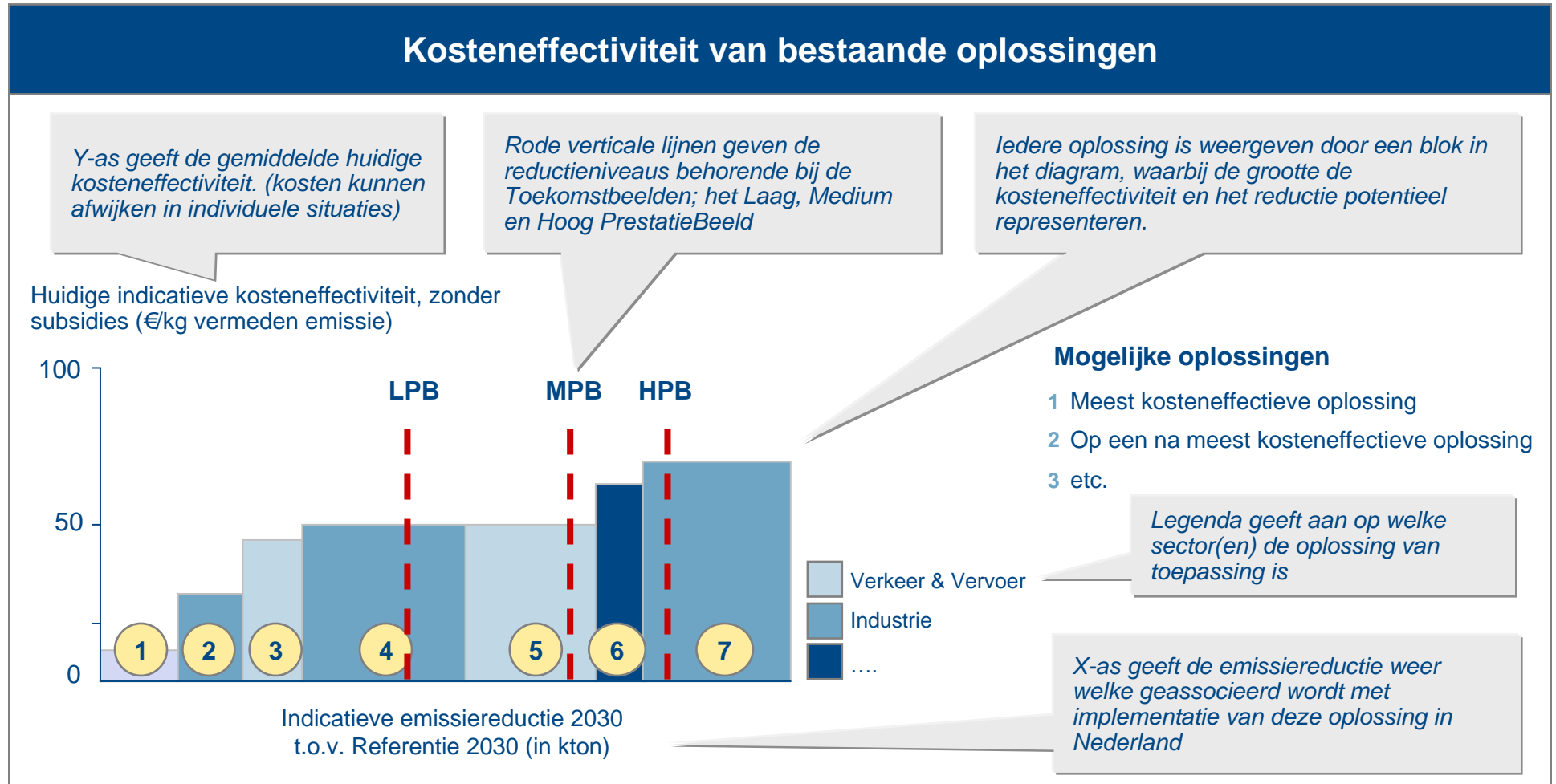
1) Studie *Environmental Images for Dutch Industry in 2030*

Mogelijke oplossingen om het prestatiegat te dichten zijn geëvalueerd naar kosteneffectiviteit en nationale impact

- In deze studie zijn mogelijke opties verkend om het Prestatiegat voor de emissies van NMVOS, NH₃ en PM_{2,5} te dichten. In deze verkenning ligt de nadruk op opties met significante nationale reductie impact en gunstige kosteneffectiviteit. Deze studie is gebaseerd op documentatie van (inter)nationaal erkende instituten en interviews.
- Zowel bestaande opties als opkomende technologieën zijn geanalyseerd om een duidelijk beeld te krijgen waar oplossingen bestaan en waar innovatiepotentieel aanwezig zou kunnen zijn:
 - Voor bestaande opties is het van belang dat ze reeds bewezen zijn en een significante bijdrage kunnen leveren aan de emissiereductie indien op grote schaal toegepast.
 - Overige opties en opkomende technologieën zijn omschreven en waar bekend zijn indicaties voor de kosten en het reductiepotentieel gegeven.
- De kosteneffectiviteit voor de opties zijn 'ordegroottes' en een benadering voor de 'gemiddelde' toepassing in Nederland. De kosteneffectiviteit is zoveel mogelijk op huidig kostenniveau van de technologie geschat, deze kan echter zeer verschillen per specifieke situatie.
- Voor de verschillende opties is weergegeven welke ondersteunende acties benodigd zijn om een optie of technologie door te voeren.

Voor iedere stof in scope wordt er een overzicht gegeven van de meest relevante oplossingen en bijbehorende kosteneffectiviteiten

Kosteneffectiviteit van bestaande oplossingen



Agenda

- 0 Samenvatting
- 1 Introductie, doel en scope
- 2 Aanpak
- 3 Resultaten**
- A Appendix

- 0 Samenvatting
- 1 Introductie, doel en scope
- 2 Aanpak
- 3 Resultaten

3.1 Toekomstbeelden en Referentiescenario's

- 3.2 Reductieopties NH₃
- 3.3 Reductieopties NMVOS
- 3.4 Reductieopties PM

- A Appendix

Prestatiegaten voor emissies in 2030 zijn berekend met behulp van Toekomstbeelden en Referentiescenario's

- Plausibele “Milieutoekomstbeelden” voor 2030 zijn ontwikkeld op basis van een scenarioanalyse in een vorige studie getiteld “Environmental Images for Dutch Industry in 2030”. Voor de emissies in scope van de studie zijn een Laag Prestatie Beeld (LPB), een Medium Prestatie Beeld (MPB) en een Hoog Prestatie Beeld (HPB) ontwikkeld.
- Voor NMVOS, NH₃ en PM_{2,5} kwam dit neer op de volgende milieuprestaties in 2030
 - NMVOS emissies variëren in 2030 van 165 kton (LPB) tot 120 kton (HPB)
 - NH₃ emissies variëren in 2030 van 120 kton (LPB) tot 80 kton (HPB)
 - Primaire antropogene PM_{2,5} emissies variëren in 2030 van 19 kton (LPB) tot 12 kton (HPB)
- Om een eerlijk vergelijk in 2030 te kunnen maken zijn “Referentiescenario's” benodigd: deze zijn gebaseerd op handhaving van huidige reeds vastliggende wetgeving en voortzetting van externe trends en leiden tot emissieniveaus in 2030 van:
 - 142 kton voor NMVOS
 - 114 kton voor NH₃
 - 15 kton voor PM_{2,5}
- Per stof kan het “Prestatiegat” berekend worden (het verschil tussen het “Toekomstbeeld” en het “Referentie emissieniveau”). De emissieperformance uit het LPB wordt voor alle stoffen gerealiseerd door handhaving van huidige wetgeving en continuering van bestaande trends. Voor MPB/HPB niveaus zijn aanvullende maatregelen en innovatie noodzakelijk.

Milieutoekomstbeelden voor 2030 zijn ontwikkeld in een vorige studie “Environmental Images for Dutch Industry in 2030”

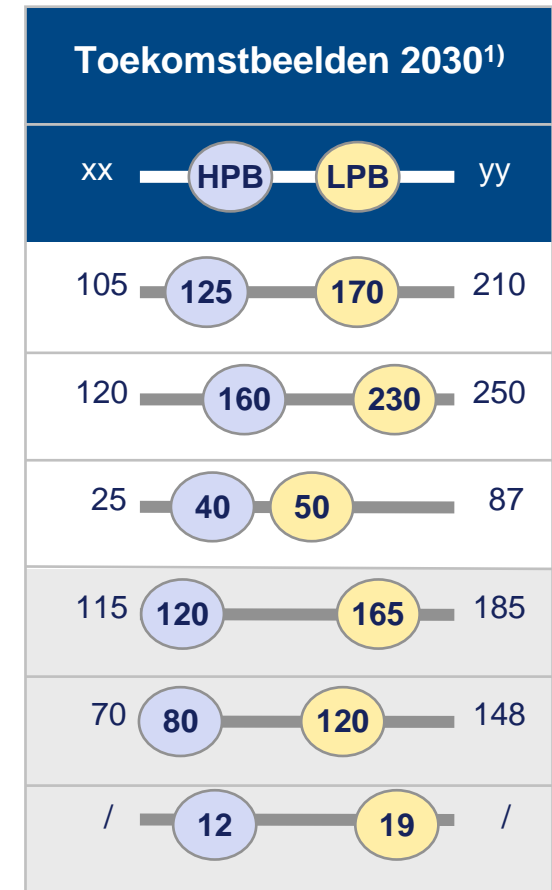
<u>Hoog</u> Prestatie Beeld (HPB)	<u>Medium</u> Prestatie Beeld (MPB)	<u>Laag</u> Prestatie Beeld (LPB)
<ul style="list-style-type: none"> ■ Wereldwijd engagement voor klimaat verandering, leidend tot de ontwikkeling van effectief internationaal beleid en handel in CO₂ emissierechten ■ Onzekerheid over de levering van olie en gas, leidend tot een hoog prijsniveau ■ Verdere harmonisatie van de EU, leidend tot strengere standaarden en regelgeving, met succesvolle implementatie in de lidstaten ■ Verminderde vraag naar grondstoffen per capita – bijv. minder primaire energie, water, afvalpreventie - als resultaat van toegenomen efficiëntie door publiek en industrie ■ Snelle ontwikkeling en vercommercialisering van verbeterde milieutechnologieën door effectieve internationale samenwerking 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Variërend niveau van engagement van OECD landen op het gebied van klimaat verandering en fluctuerende prijzen voor CO₂ ■ Variërende leveringszekerheid van olie en gas, leidend tot variërende prijzen ■ Verdere harmonisatie van de EU, leidend tot strengere standaarden en regelgeving, met succesvolle implementatie in de lidstaten ■ Stabiele vraag naar grondstoffen per capita – bijv. primaire energie, water, afval preventie – als gevolg van compensatie van efficiencyverbetering door economische groei ■ Middelmatige effectiviteit van innovatie in milieutechnologieën 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Internationaal gefragmenteerde benaderingen van klimaatverandering, en kleine/ineffectieve CO₂ handel ■ Hoge leveringszekerheid van olie en gas, leidend tot lage prijsniveaus ■ Beperkte ontwikkeling en/of implementatie van nieuwe EU milieu standaarden en regelgeving ■ Verdergaande toename in de vraag naar middelen – bijv. primaire energie, water, afval preventie – veroorzaakt door het niet ontvankelijk hiervoor zijn van publiek en industrie ■ Zwakke mechanismen voor de ontwikkeling en vercommercialisering van verbeterde milieutechnologieën

Bron: Arthur D. Little, *Environmental Images for Dutch Industry in 2030*

3.1 Toekomstbeelden en Referentiescenario's

Deze milieutoekomstbeelden zijn destijds ook gekwantificeerd voor NMVOS, Ammoniak en Fijn stof

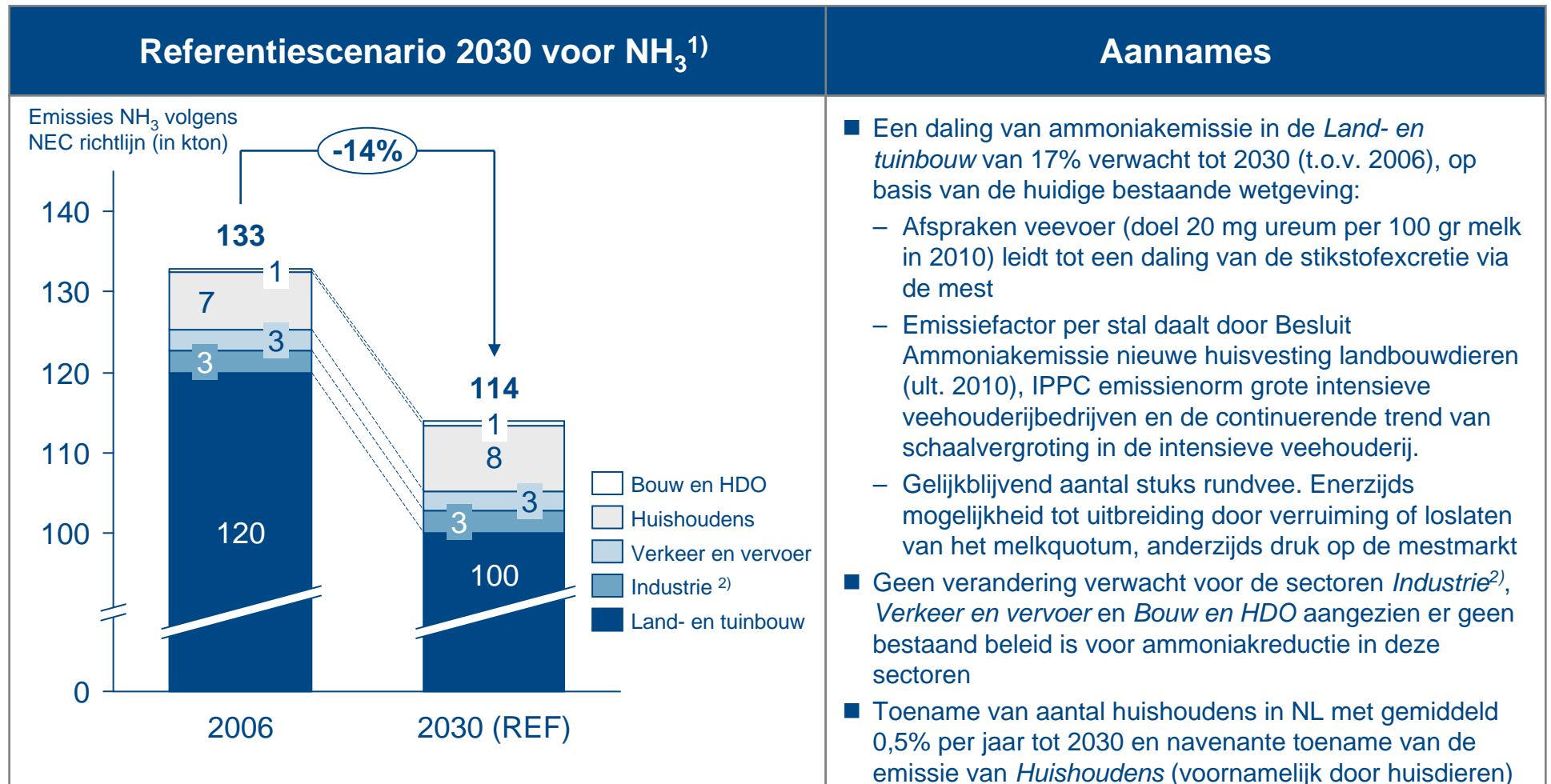
Thema	Stof	Maatstaf	Niveau 2004
Klimaat	CO ₂ -eq	Jaarlijkse nationale emissie in CO ₂ -equivalent (Mton)	217 Mton
Lucht kwaliteit	NO _x	Nationale jaarlijkse emissie (kton)	379 kton
	SO ₂	Nationale jaarlijkse emissie (kton)	65 kton
	NMVOS	Nationale jaarlijkse emissie (kton)	181 kton
	NH ₃	Nationale jaarlijkse emissie (kton)	134 kton
	PM _{2,5} ²⁾	Nationale jaarlijkse primaire antropogene emissie (kton)	22 kton



1) Reikwijdte van de interview resultaten, van de laagste emissie schatting voor LPB (yy) tot de hoogste schatting voor HPB (xx). Getallen in de cirkels zijn berekend met inachtneming van het wegen van de schattingen door Arthur D. Little

2) De prestatiebeelden voor PM_{2,5} in emissies zijn afgeleid van de originele toekomstbeelden uit de studie "Environmental images for Dutch industry in 2030". Deze waren oorspronkelijk in Jaarlijkse gemiddelde stedelijke PM_{2,5} concentratie, (µg/m³), met een niveau in 2004 van 21 µg/m³, HPB van 14 µg/m³, LPB van 19 µg/m³

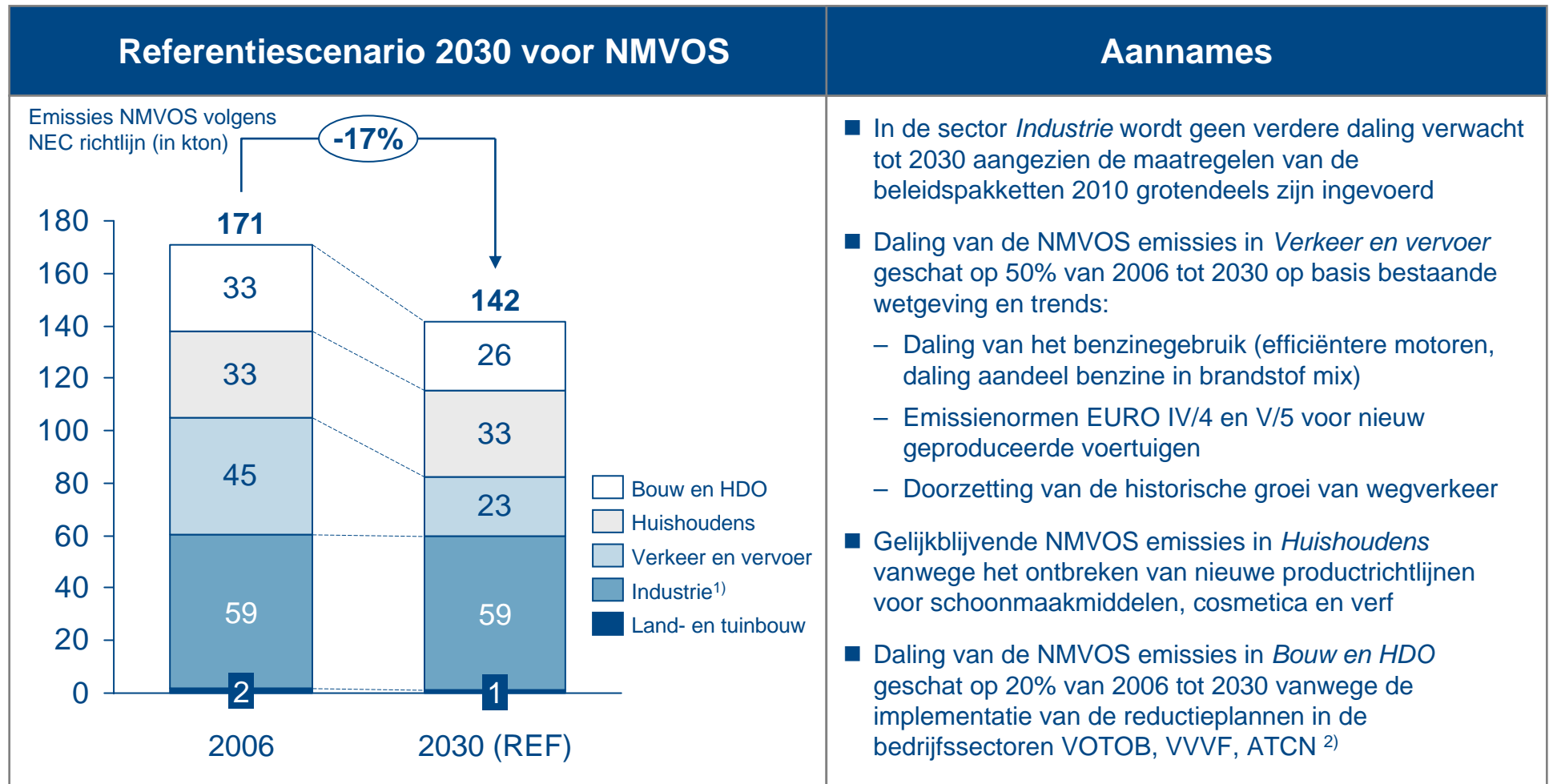
Referentiescenario 2030 voor NH₃, gebaseerd op handhaving van huidige wetgeving en voortzetting van externe trends



1) Er is uitgegaan van berekende ammoniakemissies door MNP, er wordt geen rekening gehouden met hogere waargenomen emissies (ammoniakgat)

2) Industrie, inclusief raffinaderijen en energie

Referentiescenario 2030 voor NMVOS, gebaseerd op handhaving van huidige wetgeving en voortzetting van externe trends

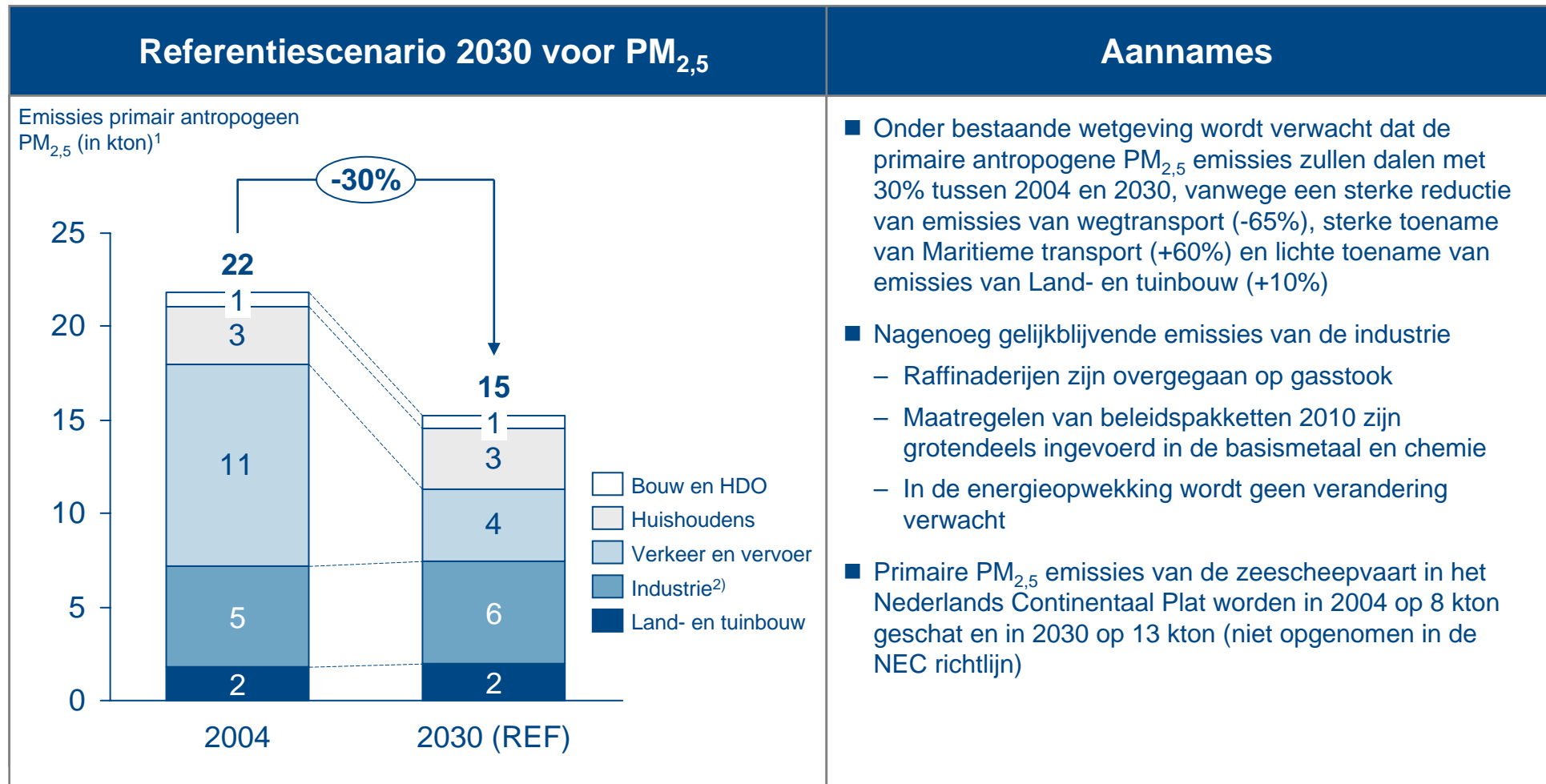


1) Industrie, inclusief raffinaderijen en energie

2) VOTOB (onafhankelijke tank- en opslagbedrijven), VVVF (Vereniging van Verf- en Drukinktfabrikanten), ATCN (Association of Tankcleaning Companies in NL)
 Bron: MNP Milieubalans 2006; MNP Milieubalans 2007; Milieu en Natuurcompendium; VROM, Nationaal reductieplan NMVOS industrie, HDO en Bouw; analyse Arthur D. Little 24

3.1 Toekomstbeelden en Referentiescenario's

Referentiescenario 2030 voor PM_{2,5}, gebaseerd op handhaving van huidige wetgeving en voortzetting van externe trends



1) Exclusief emissies internationale zeescheepvaart, de hier gebruikte emissies wijken af van de inschatting van Arthur D. Little in 2006

2) Industrie, inclusief raffinaderijen en energie

- 0 Samenvatting
- 1 Introductie, doel en scope
- 2 Aanpak
- 3 Resultaten
 - 3.1 Toekomstbeelden en Referentiescenario's
 - 3.2 Reductieopties NH₃**
 - 3.3 Reductieopties NMVOS
 - 3.4 Reductieopties PM
- A Appendix

Om de emissies van NH₃ in 2030 verder te reduceren zijn toepassing van luchtwassers en een geïntensiverde toepassing van zodenbemesting de meest aantrekkelijke oplossingen

Kosteneffectieve bestaande oplossingen

- Meest aantrekkelijke oplossingen in 2030 zijn toepassing van gecombineerde luchtwassers in varkens en pluimveestallen¹⁾ en een geïntensiverde toepassing van de zodenbemestingstechniek voor het uitrijden van mest op grasland. Deze oplossingen leiden ook tot een reductie van geuroverlast (beide) en fijn stof emissies (gecombineerde luchtwassers). De toepassing van emissiearme stallen in de rundveesector bieden extra reductiepotentieel.
- Door toepassing van bovenstaande maatregelen kan ruimschoots aan het MPB worden voldaan. (zolang het aantal stuks rundvee niet sterk toeneemt door verruiming van het melkquotum).
Om aan het HPB te voldoen is implementatie van additionele en verbeterde oplossingen nodig:
 - Implementatie van oplossingen met een kosteneffectiviteit van € 20-30 per kg NH₃. Bijvoorbeeld toepassing van afgewogen bemesten gecombineerd met diverse vormen van mestverwerking en eventueel een reductie van de veestapel.
 - Verdere verbetering van bestaande oplossingen, bijvoorbeeld ontwikkeling van emissiearme rundveestallen met een hoger reductiepotentieel
 - Toepassing van nieuwe (innovatieve) oplossingen
- Bij toepassing van de meest kosteneffectieve maatregelen, zullen de totale (extra) kosten voor het behalen van het HPB in 2030 € 390 mln. per jaar bedragen²⁾, waarvan het merendeel van toepassing is op de varkens en pluimveesector (gecombineerde luchtwassers¹⁾). Echter, de kosten hiervan zijn momenteel geheel toegeschreven aan ammoniak terwijl deze ook fijn stof emissies en geur reduceren.

1)Systeem wordt op relatief korte termijn verwacht voor de pluimveehouderij (gecombineerde luchtwassers voor de varkenshouderij zijn nu reeds beschikbaar)

2)Extra kosten t.o.v. referentie bij volledige toepassing van de meest kostenefficiënte oplossingen

Om toepassing van belangrijkste oplossingen te realiseren dient de overheid verschillende wettelijke raamwerken op te zetten en draagvlak te creëren bij de landbouwsector

Kosteneffectieve bestaande oplossingen

Om volledige toepassing van de meest aantrekkelijke oplossingen tegen 2030 te realiseren dient de overheid verschillende ondersteunende acties te ondernemen, bijvoorbeeld:

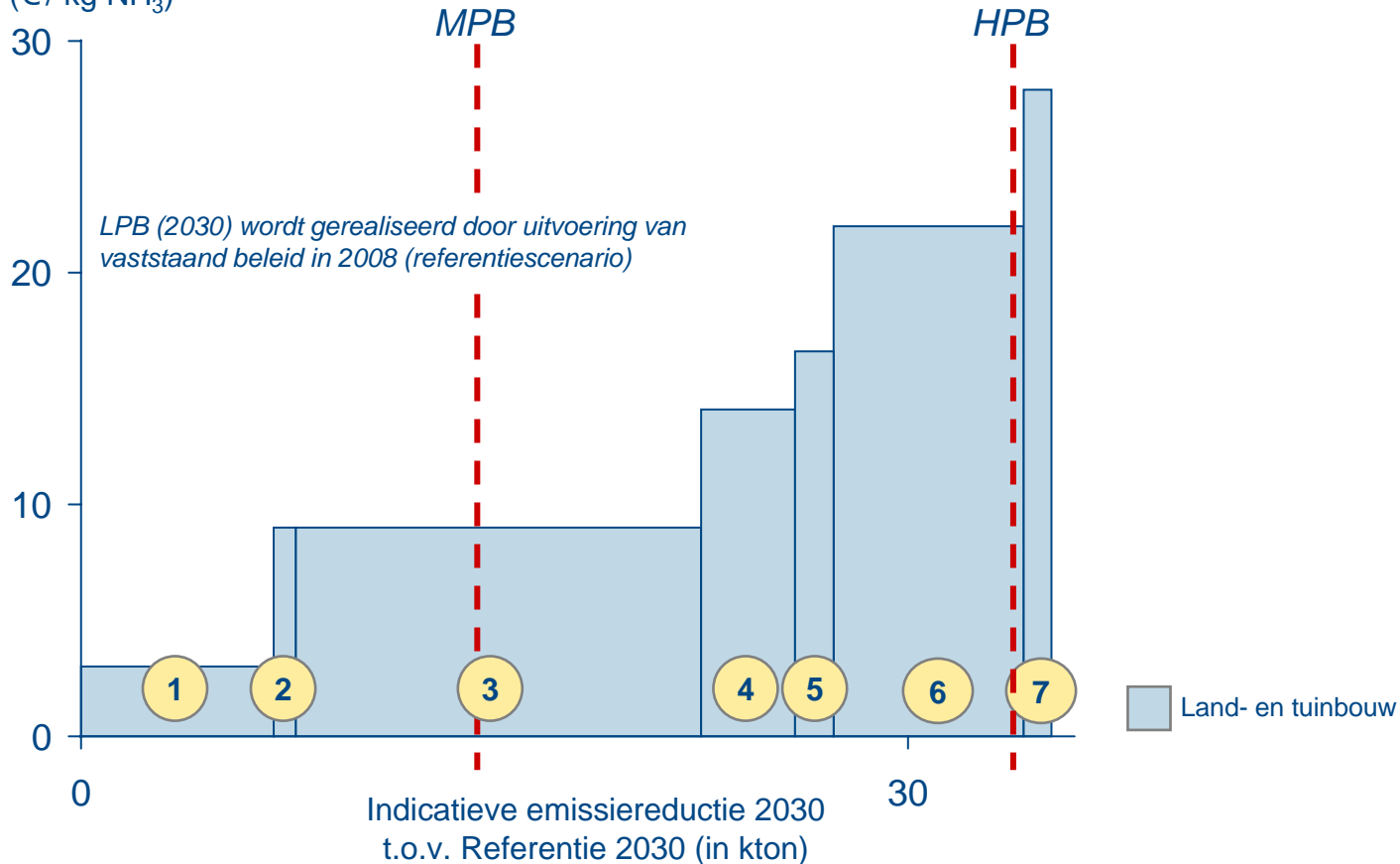
- Opzetten van wettelijke raamwerken voor de verschillende opties: bijvoorbeeld stimulering van de zodenbemestingstechniek door een verbod of ontmoediging van technieken met een hogere emissiefactor of het verplichten van emissiearme stallen voor rundvee
- Geven van voorlichting aan de sectoren om draagvlak te creëren binnen de sector voor technieken welke nog niet op grote schaal toegepast worden.
- Handhaven of opzetten van subsidieregelingen voor nieuwe technologieën (zoals reeds aanwezig voor gecombineerde luchtwassers)
- Stimuleren van verdere innovatie van bestaande oplossingen
 - Verdere ontwikkeling en beschikbaar krijgen van gecombineerde luchtwassers voor de pluimveesector, om adoptie op grote schaal mogelijk te maken
 - Verdere ontwikkeling van emissiearme rundveestallen, momenteel hebben deze een relatief laag reductiepotentieel (19%)
 - Verdere ontwikkeling voor technieken welke het plaatsspecifiek en naar gewasbehoefte toedienen van mest mogelijk maken
 - Verdere ontwikkeling van mest be- en verwerkingstechnieken, momenteel hebben deze relatief hoge kosten

Zie Appendix A.4 voor overzicht van ondersteunende acties per oplossing

3.2 Reductieopties NH₃

Indicatieve kosteneffectiviteit en nationale impact van relevante bestaande oplossingen voor NH₃ reductie in 2030

Huidige indicatieve kosteneffectiviteit
(€/ kg NH₃)



Oplossingen

1. Zodenbemesting (i.p.v. sleepvoetentechniek) op grasland
2. Voeraanpassingen varkens
3. Gecombineerde luchtwassers op alle varkens- en pluimvee stallen (ook voor fijn stof / geur)¹⁾
4. Emissiearme stallen rundvee (nieuwbouw)
5. Emissiearme stallen rundvee (bestaande stallen)
6. Afgewogen bemesten met mestverwerking
7. Reductie varkens en pluimveestapel

Zie Appendix A.1 voor omschrijving van oplossingen

1)Systeem wordt op relatief korte termijn verwacht voor de pluimveehouderij (gecombineerde luchtwassers voor de varkenshouderij zijn nu reeds beschikbaar)

Om de kosten voor de sector verder te reduceren kan doorontwikkeling van nieuwe innovatieve technieken gestimuleerd worden

Nieuwe innovatieve oplossingen NH₃

- Verdere inzet op innovatie en doorontwikkeling is noodzakelijk om oplossingen beschikbaar te krijgen voor brede implementatie in de sector. Tot deze nieuwe technologieën (die echter nog niet altijd volledig bewezen zijn), behoren bijvoorbeeld:
 - Aanpassingen of toevoegingen aan voer (met name voor pluimvee en verder onderzoek naar effecten bij rundvee)
 - Katalytische omzetting van ammoniak door bijvoorbeeld stalmuren beschilderen met titaandioxide verf
 - Aanpassingen aan stallen/huisvesting, onder andere gericht op het afsluiten van de open mestkelder (bijv. door middel van ballen), een mestbandensysteem in varkensstallen of voor pluimvee technieken voor de droging van de mest/strooisel in de stallen

Zie Appendix A.1 voor omschrijvingen van oplossingen

Samenvattend overzicht van bestaande en opkomende oplossingen voor de reductie van NH₃ emissies

Sector (% van nationale emissies) ¹	Input	Proces	End of pipe	Overig
Rundvee (37%)	<ul style="list-style-type: none"> Voeraanpassingen rundvee 	<ul style="list-style-type: none"> Emissiearme stallen rundvee nieuwbouw of bestaande stallen Weersafhankelijk ventilatiesysteem Vloeraanpassingen in rundveestallen 	<ul style="list-style-type: none"> Chemische luchtwasser mestkelder 	<ul style="list-style-type: none"> Afgewogen bemesting met mestverwerking Zodenbemesting (i.p.v. sleepvoetenbemesting) op grasland Reductie varkens en pluimveestapel Mest be- en verwerkingstechnieken
Varkens (25%)	<ul style="list-style-type: none"> Voeraanpassingen varkens Toevoegingen (benzoëzuur) varkensvoer 	<ul style="list-style-type: none"> Katalytische omzetting van ammoniak in stallen Directe mestscheiding in de stal d.m.v. banden Afdekken d.m.v. ballen / regelmatig ledigen open mestkelder in de stal Aanzuren en terugpompen mest in de stal 	<ul style="list-style-type: none"> Gecombineerde luchtwassers op alle varkens- en pluimveebedrijven 	
Pluimvee (13%)	<ul style="list-style-type: none"> Voeraanpassingen pluimvee 	<ul style="list-style-type: none"> Aanpassingen huisvestingssysteem 	<ul style="list-style-type: none"> Gecombineerde luchtwassers op alle varkens- en pluimveebedrijven²⁾ 	
Kunstmest (9%)		<ul style="list-style-type: none"> Plaats specifieke bemesting 	<p>Zie Appendix A.1 voor omschrijvingen van oplossingen</p>	

1) Percentage van de ammoniak emissies in 2006

2) Systeem wordt op relatief korte termijn verwacht voor de pluimveehouderij (gecombineerde luchtwassers voor varkenshouderij zijn nu reeds beschikbaar)

Bestaande technologie meegenomen in stepcurve

Bestaande technologie, gegevens onbekend

Opkomende technologie, gegevens onbekend

- 0 Samenvatting
- 1 Introductie, doel en scope
- 2 Aanpak
- 3 Resultaten
 - 3.1 Toekomstbeelden en Referentiescenario's
 - 3.2 Reductieopties NH₃
 - 3.3 Reductieopties NMVOS**
 - 3.4 Reductieopties PM
- A Appendix

Reductie van het oplosmiddelgehalte in cosmetica, schoonmaakmiddelen en verven behoren tot de meest aantrekkelijke methoden om de NMVOS emissies verder te reduceren

Kosteneffectieve bestaande oplossingen

- Voor NMVOS zijn er de afgelopen jaren reeds veel initiatieven geweest om de emissies te reduceren, bijvoorbeeld het KWS2000 programma of het Nationaal Reductieplan NMVOS – industrie, HDO en bouw. De maatregelen welke nog getroffen kunnen worden hebben dan ook in veel gevallen een relatief lage impact en behoeven vaak regelgeving op Europees niveau.
- De meest aantrekkelijke oplossing voor de sectoren *Huishoudens* en *Bouw* en *HDO* is reductie van het oplosmiddelgehalte in cosmetica- en reinigingsmiddelen. Verdere reductie van het oplosmiddelgehalte in verven is ook een aantrekkelijke maatregel. Kosteneffectiviteit hiervan lijkt echter minder aantrekkelijk aangezien hier al significante verbetering heeft plaatsgevonden (EU productrichtlijn 2004).
- Binnen de sector *Industrie* zijn diverse maatregelen bij raffinaderijen en vervanging van oplosmiddelrijke door oplosmiddelarme of watergedragen verven (met name metalektro) meest kosteneffectief. Minder kosteneffectieve mogelijkheden zijn vervanging van oplosmiddelen voor industrieel ontvetten door watergedragen systemen, CO₂ of iceblast.
- Om aan het HPB te voldoen zullen oplossingen met een geschatte hogere kosteneffectiviteit (> € 10 per kg NMVOS) overwogen dienen te worden, bijvoorbeeld specifieke kleinschalige maatregelen¹⁾ in olie en gaswinning, chemie, grafische en houtenmeubelindustrie.
- Het LPB en MPB in 2030 worden reeds behaald door de uitvoering van vaststaand beleid, het verwachte HPB in 2030 lijkt echter niet haalbaar door toepassing van bestaande oplossingen.

1) Uit het nationaal reductieplan NMVOS - industrie, HDO en bouw

Behalen van het HPB resulteert in totale kosten van minimaal €70 mln. per jaar, waarvan een groot deel van toepassing is op cosmetica- en schoonmaakproducten en verven

Kosteneffectieve bestaande oplossingen

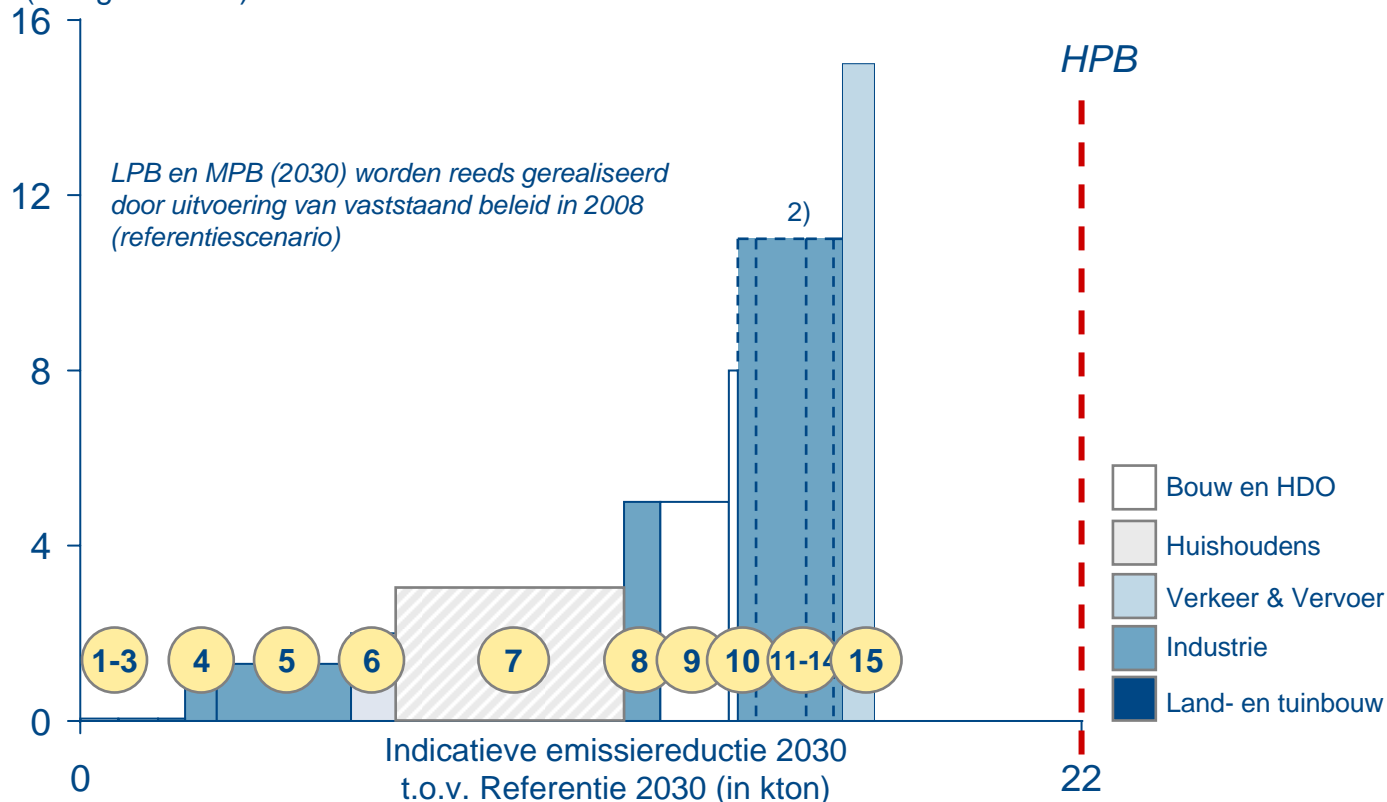
- Bij toepassing van de meest kosteneffectieve maatregelen, zullen de totale extra kosten (t.o.v. de referentie) voor het behalen van het HPB in 2030 minimaal €70 mln. per jaar¹⁾ bedragen, waarvan een groot deel van toepassing is op verven, cosmeticaproducten en reinigingsmiddelen.
 - De kosten voor de industrie worden geschat op €35 mln. per jaar¹⁾
 - De kosten voor consumenten en productie van consumentenproducten worden geschat op €10 mln. per jaar¹⁾
 - De kosten voor Bouw en HDO worden geschat op €15 mln. per jaar¹⁾
 - De kosten voor bronnen vanuit het verkeer worden geschat op €10 mln. per jaar¹⁾
 - Deze kosten dienen met voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden vanwege de onzekerheid (i.v.m. weinig gegevens) in kosteneffectiviteit / impact voor enkele maatregelen voor NMVOS.
- Om volledige toepassing van de meest aantrekkelijke oplossingen tegen 2030 te realiseren dient de overheid verschillende ondersteunende acties te ondernemen, bijvoorbeeld:
 - Het inzetten voor scherpere Europese normen voor verven en voor uitbreiding van de EU productenrichtlijn met bijvoorbeeld cosmetica- en reinigingsmiddelen
 - Stimuleren van verdere innovatie van bestaande oplossingen, zoals doorontwikkeling van alternatieven voor oplosmiddelhoudende cosmetica en reinigingsmiddelen en oplosmiddelarme of watergedragen verven
 - Opzetten van wettelijke raamwerken voor de verschillende opties: bijvoorbeeld verplichte overgang naar reiniging met CO₂ voor chemische waterrijen

Zie Appendix A.4 voor overzicht van ondersteunende acties per oplossing

1) Extra kosten t.o.v. business as usual referentie bij toepassing van de bestaande maatregelen. Hierdoor wordt het prestatiegat van het HPB slechts voor 80% afgedekt.

Indicatieve kosteneffectiviteit en nationale impact van relevante bestaande oplossingen voor NMVOS reductie in 2030

Huidige indicatieve kosteneffectiviteit (€/ kg NMVOS)¹⁾



1) Kosteneffectiviteit is vaak gebaseerd op een bandbreedte, om praktische redenen is hier één getal weergegeven, zie appendix A.2 voor de details van deze oplossingen

2) Maatregelen die als onzeker betiteld worden in het Nationaal Reductieplan NMVOS Industrie, HDO en Bouw. (NRP-NMVOS). Kosten van deze maatregelen zijn onbekend maar worden hoger geschat dan 10 €/kg.

3) Oplossing behoeft waarschijnlijk regelgeving op Europees niveau

Bron: ECN/MNP; IVAM/TME; VROM; analyse en schattingen Arthur D. Little

Oplossingen	
1.	Textiel reiniging met CO ₂
2.	Lage emissie houtkachels ³⁾
3.	Kilometerheffing voor personen- en bestelauto's
4.	Maatregelen op raffinaderijen
5.	Verdere verschuiving naar oplosmiddelarme verven (metalektro)
6.	Extra reductie oplosmiddelgehalte in consumenten DHZ verf ³⁾
7.	Reductie oplosmiddelengehalte cosmetica & (reinigings)middelen ³⁾
8.	Verbeterd industrieel reinigen en ontvetten
9.	Extra reductie oplosmiddelgehalte in verf in de bouw sector ³⁾
10.	Extra reductie oplosmiddelgehalte in verf in de HDO sector ³⁾
11.	Verdergaande maatregelen in de chemie (NRP-NMVOS)
12.	Verdergaande maatregelen in de Olie en Gaswinning (NRP-NMVOS)
13.	Verdergaande maatregelen in de grafische industrie (NRP-NMVOS)
14.	Verdergaande maatregelen in de houten meubel industrie (NRP-NMVOS)
15.	Tegengaan opvoeren snor- en bromfietsen

Zie Appendix A.2 voor omschrijving van oplossingen

Om het volledige HPB te halen en kosten voor implementatie te verlagen, kan ingezet worden op verder onderzoek en doorontwikkeling van enkele opkomende technieken

Innovatiepotentieel maatregelen NMVOS

- Door toepassing van de bestaande/bewezen (technologische) oplossingen lijkt het verwachte HPB in 2030 niet haalbaar. Hierdoor is er extra noodzaak voor:
 - Toepassing van opkomende/nieuwe technologieën. Verdere inzet op innovatie en doorontwikkeling is noodzakelijk om deze beschikbaar te krijgen voor brede implementatie en de kosteneffectiviteit verder te verlagen. Hierbij kan gedacht worden aan:
 - Verbeterde lekkage detectieprogramma's in de industrie
 - Lamineren van objecten in plaats van verven
 - UV technieken om verf uit te harden
 - Verfspuittechnieken of technieken om overspray te reduceren
 - Nieuwe end of pipe technieken (bijvoorbeeld non-thermal plasmatechnieken)
 - Verbetering van bestaande technieken, zoals prestatieverbetering van verf met een laag oplosmiddelengehalte
 - Mogelijke additionele reductie in de industrie, door verdergaande toepassing van bestaande technologieën op emissiebronnen welke nu nog niet of onder beperkte regelgeving vallen. Informatie over mogelijkheden, kosteneffectiviteit en impact ontbreken hier op dit moment.

Zie Appendix A.2 voor omschrijvingen van oplossingen

3.3 Reductieopties NMVOS

Samenvattend overzicht van bestaande en opkomende oplossingen voor de reductie van de NMVOS emissies

Sector (% van nationale emissies) ¹⁾	Input	Proces	End of pipe	Overig
Industrie²⁾ (42%)	<ul style="list-style-type: none"> Verdere verschuiving naar oplosmiddelarme verven (metalektro) Verbeterd industrieel reinigen en ontvetten Laminerende films 	<ul style="list-style-type: none"> Maatregelen op raffinaderijen Toepassen nieuwe en verbeterde verfspuittechnieken Toepassen UV technieken in verf / printapplicaties Lekkage detectieprogramma's in processen met behulp van laser technologie 	<ul style="list-style-type: none"> Diverse NMVOS terugwinningstechnieken Diverse NMVOS verwijderingstechnieken Non thermal Plasma techniek 	<ul style="list-style-type: none"> Verdergaande maatregelen in de chemie / olie- en gaswinning / grafische industrie / verpakingsdruk / houten meubel industrie
Huishoudens (23%)	<ul style="list-style-type: none"> Extra reductie oplosmiddelgehalte verf Reductie oplosmiddelgehalte cosmetica & (reinigings)middelen 	<ul style="list-style-type: none"> Lage emissie houtkachels 		
HDO&Bouw (18%)	<ul style="list-style-type: none"> Textiel reiniging met CO₂ Extra reductie oplosmiddelgehalte verf Reductie oplosmiddelgehalte cosmetica & (reinigings)middelen 	<ul style="list-style-type: none"> Waterverneveling en SiO₂ toevoeging in verfcabines 	<ul style="list-style-type: none"> Optimaliseren dampretoursysteem bij brandstof distributie 	
Verkeer & vervoer (16%)	<ul style="list-style-type: none"> Reductie oplosmiddelgehalte reinigingsmiddelen Invoering APK motorfietsen Tegengaan opvoeren snor- & bromfietsen Ontmoedigen gebruik oudere benzineauto's / optimaliseren eigenschappen benzine 		<p>Zie Appendix A.2 voor omschrijvingen van oplossingen</p>	

1) Percentage van de NMVOS emissies in de ADL Referentieraming 2030

2) Industrie, inclusief raffinaderijen en energie

Bron: ECN/MNP; VROM: IVAM/TME; Nationaal reductieplan NMVOS industrie HDO en Bouw; interviews; analyse Arthur D. Little

Bestaande technologie meegenomen in stepcurve

Bestaande technologie, gegevens onbekend

Opkomende technologie, gegevens onbekend

- 0 Samenvatting
- 1 Introductie, doel en scope
- 2 Aanpak
- 3 Resultaten
 - 3.1 Toekomstbeelden en Referentiescenario's
 - 3.2 Reductieopties NH₃
 - 3.3 Reductieopties NMVOS
 - 3.4 Reductieopties PM**
- A Appendix

Meest aantrekkelijke oplossingen voor reductie van fijn stof emissies zijn het aanbrengen van een water/olie film in varkens- en pluimveestallen en roetfilters in de binnenvaart

Kosteneffectieve bestaande oplossingen

- Meest aantrekkelijke oplossingen (naar nationale impact en kosteneffectiviteit) voor de reductie van fijn stof emissies zijn aanbrenging van een water/oliefilm in varkens- en pluimveestallen¹⁾ (*Landbouw*), roetfilters in de binnenvaart (*Verkeer*), het verbeteren van houtkachels (*Huishoudens*) en het doorvoeren van fijn stof filters in de basismetale of de chemische industrie (*Industrie*).
- De toepassing van gecombineerde luchtwassers bij varkens- en pluimveestallen¹⁾ en verdere doorvoering van fijnstoffilters in de voedingsmiddelenindustrie biedt extra reductiepotentieel, echter tegen hogere kosten. Gecombineerde luchtwassers leveren echter ook een bijkomende reductie van ammoniakemissies en geuroverlast, terwijl in deze berekening de kosten enkel aan de fijnstofreductie zijn toegerekend.
- Door toepassing van bovenstaande maatregelen kan ruimschoots aan het MPB worden voldaan. Echter om aan het HPB te voldoen zullen oplossingen met een kosteneffectiviteit van boven de €200 per kg PM_{2,5} overwogen dienen te worden. Deze minder aantrekkelijke oplossingen zijn retrofit roetfilters bij mobiele werktuigen, verdere verbetering van roetfilters voor het vrachtverkeer (scherpere EURO VI emissie eisen) en maatregelen in de bouw en sloop (bijvoorbeeld benevelen van sloopwerkzaamheden). De meeste van deze oplossingen zijn echter wel aantrekkelijk voor de reductie van fijnstofconcentraties in stedelijke gebieden.
- Brandstofaanpassingen in de zeescheepvaart (alhoewel niet in scope van deze studie en de nationale emissie richtlijn) is een kosteneffectieve oplossing die zou kunnen leiden tot een reductie van fijn stof emissies (in combinatie met SO₂ emissiereductie).

1) Systemen worden op relatief korte termijn verwacht (gecombineerde luchtwassers voor de varkenshouderij zijn nu reeds beschikbaar)

Behalen van het HPB resulteert in totale kosten van €370 mln. per jaar, waarvan het merendeel van toepassing is op maatregelen in de sectoren landbouw en industrie

Kosteneffectieve bestaande oplossingen

- Bij toepassing van de meest kosteneffectieve maatregelen worden de totale kosten om het HPB voor PM_{2,5} te halen geschat op € 370 mln. per jaar
 - De kosten voor de landbouwsector worden geschat op € 230 mln. per jaar^{1) / 2)}
 - De kosten voor de industrie worden geschat op € 80 mln. per jaar¹⁾
 - De kosten voor verkeer en vervoer worden geschat op 15 mln. per jaar¹⁾
 - De kosten voor HDO, Bouw en Huishoudens worden geschat op € 45 mln. per jaar¹⁾
- Om volledige toepassing van de meest aantrekkelijke oplossingen tegen 2030 te realiseren dient de overheid verschillende ondersteunende acties te ondernemen, bijvoorbeeld:
 - (Door) ontwikkelen van (wettelijke) raamwerken voor de verschillende opties: bijvoorbeeld de herinvoering van de typekeurregeling voor houtkachels of het aanscherpen van de grenswaarde aan fijn stof emissies voor landbouwbedrijven in de wet Milieubeheer
 - Inzetten voor scherpere Europese/internationale normen voor de uitstoot van binnenvaart- en zeeschepen
 - Stimuleren van verdere innovatie van bestaande technologieën, zoals verdere doorontwikkelen en beschikbaar krijgen van water/oliefilmsystemen voor pluimvee- en varkenshouderijen, gecombineerde luchtwassers voor de pluimveehouderij en verdere prestatieverbetering (hogere emissiereductie) van roetfilters voor de scheepvaart en mobiele werktuigen

Zie Appendix A.4 voor overzicht van ondersteunende acties per oplossing

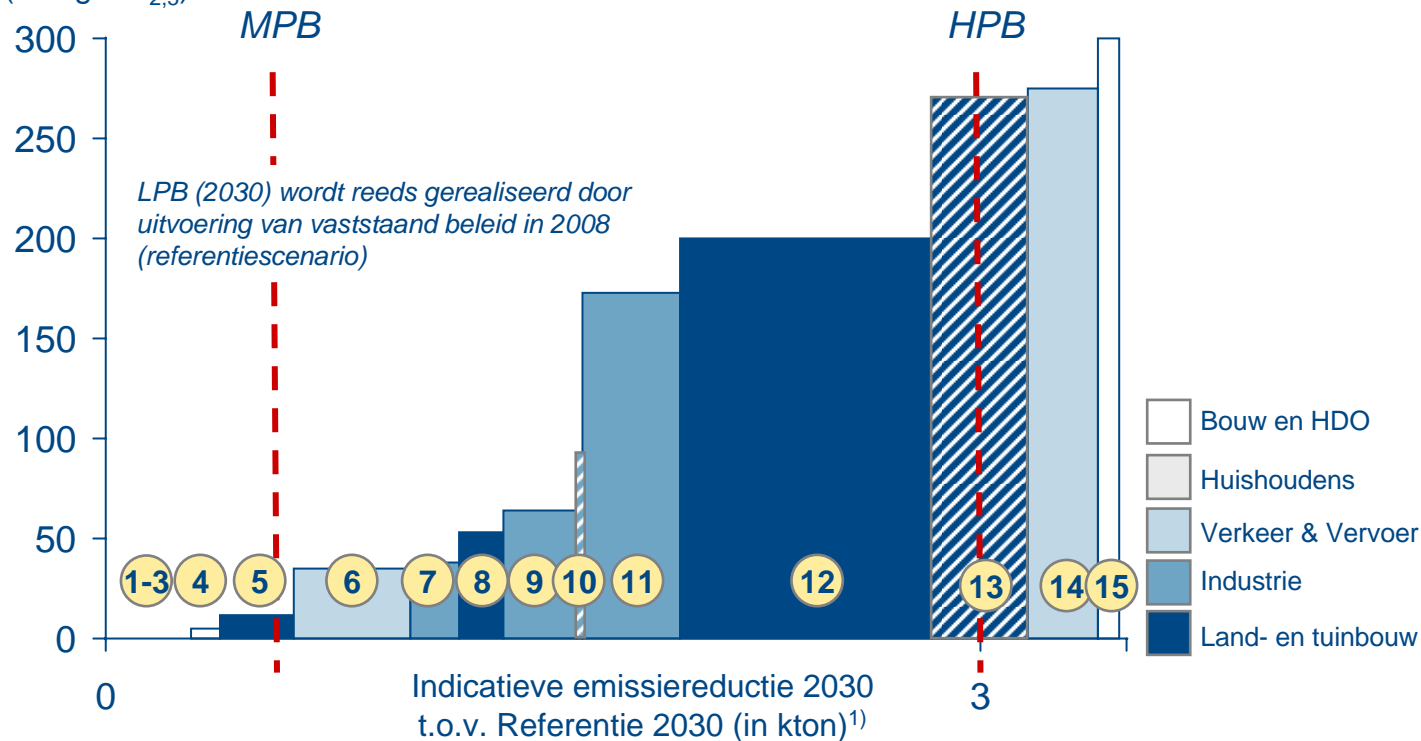
1) Extra kosten t.o.v. referentie bij volledige toepassing van de meest kosteneffectieve oplossingen

2) Kosten landbouw zijn hoog door toepassing van luchtwassers, kosten zijn hier alleen toegeschreven aan PM_{2,5} terwijl gecombineerde luchtwassers ook een reductie van ammoniak en geur opleveren

3.4 Reductieopties PM

Indicatieve kosteneffectiviteit en nationale impact van relevante bestaande oplossingen voor PM_{2,5} reductie in 2030

Huidige indicatieve kosteneffectiviteit¹⁾
(€/ kg PM_{2,5})



Oplossingen	
1.	Lage emissie houtkachels
2.	Kilometerheffing voor personen- en bestelauto's
3.	Kilometerheffing voor vrachtvoertuigen
4.	Verlagen zwavelgehalte rode diesel
5.	Aanbrengen waterfilm in pluimveestallen ²⁾ (evt. oliefilm)
6.	Retrofit roetfilters binnenvaartschepen
7.	Verdere doorvoering fijnstoffilters in basismetaal
8.	Aanbrengen oliefilm in varkensstallen ²⁾
9.	Verdere doorvoering fijnstoffilters in de chemie
10.	Maatregelen op- en overslag van bulkgoederen
11.	Verdere doorvoering fijnstoffilters in de voedingsindustrie
12.	Gecombineerde luchtwasser bij varkens en pluimveestallen ²⁾ (ook voor ammoniak/geur)
13.	Retrofit roetfilters mobiele werktuigen
14.	Verbeterde roetfilters zwaar wegverkeer
15.	Reductie fijn stof emissie bouw en sloopwerken

Zie Appendix A.3 voor omschrijving van oplossingen

1) Kosteneffectiviteiten zijn niet berekend volgens de methode in de NeR. Deze stepcurve voor PM_{2,5} is tot stand gekomen door de reductiepotentiëlen en kosten voor PM₁₀ te vertalen naar PM_{2,5} met behulp van conversiecijfers PM₁₀/PM_{2,5} per sector indien er geen gegevens beschikbaar waren over de PM_{2,5} reductie van een maatregel. Er wordt dan uitgegaan van evenredig aangrijpen van de maatregel op PM₁₀ en PM_{2,5}.

2) Systemen worden op relatief korte termijn verwacht (gecombineerde luchtwassers voor de varkenshouderij zijn nu reeds beschikbaar). Indien een gecombineerde luchtwasser is geïnstalleerd zal een stal over het algemeen niet ook een water- of oliefilm aanbrengen.

Om de kosten voor emissiereductie te reduceren, kan ingezet worden op verder innovatie van bestaande en opkomende technologieën

Innovatiepotentieel maatregelen PM_{2,5}

- Door toepassing van maatregelen met een kosteneffectiviteit van minder dan € 50 per kg reductie kan aan het MPB worden voldaan. Echter om aan het HPB te voldoen zullen bestaande oplossingen met kosteneffectiviteit van € 200 per kg en meer nodig zijn. Hierdoor ontstaat er ruimte voor:
 - Verdere optimalisatie van bestaande technieken, bijvoorbeeld doorontwikkelen van gecombineerde luchtwassers om bijvoorbeeld de kosten van energieverbruik te verlagen.
 - Toepassing van nieuwe innovatieve oplossingen; Tot deze nieuwe technologieën behoren bijvoorbeeld elektrostatische systemen in stallen en schonere brandstoffen in het verkeer. Verdere inzet op innovatie en doorontwikkeling is noodzakelijk om deze mogelijke oplossing beschikbaar te krijgen voor brede implementatie in de sectoren.
 - Toepassing van bestaande technieken op kleinere emissiebronnen welke momenteel nog geen maatregelen hoeven te treffen. Echter in hoeverre hier oplossingen mogelijk zijn met een gunstige kosteneffectiviteit is onduidelijk.

Zie Appendix A.3 voor omschrijvingen van oplossingen

Samenvattend overzicht van bestaande en opkomende oplossingen voor de reductie van PM emissies

Sector (% van nationale emissies) ¹⁾	Input	Proces	End of pipe	Overig
Industrie²⁾ (40%)			<ul style="list-style-type: none"> Verdere doorvoering fijnstoffilters in de basismetaal, chemie en voedingsindustrie Extra toepassen bestaande end of pipe technieken 	<ul style="list-style-type: none"> Maatregelen op- en overslag Besproeien sloopwerkzaamheden
Land & Tuinbouw (13%)	<ul style="list-style-type: none"> Aanpassingen varkensvoer 	<ul style="list-style-type: none"> Aanbrengen waterfilm in pluimveestallen (evt. oliefilm)³⁾ Aanbrengen oliefilm in varkensstallen³⁾ Strooisel management Stalinrichting optimaliseren / lichtregime aanpassen Aanbrengen van olie op varkens d.m.v. rollers / borstels Interne luchtzuivering door middel van filters / elektrostatische systemen 	<ul style="list-style-type: none"> Gecombineerde luchtwasser op alle varkens en pluimvee bedrijven³⁾ Retrofit roetfilters mobiele werktuigen Biofilter, elektrostatisch filter of watergordijn 	
Verkeer & Vervoer (27%)	<ul style="list-style-type: none"> Verlaging zwavelgehalte rode diesel Schonere voertuig aandrijving en brandstoffen 		<ul style="list-style-type: none"> Retrofit roetfilters binnenvaartschepen Retrofit roetfilters mobiele werktuigen 	<ul style="list-style-type: none"> Verbeterde roetfilters zwaar wegverkeer Kilometerheffing
Huishoudens (20%)				<ul style="list-style-type: none"> Lage emissie houtkachels
Zeescheepvaart	<ul style="list-style-type: none"> Schonere brandstof 		Zie Appendix A.3 voor omschrijvingen van oplossingen	

1) Percentage van de PM_{2,5} emissies in de ADL Referentieraming 2030 (zonder bijdrage zeescheepvaart)

2) Industrie, inclusief raffinaderijen en energie

3) Systemen worden op relatief korte termijn verwacht (gecombineerde luchtwassers voor de varkenshouderij zijn nu reeds beschikbaar)

Bestaande technologie meegenomen in stepcurve

Bestaande technologie, gegevens onbekend

Opkomende technologie, gegevens onbekend

- 0 Samenvatting
- 1 Introductie, doel en scope
- 2 Aanpak
- 3 Resultaten

A Appendix

- A.1 Omschrijvingen reductieopties NH₃**
- A.2 Omschrijvingen reductieopties NMVOS
- A.3 Omschrijvingen reductieopties PM
- A.4 Ondersteunende acties
- A.5 Bronnen

Samenvattend overzicht van bestaande en opkomende oplossingen voor de reductie van NH₃ emissies

Sector (% van nationale emissies) ¹	Input	Proces	End of pipe	Overig
Rundvee (37%)	<ul style="list-style-type: none"> Voeraanpassingen rundvee 	<ul style="list-style-type: none"> Emissiearme stallen rundvee nieuwbouw of bestaande stallen Weersafhankelijk ventilatiesysteem Vloeraanpassingen in rundveestallen 	<ul style="list-style-type: none"> Chemische luchtwasser mestkelder 	<ul style="list-style-type: none"> Afgewogen bemesting met mestverwerking Zodenbemesting (i.p.v. sleepvoetenbemesting) op grasland Reductie varkens en pluimveestapel Mest be- en verwerkingstechnieken
Varkens (25%)	<ul style="list-style-type: none"> Voeraanpassingen varkens Toevoegingen (benzoëzuur) varkensvoer 	<ul style="list-style-type: none"> Katalytische omzetting van ammoniak in stallen Directe mestscheiding in de stal d.m.v. banden Afdekken d.m.v. ballen / regelmatig ledigen open mestkelder in de stal Aanzuren en terugpompen mest in de stal 	<ul style="list-style-type: none"> Gecombineerde luchtwassers op alle varkens en pluimveebedrijven 	
Pluimvee (13%)	<ul style="list-style-type: none"> Voeraanpassingen pluimvee 	<ul style="list-style-type: none"> Aanpassingen huisvestingssysteem 	<ul style="list-style-type: none"> Gecombineerde luchtwassers op alle varkens en pluimveebedrijven²⁾ 	
Kunstmest (9%)		<ul style="list-style-type: none"> Plaats specifieke bemesting 		

1) Percentage van de ammoniak emissies in 2006

2) Systeem wordt op relatief korte termijn verwacht voor de pluimveehouderij (gecombineerde luchtwassers voor varkenshouderij zijn nu reeds beschikbaar)

Bestaande technologie meegenomen in stepcurve

Bestaande technologie, gegevens onbekend

Opkomende technologie, gegevens onbekend

1. Zodenbemesting op grasland in plaats van de sleepvoeten techniek

Details			
Omschrijving	Vervanging van de sleepvoeten techniek door de zodenbemester voor het uitrijden van mest op grasland op zandgrond. De zodenbemester is een veel emissiearmere techniek van mestaanwending dan de sleepvoeten techniek.	Emissie reductie potentieel	De zodenbemester heeft een 60% lagere ammoniakuitstoot dan de sleepvoet Emissiefactor sleepvoet: 27,75%, zodenbemester 11,5%
		Kosteneffectiviteit (€ / kg)	3
Sector	Landbouw	Nationale impact (kton)	(5 - 10) (Bovengrens, er wordt vanuit gegaan dat in 2030 de zodenbemester niet meer wordt toegepast (door kostendruk). Deze berekening gaat er vanuit dat hij alleen nog maar wordt toegepast.
Status technologie	In grote mate uitontwikkeld		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Relatief goedkope oplossing ■ Mogelijke bijkomende reductie van stankhinder 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Voor het gebruik van de zodenbemester is een tractor met een groter vermogen benodigd door de groeven welke gemaakt moeten worden. Hierdoor kan een stijging in uitlaatgassen optreden. ■ Zodenbemester kan niet op alle grondsoorten toegepast worden 	

Bron: ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010-2020; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

2. Voeraanpassingen varkens

Details			
Omschrijving	Door het eiwitgehalte in varkensvoer te verlagen komt er minder NH ₃ vrij uit de mest doordat de mest minder stikstof bevat	Emissie reductie potentieel	10 gram minder ruw eiwit in varkensvoer vermindert de NH ₃ uitstoot met 10%
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	9 (bandbreedte (4 – 17))
Sector	Landbouw	Nationale impact (kton)	(0 - 2) (schatting: 25 % van de varkens zal overgaan op eiwitarm varkensvoer (10 gram lager ruw eiwit gehalte per kilogram voer)
Status technologie	In grote mate uitontwikkeld		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Door de aanpak van stikstof aan de bron, door verlaging van het eiwit gehalte, wordt de ammoniak emissie uit de stal verminderd, maar ook uiteindelijk de emissie welke vrijkomt bij eventuele verspreiding op het land ■ Bijmengen van (synthetische) aminozuren kan reductie eventueel verder terugbrengen (bijvoorbeeld: lysine, methionine, threonine, tryptophan) ■ Reductie zou eventueel ook behaald kunnen worden via groter aandeel bietenpulp in het varkensvoer ■ Eventueel kan het eiwitgehalte afgestemd worden op de behoeften van het individuele dier door middel van computergestuurde technieken 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Jonge dieren kunnen een groeiachterstand oplopen als het eiwitgehalte te ver teruggebracht wordt, dit kan een risicomijdende houding veroorzaken. ■ Indien op vrijwillige basis zijn mate van doorvoering en handhaving onzeker 	

3. Gecombineerde luchtwassers op varkens- en pluimvee bedrijven

Details			
Omschrijving	Gecombineerde luchtwassers verwijderen een groot deel van de ammoniak, fijn stof en geur uit de lucht die door (mechanische) ventilatie uit stallen komt. Deze bestaat uit een chemische wasser voor ammoniak, een biologische wasser voor geur en ammoniak en een watergordijn voor fijn stof.	Emissie reductie potentieel	Verwijderingsrendement, van ammoniak: meer dan 70%; en van fijn stof (zowel PM ₁₀ als PM _{2,5}): meer dan 60%
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	Kosten kunnen (sterk) variëren per diercategorie, stalgrootte en eventueel benodigde verbouwingen. Schatting voor nieuwbouw: pluimvee (5-20), varkens (6 - 10). Overall kosteneffectiviteit wordt geschat tussen (5-15)
Sector	Landbouw	Nationale impact (kton)	(10 - 20) (bij implementatie op alle (emissiearme) stallen)
Status technologie	Voor varkenshouderijen beschikbaar, voor pluimveehouderijen nog niet. Er wordt naar gestreefd deze zo snel mogelijk beschikbaar te krijgen		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Gecombineerde reductie van ammoniak, fijn stof en geur door een systeem ■ Chemische component van de gecombineerde luchtwassers kan een desinfecterende werking hebben op de uitgaande stallucht ■ Er is reeds een subsidieregeling beschikbaar voor de aanschaf van gecombineerde luchtwassers ■ Er loopt een innovatieprogramma waarin onder andere wordt gestreefd naar verbetering van luchtwassers. De afgelopen jaren zijn er reeds kostenbesparingen gerealiseerd op bijvoorbeeld energieverbruik. 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Afvalwater uit de luchtwasser dient verder verwerkt te worden, momenteel wordt deze vaak aangewend op het land ■ Luchtwassers verbeteren niet de luchtkwaliteit in de stal ■ Luchtwassers gebruiken relatief veel energie ■ Wordt reeds toegepast in de varkenshouderij. Pluimveesector alleen op pilot locaties in verband met problemen met de werking van de stoffunctie van de gecombineerde luchtwasser en het hoger energieverbruik in de pluimveesector. ■ Financieringsruimte binnen de intensieve veehouderij is relatief klein (met name relevant voor kleinschalige veehouders) 	

4/5. Emissiearme stallen voor rundvee

Details			
Omschrijving	Rundvee wat niet dat jaarrond op stal staat hoeft op dit moment nog niet te voldoen aan emissie arme stallen. Er zijn verschillende bestaande opties voor een emissie arme stal, ook beschreven in de Regeling Ammoniak en Veehouderij. In deze optie is gekeken naar het invoeren van een stal met een dichte vloer met sleuven aan de bovenkant. Een schuif voert de mest en urine van de sleufvloer af.	Emissie reductie potentieel	19% (35% in de winter en 0% voor het weideseizoen)
		Kosteneffectiviteit (€ / kg)	14 bij installatie bij nieuwbouw of renovatie 17 indien additioneel bij bestaande stallen ook emissiearme systemen geïnstalleerd worden
Sector	Landbouw	Nationale impact (kton)	(2 – 4) Bij het verplicht stellen van emissiearme rundveestallen bij nieuwbouw en renovatie, leidend tot 70% realisatie in 2030. Additioneel kan een reductie van (1 – 2) kton behaald worden door bestaande stallen ook emissiearm te maken, hiermee zouden alle open stallen emissiearm worden
Status technologie	Beschikbaar		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
		<ul style="list-style-type: none"> ■ Minder diervriendelijke oplossing indien de koeien langer op stal gehouden worden. Dan zal er waarschijnlijk ook minder draagvlak zijn in de maatschappij ■ Hoge kosten vormen momenteel een barrière, met name voor bestaande stallen ■ Laag draagvlak bij de doelgroep, ook door pootbreuken in prototypen bij dit staltype 	

Bron: ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010-2020; WUR/ASG, 2007, Reductieopties voor ammoniak en methaanemissie uit huisvesting voor melkvee; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

6. Afgewogen bemesting met mestverwerking

Details			
Omschrijving	Door middel van metingen in de grond of via satelliet kan bepaald worden hoeveel nitraat de bodem of gewassen nodig hebben. Door koppeling van deze gegevens (eventueel via GPS/GIS technieken) aan mestafgifte apparatuur wordt er minder mest aangewend op de grond. Hierdoor ontstaat echter wel een mestoverschot. Van dit overschot wordt een deel van de rundvee- en varkensdrijfmest en de vaste pluimveemest verwerkt of verbrand voor energiewinning.	Emissie reductie potentieel	Verwachte daling van de ammoniakemissie met 30% (grove inschatting)
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	22
Sector	Landbouw	Nationale impact (kton)	(6 – 8) (Onder aanname van toepassing op 60% van de mest)
Status technologie	Beschikbaar		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Het verbranden van mest kan eventueel groene energie opleveren, er wordt momenteel reeds energie opgewekt uit pluimveemest in een biocentrale ■ Ook positieve effecten op het grondwater 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Hoge kosten van deze maatregel, onder andere voor mestverwerking ■ Eventueel een hoger risico op tegenvallende gewasopbrengsten, meer ervaring naar goede interpretatie van satellietbeelden en metingen in het veld gekoppeld aan plaatsbepalingssystemen is benodigd ■ Kwaliteit van de mest aangeleverd door de veehouderijen moet voldoen aan de gestelde eisen om te kunnen concurreren met kunstmest ■ Impact hangt af van hoe de mest uiteindelijk wordt aangewend 	

Bron: ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010-2020; ZLTO, 2008, Nieuwe Oogst; Milieulijst; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

7. Reductie van de varkens- en pluimveestapel

Details			
Omschrijving	Door dierrechten op te kopen kan de varkens- en pluimveestapel gereduceerd worden en hiermee ook de ammoniakemissie. In deze oplossing wordt 10% van de dierrechten ten opzichte van de referentie opgekocht en hiermee worden alle emissies behorende bij deze dierrechten vermeden	Emissie reductie potentieel	
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	28
Sector	Landbouw	Nationale impact (kton)	(0-3) (Nationale impact is sterk afhankelijk van welke maatregelen geïmplementeerd zijn in de sector)
Status technologie	Niet van toepassing		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Mogelijk bijkomend positief effect op fijn stof en methaan emissies en geuroverlast 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Kosten zijn onzeker en kunnen hoger uitvallen ■ Impact sterk afhankelijk van welke maatregelen getroffen gaan worden welke de totale ammoniakemissie kunnen beïnvloeden ■ Onduidelijk wat de impact zal zijn voor de Nederlandse toeleverende industrie ■ Verplaatsing van het probleem naar het buitenland, bij gelijkblijvende internationale veestapel 	

Bron: ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010/2020; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

8. Voeraanpassingen rundvee

Omschrijving	<p>Momenteel loopt er een afspraak tussen overheid en rundveehouders om het voer zodanig aan te passen dat het melkureumgehalte op 20 gram per 100 gram melk wordt bereikt. Dit heeft een reducerend effect op de uiteindelijke ammoniakemissie. Hiernaast zijn er diverse onderzoeken geweest naar het aanpassen van rundvee, onder andere naar:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Het voeren van minder (verteerbare) eiwitten -Het verlagen van de eiwit balans in de pens -Het stimuleren van fermentatieprocessen in het rundvee
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ De mechanismen zijn bekend, echter meer onderzoek is benodigd om de effecten in de praktijk in beeld te brengen en deze toe te gaan passen ■ Voeraanpassingen welke het stikstofgehalte van de mest verlagen hebben een tweezijdig effect, deze reduceren zowel de ammoniakemissie uit de stal alsmede de emissies gedurende het eventuele uitrijden van de mest op het land ■ Handhaving moet gewaarborgd kunnen worden

9. Weersafhankelijk ventilatiesysteem in natuurlijk geventileerde rundveestallen

Omschrijving	<p>Het overgrote deel van de rundveestallen in Nederland zijn natuurlijk geventileerd. Dit veroorzaakt op momenten met sterke windsnelheden vaak een grote ammoniakemissie aangezien ventilatieniveau in de stal en ammoniakemissie aan elkaar gerelateerd zijn. Een weersafhankelijk ventilatiesysteem bestaat uit automatisch aangestuurde gordijnen in de ventilatieopeningen welke afhankelijk zijn van de gemeten windsnelheden. Dit remt de luchtsnelheid in de stal en hiermee de emissie van ammoniak.</p>
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Dit systeem kan zowel in bestaande als nieuwe stallen ingebouwd worden ■ De verwachting is dat de kosten relatief gunstig zullen zijn ■ Emissiereductie is moeilijk te schatten, deze is afhankelijk van de weersomstandigheden

10. Vloeraanpassingen in rundveestallen

Omschrijving	<p>Een groot deel van de ammoniakemissie uit rundveestallen komt vrij uit de mestkelder. Veelal ligt boven de mestkelder een open roostervloer. Er zijn diverse ontwikkelingen op het gebied van vloeraanpassingen in rundveestallen om de emissie te verminderen. Hierbij kan gedacht worden aan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - (Stalen) roostervloeren met een (rubberen toplaag) en een mestschuif of een afdekking van de roosterspleten - (Behandelde) dichte (hellende) vloeren of sleufvloeren of een hellende schijnvloer onder de roostervloer welke al dan niet gereinigd worden door een mestschuif of door spoelsystemen - Het gebruiken van een strooisel om zo de urine te binden aan het stro
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Er is veel aandacht voor vloeraanpassingen voor rundvee aangezien een groot deel van de emissies vrijkomt uit de (open) mestkelder ■ Sommige van deze systemen kunnen in bestaande stallen relatief eenvoudig aangebracht worden ■ Reductiepotentiëlen zijn erg afhankelijk van voor welk systeem gekozen wordt ■ Nog niet alle genoemde opties zijn momenteel commercieel beschikbaar

11. Chemische luchtwasser mestkelder

Omschrijving	<p>Het overgrote deel van de rundveestallen in Nederland is natuurlijk geventileerd en veel van de ammoniak emissies komen vrij vanuit de open mestkelder onder de stalvloer. Door het open karakter van de meeste rundveestallen zijn deze minder geschikt voor het plaatsen van een externe luchtwasser. Een alternatief hiervoor is het plaatsen van een installatie welke de lucht uit de mestkelder afzuigt en reinigt met een chemische luchtwasser.</p>
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Chemische luchtwassers hebben een groot reductiepotentieel (± 90%) ■ Er hoeven geen grote wijzigingen in bestaande stallen aangebracht te worden, tevens is deze installatie ook toepasbaar in nieuwe stallen ■ Kan eventueel het binnenklimaat in de stal verbeteren en eventueel fijn stof en geur reduceren ■ Eerste berekeningen schatten dat de ammoniakemissie met ongeveer 25% verminderd kunnen worden ten opzichte van een ligboxenstal met roosters bij permanent opstallen

12. Toevoegingen (benzoëzuur) varkensvoer

Omschrijving	<p>Door het toevoegen van benzoëzuur aan voer kan de PH waarde van de urine verlaagd worden, wat een reductie in ammoniakuitstoot kan opleveren.</p> <p>Momenteel is dit verkrijgbaar onder de naam VevoVital® van DSM waarnaar verschillende onderzoeken zijn uitgevoerd. Het product is reeds goedgekeurd door de Europese autoriteiten voor bepaalde diercategorieën.</p>
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Toevoeging zou een reductie van rond de 25% kunnen opleveren in ammoniakemissie ■ Controle en handhaafbaarheid van deze maatregelen moeten goed gewaarborgd worden ■ Voermaatregelen hebben het voordeel dat ze niet afhankelijk zijn van het huisvestingssysteem en het stikstofgehalte van de mest verlagen, wat ook bij de aanwending van mest de emissie vermindert

13. Katalytische omzetting van ammoniak in stallen

Omschrijving	<p>Muren van stallen kunnen worden beschilderd met titaandioxide verf. Deze verf is in staat om NH₃ om te zetten in N₂, N₂O of NO en water onder invloed van UV verlichting. Mogelijkheden voor toepassing worden op dit moment onderzocht.</p>
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Over de effectiviteit van titaandioxide verf bestaan nog veel onzekerheden ■ Deze maatregel zou ook een impact kunnen hebben op de fijnstofconcentratie in stallen ■ Het lijkt een relatief goedkope oplossing, een eerste experiment schat de kosten op € 126 per kamer voor 30 zeugen voor een jaarlijkse behandeling, dit leverde in dit experiment een reductie op van ongeveer 30% in ammoniakemissies ■ De verf moet regelmatig vernieuwd worden, dit is mogelijk voor gesloten stallen een complexe operatie ■ Emissie van NO en N₂O moeten gecontroleerd blijven, uit het eerste experiment waren de N₂O emissies lager dan in een onbehandelde stal

Bron: DSM; WUR/ASG, 2007, Reductie ammoniakemissie via voeding; Dustconf 2007 – Costa et al., A new low cost technique to reduce concentration pollutants in animal houses; LNV/WUR, 2007; Verminderen uitstoot fijn stof uit de landbouw; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

14. Directe mestscheiding in de stal d.m.v. banden

Omschrijving	Door urine en feces direct van elkaar te scheiden en regelmatig uit de stal te verwijderen kan een reductie in ammoniakemissie optreden. Dit systeem wordt bijvoorbeeld uitgevoerd door het Kempfarm systeem. Dit systeem is een totaalconcept voor de huisvesting van varkens. Door toepassing van V-vormige mestbanden in de stal worden urine en feces direct van elkaar gescheiden en deze worden dagelijks afgevoerd. Dit scheiden van urine en feces leidt tot een vermindering van de ammoniak emissie. Dit stalsysteem (het Kempfarm-systeem) is gebaseerd op een speciaal ontworpen staalconstructie welke geschikt is voor het bouwen van varkensstallen met een of twee etages voor zowel vermeerderingsbedrijven als vleesvarkens.
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Uit eerste metingen gedaan aan het Kempfarm systeem: <ul style="list-style-type: none"> – Komt een mogelijk reductiepotentieel tot 70% voor ammoniak naar voren ten opzichte van de traditionele stal – Blijkt dat het systeem ook een positieve impact heeft op geuremissies en methaanemissies – Blijkt dat het concept een financieel voordeel kan opleveren van gemiddeld €8,07 per vleesvarken in het gelijkvloers systeem en €9,98 in het stalsysteem met 2 verdiepingen – Het systeem is naar verwachting alleen toepasbaar in nieuwe stalsystemen

15. Aanzuren en terugpompen van mest in varkensstallen

Omschrijving	Mest uit de stal wordt in een procestank gepompt waar er zwavelzuur aan toe wordt gevoegd. Deze toevoeging verlaagt de pH van de mest en voorkomt een deel van de ammoniakverdamping. Een deel van deze aangezuurde mest wordt teruggepompt in de stal, zodat ook hier de ammoniakverdamping wordt verminderd.
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Technologie en principes zijn bekend, echter de toepassing hiervan in de Nederlandse bedrijfssituaties is nog onbekend ■ Deze technologie kan het binnenmilieu in de stal verbeteren ■ Het betreft een geautomatiseerd systeem, het aansturen van het verzuringsproces gebeurt centraal door middel van PC aansturing ■ Het systeem kan ook worden aangebracht in bestaande stallen

16. Afdekken d.m.v. ballen / regelmatig ledigen open mestkelder in de stal

Omschrijving	<p>Door afsluiting van de vaak open mestkelder in varkensstallen kan de ammoniakemissie beperkt worden. Een ontwikkeling op dit gebied zijn bijvoorbeeld kunststof ballen welke in de mestkelder geplaatst kunnen worden (balansballen). Deze ballen dekken de bovenlaag van de (open) mestkelder af, waardoor minder emissie optreedt. De ballen zijn deels gevuld met lucht en deels met water en draaien zichzelf automatisch om wanneer er mest op valt.</p> <p>Als alternatief voor het afdekken van de mestkelder kan er eventueel ook gebruik gemaakt worden van het installeren van een vacuüm systeem in de stal welke de mestput in de stal regelmatig ledigt.</p>
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Er hebben nog geen officiële metingen plaatsgevonden naar de balansballen, de effectiviteit is nog onbekend. ■ Momenteel met name een toepassing voor varkensstallen, of deze toepassing ook mogelijk is voor rundveemest moet nog onderzocht worden ■ Dit systeem zou eenvoudig ingepast kunnen worden in bestaande stalsystemen ■ Afsluiting of het regelmatig ledigen van de mestkelder in de stal zal ook het binnenklimaat verbeteren

17. Voeraanpassingen voor pluimvee

Omschrijving	<p>Alhoewel nog niet regelmatig toegepast in de praktijk, zijn diverse opties om de reductie van ammoniak uit pluimveestallen verder te reduceren door middel van voeraanpassingen onderzocht, als mogelijke haalbare en kostentechnisch interessante opties kwamen naar voren:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Het gescheiden mesten van hanen en hennen en het voeren naar behoefte per sekse -Het voeren naar behoefte per dier per dag <p>Een combinatie van deze maatregelen zou de ammoniakuitstoot tot 50% kunnen reduceren</p> <p>Ook kunnen eventueel additieven aan het voer toegevoegd worden, zoals calcium sulfaat of zeoliet, kan het eiwit gehalte verlaagd worden of kunnen er micro-organismen toegevoegd worden</p>
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Meer onderzoek is benodigd om de implementeerbaarheid en kosten van deze oplossingen te kwantificeren ■ Voeraanpassingen hebben het voordeel dat deze niet afhankelijk zijn van het stalsysteem en ze het stikstofgehalte in de mest verlagen wat ook bij de verdere aanwending van mest de emissie kan verminderen

18. Aanpassingen huisvestingssystemen voor pluimvee

Omschrijving	<p>Diverse aanpassingen in de huisvestingssystemen bij pluimvee zijn onderzocht, potentievolle opties voor verdere reductie zouden kunnen zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Het tussentijds verwijderen van stroiselmest kan door middel van mestbanden welke eventueel tegelijkertijd de mest kunnen drogen - Het toepassen van een mobiel voeder en drinkstelsel met stroiseldroging
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Het snel drogen van de mest heeft tot gevolg dat er minder ammoniakemissie optreedt ■ Het mobiele voeder en drinkstelsel is getest en het stelsel lijkt potentie te hebben om de ammoniakemissie te verminderen maar verdere optimalisering is mogelijk

19. Mest be- en verwerkingstechnieken

Omschrijving	<p>Diverse technieken voor het be- of verwerken van dierlijke mest zijn beschikbaar die de ammoniakemissie zouden kunnen verlagen, hierbij kan gedacht worden aan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aanzuren van mest of toevoegen van preparaten gebaseerd op adsorptie (actief kool, stro/zaagzel), het verdunnen of koelen van mest in de mestopslag - Drogen en korrelen van mest (eventueel met een droog en pelleteerinstallatie) - Verbranden/ vergassen van de mest <p>Hierbij kan het nodig zijn om aanvullende luchtwassers toe te passen om de nog vrijkomende emissies te reduceren.</p>
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ De effectiviteit van de maatregelen is verschillend en van sommigen zijn nog geen meetresultaten bekend ■ Bij deze opties kunnen eventueel andere emissies vrijkomen, die gezuiverd moeten worden ■ In geval van verwerking zou het product als kunstmestvervanger kunnen optreden, wat tot een reductie in ammoniakuitstoot kan leiden

20. Plaats specifiek toedienen van kunstmest

Omschrijving	<p>Door apparatuur te gebruiken welke alleen kunstmest strooit of aanwendt waar deze benodigd is en dus bijvoorbeeld niet op paden kan een reductie in ammoniak worden behaald door een verminderde onnodige kunstmestafgifte.</p> <p>Er is reeds apparatuur beschikbaar welke gelijktijdig met het zaaien, schoffelen of andere bewerkingen direct niet dierlijke meststoffen kunnen toevoegen bij het gewas.</p>
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none">■ Apparatuur geschikt voor deze applicatie zal aangeschaft moeten worden, hiervoor is subsidie beschikbaar via de MIA/VAMIL regeling■ Kan eventueel een kostenbesparing opleveren in kunstmest door verminderd gebruik

- 0 Samenvatting
- 1 Introductie, doel en scope
- 2 Aanpak
- 3 Resultaten

A Appendix

A.1 Omschrijvingen reductieopties NH₃

A.2 Omschrijvingen reductieopties NMVOS

A.3 Omschrijvingen reductieopties PM

A.4 Ondersteunende acties

A.5 Bronnen

Samenvattend overzicht van bestaande en opkomende oplossingen voor de reductie van de NMVOS emissies

Sector (% van nationale emissies) ¹⁾	Input	Proces	End of pipe	Overig
Industrie²⁾ (42%)	<ul style="list-style-type: none"> Verdere verschuiving naar oplosmiddelarme verven (metalektro) Verbeterd industrieel reinigen en ontvetten Laminerende films 	<ul style="list-style-type: none"> Maatregelen op raffinaderijen Toepassen nieuwe en verbeterde verfspuittechnieken Toepassen UV technieken in verf / printapplicaties Lekkage detectieprogramma's in processen met behulp van laser technologie 	<ul style="list-style-type: none"> Diverse NMVOS terugwinningstechnieken Diverse NMVOS verwijderingstechnieken Non thermal Plasma techniek 	<ul style="list-style-type: none"> Verdergaande maatregelen in de chemie / olie- en gaswinning / grafische industrie / verpakkingsdruk / houten meubel industrie
Huishoudens (23%)	<ul style="list-style-type: none"> Extra reductie oplosmiddelgehalte verf Reductie oplosmiddelgehalte cosmetica & (reinigings)middelen 	<ul style="list-style-type: none"> Lage emissie houtkachels 		
HDO&Bouw (18%)	<ul style="list-style-type: none"> Textiel reiniging met CO₂ Extra reductie oplosmiddelgehalte verf Reductie oplosmiddelgehalte cosmetica & (reinigings)middelen 	<ul style="list-style-type: none"> Waterverneveling en SiO₂ toevoeging in verfcabines 	<ul style="list-style-type: none"> Optimaliseren dampretoursysteem bij brandstof distributie 	
Verkeer & vervoer (16%)	<ul style="list-style-type: none"> Reductie oplosmiddelgehalte reinigingsmiddelen Invoering APK motorfietsen Tegengaan opvoeren snor- & bromfietsen Ontmoedigen gebruik oudere benzineauto's / optimaliseren eigenschappen benzine 			

1) Percentage van de NMVOS emissies in de ADL Referentieraming 2030

2) Industrie, inclusief raffinaderijen en energie

Bron: ECN/MNP; VROM: IVAM/TME; Nationaal reductieplan NMVOS industrie HDO en Bouw; interviews; analyse Arthur D. Little

Bestaande technologie meegenomen in stepcurve

Bestaande technologie, gegevens onbekend

Opkomende technologie, gegevens onbekend

1. Textielreiniging met CO₂

Details			
Omschrijving	Momenteel reinigen veel stomerijen met Perchloorethyleen (PER). In plaats van reinigen met (PER) kan in stomerijen ook gereinigd worden met vloeibaar koolzuur, wat een reductie in de NMVOS emissie tot gevolg heeft. Deze technologie wordt reeds aangeboden in Nederland door een leverancier.	Emissie reductie potentieel	
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	0 (bij natuurlijke vervanging, geen vervroegde afschrijving en geen kosten voor mogelijk intellectueel eigendom. Indien vervroegde vervanging optreed, kunnen kosten oplopen tot ongeveer 9 €/ kg)
Sector	HDO	Nationale impact (kton)	(0 – 2) (Bij volledige overschakeling op CO ₂ reiniging in Nederland)
Status technologie	Beschikbaar		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ CO₂ reiniging kan goedkoper zijn dan PER reiniging, door de grotere snelheid van het proces ■ Verbetering van het binnenmilieu in stomerijen en woningen hierboven ■ Vloeibaar CO₂ is niet giftig, veroorzaakt geen grondwatervervuiling en is beschikbaar als bijproduct uit raffinaderijen en ammonia productie ■ Momenteel is subsidie mogelijk via de MIA/VAMIL lijst 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Kosten zouden eventueel hoger kunnen uitvallen in verband met intellectueel eigendom momenteel gerelateerd aan deze techniek ■ Momenteel gebrek aan leveranciers van CO₂ reinigingsinstallaties in Europa ■ Acceptatie binnen de sector is laag, er is de perceptie dat PER beter werkt, met CO₂ zouden eventueel meer vlekken voorbewerkt moeten worden 	

Bron: ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010/2020; EC/ETAP, 2007, Towards cleaner Dry Cleaning with liquid Carbon Dioxide; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

2. Lage emissie houtkachels

Details			
Omschrijving	Houtkachels veroorzaken op dit moment een grote NMVOS emissie. Door het stellen van emissie eisen naar Duitse norm kunnen deze verminderd worden. De nu vervallen Nederlandse typekeuringregeling kan weer worden ingevoerd en de CO eis kan verlaagd worden tot 0,3 volume%. Een andere mogelijkheid welke niet is meegenomen in het reductiepotentieel en de kosten is het invoeren van kachels met een katalysator.	Emissie reductie potentieel	40% bij vervanging van ongekeurde kachel
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	0 (bij natuurlijke vervanging van kachels en geen vervroegde vervanging)
Sector	Huishoudens	Nationale impact (kton)	(0 – 2) (bij natuurlijke vervanging van kachels en geen vervroegde vervanging. In het gegeven reductiepotentieel zit een aanzienlijke onzekerheid)
Status technologie	Beschikbaar		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Tevens een vermindering van emissies in fijn stof, PAK, stank en rook ■ Verdere reductie zou eventueel mogelijk zijn door het bevorderen van het gebruik van brandstof met een laag vochtgehalte 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Invoering van een typekeuringregeling moet afgestemd worden met EU regelgeving 	

Bron: ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010/2020; VROM, 2003, Erop of Eronder; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

3. Kilometerheffing voor personen- en bestelauto's

Details			
Omschrijving	Door een invoering van een kilometerheffing op het hele wegennet met afschaffing van de motor rijtuigenbelasting en een kwart van de Belasting van personenauto's en motorrijwielen en een aparte congestieheffing kan de NMVOS emissie uit het verkeer verder verlaagd worden.	Emissie reductie potentieel	
		Kosteneffectiviteit (€ / kg)	0 (Kosteneffectiviteit is op nul gezet vanwege kostenneutraliteit. Indien men geen rekening houdt met de baten van een heffing en de (investerings)kosten voor het systeem alleen toerekent aan de NMVOS reductie, dan vallen deze hoog uit)
Sector	Verkeer en Vervoer	Nationale impact (kton)	(0 – 1) (Grove schatting, uiteindelijke effecten van invoering zullen (mede) afhankelijk zijn van een eventuele differentiatie van de tarieven voor verschillende autotypen, tevens bestaat er onzekerheid over de mobiliteitseffecten van een invoering)
Status technologie	Beschikbaar		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Relatief kostenefficiënte oplossing vanuit een welvaarts oogpunt voor geheel Nederland ■ Relatief lage investering voor personen/bestelauto's (€ 100 tot € 150 voor een registratiemeter) ■ Bijkomende reductie van andere emissies (CO₂, NO_x, PM) en een aanpak van congesties ■ Kan een vraagverschuiving naar andere modaliteiten bespoedigen 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Invoering vergt hoge inspanningen, bijvoorbeeld extra handhavinginspanningen en een grote administratieve inspanning bij opstarting van het systeem ■ Invoering vergt hoge investeringen in infrastructuur 	

Bron: MNP, 2005, Milieu-effecten Anders Betalen voor Mobiliteit; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

4. Maatregelen op raffinaderijen

Details			
Omschrijving	Op raffinaderijen zou nog een reductie van NMVOS emissies mogelijk zijn door onder andere: Het in werking stellen van <ul style="list-style-type: none"> ■ Een controlesysteem voor onder andere fakkelemissies via doorlatende afsluiters en veiligheidskleppen ■ Het verminderen van de emissies van puntbronnen door deze af te dekken. Het afdekken van puntbronnen is reeds veel toegepast in de praktijk. Een andere optie welke niet in het reductiepotentieel is meegenomen zou zijn: ■ Het verminderen van lekkages bij raffinaderijen door bijvoorbeeld het meer meten van lekkages en afstemmen van het onderhoudsprogramma hierop (bijvoorbeeld door een Leak and Detection and Repair program) of door het gebruik van dubbele mechanische asafdichtingen 	Emissie reductie potentieel	
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	1 (bandbreedte: (0 - 2,5)) (kosteneffectiviteit van een Leak and Detection Repair program wordt geschat tussen de 1,7-2,5)
Sector	Industrie	Nationale impact (kton)	(0 – 2) (afgelopen jaren zijn reeds veel maatregelen door de raffinaderijen getroffen)
Status technologie	Beschikbaar		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Relatief goedkope oplossing 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Groot aantal kleine puntbronnen, vanwege de complexiteit en omvang van productiefaciliteiten ■ Reductiepotentieel is wellicht lager doordat het afdekken van puntbronnen in de praktijk al veel is toegepast 	

Bron: ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010/2020; IPCC Reference document on best available techniques for Mineral Oil and Gas Refineries; Milieulijst; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

5. Verdere verschuiving naar oplosmiddelarme verven

Details			
Omschrijving	In de metaalektro industrie, inclusief de scheepsbouw, kan een reductie van NMVOS behaald worden door onder andere een verdere verschuiving naar watergedragen lakken en oplosmiddelarmere verven en het verder overschakelen naar poedercoaten. Poedercoaten wordt reeds op grote schaal toegepast, hier is naar verwachting weinig extra potentieel te behalen.	Emissie reductie potentieel	
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	1 (bandbreedte: (0-2,5))
Sector	Industrie	Nationale impact (kton)	(2 – 3) (Bovengrens, indien een sterke implementatie)
Status technologie	Beschikbaar		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Door toepassing van sneldrogende technieken zou het reductiepotentieel nog verhoogd kunnen worden voor oplosmiddelarme lakken ■ In Duitsland schat men een reductie van 50% NMVOS mogelijk voor dit type maatregelen in de machinebouw ■ Bij poedercoatings kan de overspray teruggewonnen worden met een recyclingsysteem 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Toepassen van watergedragen lakken in de zeescheepvaart zal moeilijk zijn ■ In de zeescheepsbouw bepaald de rederij vaak welke verf wordt gebruikt, dit zijn vaak verven met hoog NMVOS gehalte ■ Kwaliteit van watergedragen verven en oplosmiddelarme verven kan nog niet voor alle processen gewaarborgd worden. Vaak zijn, met name voor watergedragen verven, geconditioneerde omstandigheden nodig om goed te kunnen drogen 	

Bron: ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010/2020; Umweltbundesamt, 2007, Maßnahmen zur Einhaltung der Emissionshöchstmengen der NECRichtlinie; VITO; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

6/9/10. Extra reductie oplosmiddelgehalte verf

Details			
Omschrijving	Door aanscherping van de eisen ten aanzien van het oplosmiddelgehalte van verschillende verfsoorten kan er een verdere verschuiving plaatsvinden van oplosmiddelgedragen naar watergedragen verven of verven met een lager NMVOS gehalte. Dit zou mogelijk zijn door het aanscherpen van de EU productierichtlijn 2004/42/EG voor het oplosmiddelengehalte van verven in de Bouw, (staalconservering, schilders en wegverf), HDO (Autoschadeherstel) en Consumenten Doe het Zelf verf.	Emissie reductie potentieel	DHZ verven: verdere overschakeling op watergedragen verf Staalconservering in de bouw: verdere overschakeling op high solid verven met lager vos gehalte Schadeherstel: Base and clear coat met minder dan 420gr vos/liter (watergedragen base coat en clear coat met UV) Wegverf: VOS arme verf
		Kosten-effectiviteit (€/ kg)	5 (bouw); 8 (HDO); 2 (huishoudens) (Grote onzekerheid in deze kosteneffectiviteiten; kosten voor de bouw zijn op 5 gezet (deze zijn onbekend), kosten voor schadeherstel en huishoudens zijn zeer grove schattingen. Kosten voor schadeherstel zijn waarschijnlijk te hoog geschat (gebaseerd op een geavanceerde technologie welke nog niet haalbaar is)
Sector	Bouw, HDO & Huishoudens	Nationale impact (kton)	(2-4) (opgebouwd uit (1 – 2) (bouw) + (< 0,5) (HDO) + (1 – 2) (huishoudens)) (Impact is een grove schatting vanwege de hoeveelheid aan toepassingen)
Status technologie	Door de veelheid aan verschillende processen zijn de mogelijkheden en is de beschikbaarheid zeer proces specifiek		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Vermindering geurhinder ■ Verbetering arbeidsomstandigheden van schilders/kappers/autospuiters ■ Verbetering binnenmilieu ■ Relatief goedkope oplossing voor huishoudens 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Zal op Europese schaal ingevoerd moeten worden. Momenteel loopt er een evaluatie onderzoek naar eventuele uitbreiding of aanscherping van de verf richtlijn ■ Maatschappelijk draagvlak waarschijnlijk laag, consumenten hebben een voorkeur voor oplosmiddelenverf 	

Bron: ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010/2020;VVVF – Statistieken 2004; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

7. Reductie oplosmiddelengehalte cosmetica & reinigingsmiddelen

Details

Omschrijving	Door reductie van het oplosmiddelengehalte in cosmetica en reinigingsmiddelen zal een verdere reductie van NMVOS emissies mogelijk zijn. Hier is gekeken naar een pakket van maatregelen voor haar sprays, deodorant, lotions, vlekverwijderaars, handreinigers en ruitenreinigers. Onder andere door maatregelen zoals het stellen van maximale NMVOS inhoud in producten en het overschakelen op andere systemen zoals pompsprays of rolsticks voor deodorant. Meer potentieel is te behalen door uitontwikkeling van nog in ontwikkeling zijnde systemen (bijv. gecomprieeerde gassen) of voor andere productgroepen zoals luchtverfrissers of lijmproducten	Emissie reductie potentieel	
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	3 (grove schatting, gemiddelde waarde, individuele maatregelen/aanpassingen hebben verschillende kosten)
Sector	Huishoudens, HDO, Verkeer	Nationale impact (kton)	(4 – 6) (grove schatting)
Status technologie	Beschikbaar		

Evaluatie

Pro's	Con's
<ul style="list-style-type: none"> ■ Verbetering van het binnenmilieu ■ Verbetering van de arbeidsomstandigheden van bijvoorbeeld kappers 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vereist aanpassingen in de productieprocessen ■ Zal op Europese schaal ingevoerd moeten worden ■ Pompsprays hebben het nadeel dat grotere druppels afgegeven worden en dat de afgifte ongelijkmatig kan zijn ■ Sommige stoffen hebben in pompsprays een hoger gehalte oplosmiddel nodig, wat de reductie teniet zou kunnen doen ■ Bij gecomprieeerde gassen kan de druk naar verloop van tijd afnemen en mogelijk verhoogde uitstoot van overige gassen, indien voor CO₂ of NO₂ gekozen wordt

Bron: IVAM/TME, 2005, VOC emissions from cosmetics and cleaning agents; ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010-2020; Umweltbundesamt, 2007, Maßnahmen zur Einhaltung der Emissionshöchstmengen der NECRichtlinie; analyse en schattingen Arthur D. Little

8. Verbeterd industrieel reinigen en ontvetten

Details			
Omschrijving	Door minder open gebruik te maken van voornamelijk PER en TRI bij het ontvetten in de Metalektro, inclusief de scheepsbouw, zou een reductie van NMVOS emissies mogelijk zijn. Deze kunnen gerealiseerd worden door een toename van watergedragen systemen. Ander alternatieven welke niet zijn meegenomen in de kosteneffectiviteit en impact zijn het gebruik van koolwaterstoffen met een hoger kookpunt of de optimalisering van de aanwending van NMVOS vrije ontvettingsmiddelen, bijvoorbeeld CO ₂ , Iceblast, bioloog of poeder. Tevens is een verdere reductie mogelijk door verdere afname van het gebruik van procesmiddelen zoals Iso-Propyl-Alcohol. In andere sectoren dan de Metalektro is naar verwachting meer reductie te behalen.	Emissie reductie potentieel	
		Kosteneffectiviteit (€ / kg)	5 (bandbreedte: 0-10)
Sector	Industrie	Nationale impact (kton)	(0 – 2) (onzekerheid in het reductiepotentieel door de onzekerheid in de daadwerkelijke emissie uit deze processen)
Status technologie	Beschikbaar		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Kan de arbeidsomstandigheden voor mensen welke met deze processen werken verbeteren 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Grote onzekerheid in de kosteneffectiviteit. Reductiekosten hangen erg af van het proces en het type maatregel waarvoor gekozen wordt ■ Hoeveel gesloten ontvetmachines er op dit moment op de markt zijn is onduidelijk, dit zou het potentieel kunnen verlagen 	

Bron: ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010/2020; Umweltbundesamt, 2007, Maßnahmen zur Einhaltung der Emissionshöchstmengen der NECRichtlinie; Milieulijst; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

11. Verdergaande maatregelen in de chemie

Omschrijving	In het Nationaal Reductieplan NMVOS zijn enkele maatregelen in de chemische industrie nog als onzeker aangeduid. Deze zouden nog eventueel doorgevoerd kunnen worden. Deze maatregelen zijn zeer plant specifiek, zoals opgenomen in individuele Bedrijfsmilieuplannen van de betreffende bedrijven.
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Een reductie van ongeveer 0,4 kton zou mogelijk kunnen zijn, kosteneffectiviteit is onbekend maar wordt ingeschat op meer dan 10 €/kg ■ De maatregelen zijn zeer plant specifiek ■ Het is momenteel onduidelijk in hoeverre deze maatregelen reeds geïmplementeerd zijn

12. Verdergaande maatregelen in de Olie en Gaswinning

Omschrijving	In het Nationaal Reductieplan NMVOS zijn enkele maatregelen in de olie en gaswinning nog als onzeker aangeduid. Deze zouden nog eventueel doorgevoerd kunnen worden. Dit pakket is een zeer divers pakket aan kleinere maatregelen, onder andere: Buiten gebruik stellen installatie / Vermindering gasproductie offshore / Overhead Vapour Combustion (Z/O) / VRU voor glycol overheads Z/O) / Hercompressie atmosferisch afgas / Reductie emissies WACO-tanks / Nuttig gebruik lage druk afgassen / Vermindering spoelgas ventsystemen / Vermindering afblaasgas pigging
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Een reductie van ongeveer 1,1 kton zou mogelijk kunnen zijn, kosteneffectiviteit is onbekend maar wordt ingeschat op meer dan 10 €/kg ■ Het is momenteel onduidelijk in hoeverre deze maatregelen reeds geïmplementeerd zijn ■ De maatregelen zijn zeer plant specifiek

Bron: VROM, 2005, Nationaal Reductieplan NMVOS – industrie, HDO en bouw; analyse en schattingen Arthur D. Little

13. Verdergaande maatregelen in de grafische industrie

Omschrijving	In het Nationaal Reductieplan NMVOS zijn enkele maatregelen in de grafische en verpakingsdruk nog als onzeker aangeduid. In de verpakingsdrukkerijen groter dan 150 ton zou het verlies aan oplosmiddelen teruggebracht kunnen worden tot 10%. Tevens zou een reductie kunnen worden behaald door IPA loze offset bij 80% van de nieuwe persen.
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Een reductie van ongeveer 0,6 kton zou nog mogelijk zijn, kosteneffectiviteit is onbekend maar wordt ingeschat op meer dan 10 €/kg ■ Het is momenteel onduidelijk in hoeverre deze maatregelen reeds geïmplementeerd zijn

14. Verdergaande maatregelen in de houten meubelindustrie

Omschrijving	In het Nationaal Reductieplan NMVOS zijn enkele maatregelen in de houten meubelindustrie momenteel nog aangegeven als onzeker. Hier is aangegeven dat een reductie mogelijk is door de vervanging van oplosmiddelhoudende door oplosmiddelarme producten
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Een reductie van ongeveer 0,2 kton zou nog mogelijk zijn, kosteneffectiviteit is onbekend maar wordt ingeschat op meer dan 10 €/kg ■ Het is momenteel onduidelijk in hoeverre deze maatregelen reeds geïmplementeerd zijn

15. Tegengaan opvoeren snor en bromfietsen

Omschrijving	Door het tegengaan van het opvoeren van snor en bromfietsen, bijvoorbeeld door het invoeren APK voor brom- en snor fietsen wordt het opvoeren deels tegengegaan. Opvoeren kan een sterk effect hebben op de NMVOS emissies uit brom en snorfietsen. Een schatting is zelfs een verviervoudiging, echter hier is meer onderzoek voor benodigd.
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Een grove schatting is dat door het invoeren van een APK keuring deze maatregel 0,7 kton emissie kan reduceren tegen een kostenefficiëntie van ongeveer 15 €/kg ■ Of handhaving van deze maatregel via een APK gewaarborgd kan worden is onzeker, uitlaten kunnen voor een APK verwisseld worden en andere typen carburateurs en het elektronisch opvoeren zijn in het kader van een APK moeilijk te signaleren ■ Waarschijnlijk heeft het tegengaan van opvoeren ook een positief effect op de geluidsemissies, echter hier zijn nog geen metingen over beschikbaar ■ Door het invoeren van een APK voor brom en snorfietsen zal de administratieve lastendruk toenemen

16. Invoering APK motorfietsen

Omschrijving	Het invoeren van een jaarlijkse APK keuring voor alle motorfietsen zou de NMVOS emissie uit deze motorfietsen kunnen voorkomen doordat uit metingen is gebleken dat een deel van de motorfietsen een te hoge NMVOS uitstoot hebben. Een jaarlijkse APK keuring zou dit kunnen voorkomen, schattingen zijn dat dit de NMVOS uitstoot met 15% zou kunnen reduceren. Hier is echter veel onzekerheid over.
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Het is momenteel onzeker of de APK keuring inderdaad tot een daling van de emissies in de praktijk zal leiden en dat dit vastgehouden kan worden tussen de APK's. Hiervoor is meer onderzoek benodigd. ■ Deze maatregel levert als grove schatting een extra reductie in de orde grootte van 0,1 kton ■ Het kan ook een verlaging van CO en geluidsemissies opleveren, indien deze ook in de APK gemeten worden ■ Door invoering van een APK keuring zal de administratieve lastendruk toenemen

17. Laminerende films

Omschrijving	In plaats van het aanbrengen van verf op objecten kan ook gebruik gemaakt worden van plastic films. Deze toepassing wordt al gebruikt in de automobielindustrie en bij het aanbrengen van een deklaag op deuren.
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Deze technieken zouden een reductie kunnen opleveren tot 98% in NMVOS emissies

18. Toepassen verbeterde verfspuittechnieken

Omschrijving	Door het toepassen van verbeterde verfspuittechnieken kan een reductie in de uitstoot van NMVOS bereikt worden. Bijvoorbeeld door hot electrostatic air mix toe te passen. Hierbij wordt de verf verwarmt tussen 40 en 60 °C, dit maakt de verf beter verwerkbaar en hierdoor zijn minder oplosmiddelen nodig. Bij air-mix wordt perslucht toegevoegd en bij de elektrostatische spuittechniek wordt de verf elektrisch geladen. Bij hot electrostatic air mix worden deze gecombineerd.
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ De technieken kunnen een reductie van 25% in verfgebruik bewerkstelligen ■ De laagdikte van de verf is beter beheersbaar

Bron: IPPC BREF on Surface treatment using Organic Solvents; Arboportaal; PF online; interviews; analyse Arthur D. Little

19. Toepassen UV technieken in verf / print applicaties

Omschrijving	Ultraviolet technieken zijn in staat om vloeistoffen in een vaste vorm (via polymerisatiereactie) om te zetten door blootstelling aan ultra violet licht. Dit kan onder andere toegepast worden in coating en print toepassingen op relatief lage temperaturen op velerlei materialen, onder andere, plastics, hout, glas, metaal en papier.
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Doordat bij UV technieken vrijwel geen oplosmiddelen gebruikt worden, kan de NMVOS emissie sterk verminderd worden ■ Deze techniek wordt reeds toegepast in enkele industrieën

20. Lekkage detectieprogramma met behulp van lasertechnologie

Omschrijving	In de chemie en HDO worden onderhoudsprogramma's en lekkages berekend met kengetallen in plaats van op basis van metingen. Door meting en directe reparatie hiervan zou een eventuele verdere reductie van NMVOS emissies mogelijk zijn. Een nieuwe technologie op dit gebied is het installeren van een lekkage en reparatieprogramma wat real time in staat is (met behulp van laser technologie) om lekkages te detecteren.
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Deze techniek met laser toepassing is nog niet op grote schaal geïnstalleerd

21. Diverse bestaande NMVOS terugwinningstechnieken

Omschrijving	<p>Er zijn diverse end-of pipe technieken beschikbaar voor de terugwinning van NMVOS uit industriële gasstromen. Enkelen hiervan zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> - natwassing - condensatie - membraanscheiding - adsorptie
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Deze technieken zijn beschikbaar en worden reeds toegepast in de praktijk, maar door verdere toepassing zal meer reductie haalbaar zijn

22. Diverse bestaande NMVOS verwijderingstechnieken

Omschrijving	<p>Er zijn diverse end-of pipe technieken beschikbaar voor de verwijdering van NMVOS uit industriële gasstromen. Enkelen hiervan zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biologische behandeling - Thermische oxidatie technieken - Katalytische oxidatie technieken - Fotooxidatietechnieken
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Deze technieken zijn beschikbaar en worden reeds toegepast in de praktijk, maar door verdere toepassing zal meer reductie haalbaar zijn

23. Non thermal Plasma techniek

Omschrijving	In industriële gasstromen kan in het afvalgas een plasma worden gecreëerd op relatief lage temperaturen (30-120 °C) met behulp van wisselstroom. In dit plasma reageert de aanwezige NMVOS vervolgens met zuurstof tot CO ₂ en waterdamp
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Deze techniek is tot nu toe met name toegepast voor de reductie van geur emissies ■ Ten opzichte van thermische oxidatie is deze techniek zeer compact en consumeert minder energie ■ De verwachting is dat deze techniek goedkoper zal zijn dan thermische oxidatie of adsorptie ■ Efficiëntie van 97-99,9% in VOS reductie is gemeten

24. Ontmoedigen gebruik oudere benzineauto's / optimaliseren eigenschappen benzine

Omschrijving	<p>Oudere benzineauto's leveren een grote bijdrage aan de NMVOS emissies vanuit het verkeer. Door het ontmoedigen van het gebruik van deze auto's of het optimaliseren van de eigenschappen van de benzine, kan de NMVOS uitstoot verminderd worden. Voor bestaande oudere benzineauto's kan de APK keuring op het vlak van NMVOS emissies aangescherpt worden of kan het slopen van oude benzineauto's gestimuleerd worden.</p> <p>De NMVOS emissies uit benzine zelf zou verminderd kunnen worden door de dampspanning van benzine verder te verlagen</p>
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zal voor alleen NMVOS reductie een erg dure oplossing zijn

25. Optimaliseren en verder doorvoeren dampretoursysteem bij afleveren benzine op tankstations

Omschrijving	<p>In Nederland zijn de meeste tankstations verplicht een dampretourinstallatie te installeren in de afleverhuls bij het afleveren van brandstoffen aan de motorvoertuigen. Deze installatie moet ten minste 75% van de uit de brandstofreservoirs van de motorvoertuigen verdreven dampen naar de ondergrondse opslagtank terugvoeren. Door deze systemen ook bij kleinere tankstations toe te passen en het gebruik te optimaliseren zou een verdere reductie van NMVOS bij tankstations mogelijk zijn.</p>
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Dampretoursystemen wordt reeds in Nederland toegepast op de meeste tankstations ■ Gebruik zou geoptimaliseerd kunnen worden door systemen te gebruiken met een hoger retourpercentage en een diagnose systeem om storingen te signaleren

26. Waterverneveling en SiO₂ toevoeging in verfcabines

Omschrijving	<p>In afgesloten verfcabines kan zogeheten overspray optreden. Deze overspray kan door middel van waternevel uit de lucht neergeslagen worden. Naderhand worden SiO₂ deeltjes toegevoegd aan het watermengsel. Deze absorberen de verfdeeltjes en hieruit kan uiteindelijk weer verf teruggewonnen worden.</p>
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ De techniek is beschikbaar, maar nog niet op grote schaal toegepast ■ De techniek kan zowel voor watergedragen als oplosmiddelgedragen verven gebruikt worden

- 0 Samenvatting
- 1 Introductie, doel en scope
- 2 Aanpak
- 3 Resultaten

A Appendix

- A.1 Omschrijvingen reductieopties NH₃
- A.2 Omschrijvingen reductieopties NMVOS
- A.3 Omschrijvingen reductieopties PM**
- A.4 Ondersteunende acties
- A.5 Bronnen

Samenvattend overzicht van bestaande en opkomende oplossingen voor de reductie van PM emissies

Sector (% van nationale emissies) ¹⁾	Input	Proces	End of pipe	Overig
Industrie²⁾ (40%)			<ul style="list-style-type: none"> ■ Verdere doorvoering fijnstoffilters in de basismetaal, chemie en voedingsindustrie ■ Extra toepassen bestaande end of pipe technieken 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Maatregelen op- en overslag ■ Besproeien sloopwerkzaamheden
Land & Tuinbouw (13%)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aanpassingen varkensvoer 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aanbrengen waterfilm in pluimveestallen (evt. oliefilm)³⁾ ■ Aanbrengen oliefilm in varkensstallen³⁾ ■ Strooisel management ■ Stalinrichting optimaliseren / lichtregime aanpassen ■ Aanbrengen van olie op varkens d.m.v. rollers / borstels ■ Interne luchtzuivering door middel van filters / elektrostatische systemen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gecombineerde luchtwasser op alle varkens en pluimvee bedrijven³⁾ ■ Retrofit roetfilters mobiele werktuigen ■ Biofilter, elektrostatisch filter of watergordijn 	
Verkeer & Vervoer (27%)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verlaging zwavelgehalte rode diesel ■ Schonere voertuig aandrijving en brandstoffen 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Retrofit roetfilters binnenvaartschepen ■ Retrofit roetfilters mobiele werktuigen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verbeterde roetfilters zwaar wegverkeer ■ Kilometerheffing
Huishoudens (20%)				<ul style="list-style-type: none"> ■ Lage emissie houtkachels
Zeescheepvaart	<ul style="list-style-type: none"> ■ Schonere brandstof 			

- 1) Percentage van de PM_{2,5} emissies in de ADL Referentieraming 2030 (zonder bijdrage zeescheepvaart)
- 2) Industrie, inclusief raffinaderijen en energie
- 3) Systemen worden op relatief korte termijn verwacht (gecombineerde luchtwassers voor de varkenshouderij zijn nu reeds beschikbaar)

Bestaande technologie meegenomen in stepcurve
 Bestaande technologie, gegevens onbekend
 Opkomende technologie, gegevens onbekend

1. Lage emissie houtkachels

Details			
Omschrijving	Houtkachels veroorzaken op dit moment een grote fijn stof emissie. Door het stellen van strengere CO emissie eisen voor nieuwe houtkachels, d.m.v. een typekeurregeling, wordt het verbrandingsproces geoptimaliseerd en kan een verdergaande emissiereductie in fijn stof behaald worden. Als alternatief voor deze typekeurregeling, welke hier niet onderzocht is, zou ook overgeschakeld kunnen worden op pelletkachels welke het verbrandingsproces optimaliseren. Tevens kan er eventueel een roetfilter op de kachel geplaatst worden. Hier is in Duitsland over gesproken echter momenteel nog tegen hoge kosten. (schatting € 1.200 per filter)	Emissie reductie potentieel	In deze optie wordt uitgegaan van een 40% reductie in PM ₁₀ uitstoot bij vervanging van de kachel
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	0 (bij natuurlijke vervanging van kachels en geen vervroegde vervanging)
Sector	Huishoudens	Nationale impact (kton)	< 0,5 voor PM ₁₀ / < 0,5 voor PM _{2,5} (bij natuurlijke vervanging van kachels en geen vervroegde vervanging. In het gegeven reductiepotentieel zit een aanzienlijke onzekerheid)
Status technologie	Beschikbaar		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Deze maatregel zou ook een vermindering van emissies in NMVOS, PAK, stank en rook kunnen teweegbrengen ■ Luchtkwaliteit in stedelijke gebieden kan verbeteren ■ Naar verwachting is er in de maatschappij draagvlak voor een dergelijke maatregel ■ In Oostenrijk verwacht men tot een reductie van 48% in fijn stof te kunnen behalen als alle traditionele hout- en oliekachels vervangen worden door pellet kachels. Er zijn reeds zeer geavanceerde pellet kachels welke een fijn stof reductie van 85% kunnen opleveren 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Invoering van deze aanscherping moet afgestemd worden met EU regelgeving 	

2. Kilometerheffing voor personen- en bestelauto's

Details			
Omschrijving	Door invoering van een naar tijd en plaats gedifferentieerde kilometerheffing voor personen- en bestelauto's kan de emissie van fijn stof gereduceerd worden. Deze invoering omvat 2 heffingen, één heffing van gemiddeld 3,4 eurocent/km variërend met het gewicht en de brandstofsoort van de auto, gedeeltelijk ter vervanging van de motor rijtuigen belasting en één heffing van 11 eurocent/km op drukke locaties gedurende spitsperioden. Deze maatregel is te implementeren op snelwegen rond de grote steden en de binnenstedelijke gebieden.	Emissie reductie potentieel	Enkele procenten van de PM emissies van uitlaatgassen
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	0 ¹⁾ (Kosteneffectiviteit is op nul gezet vanwege kostenneutraliteit. Indien men geen rekening houdt met de baten van een heffing en de (investerings)kosten voor het systeem alleen toerekent aan de fijnstofreductie, dan vallen deze hoog uit)
Sector	Verkeer en vervoer	Nationale impact (kton)	< 0,1 voor PM ₁₀ / (schatting: < 0,1 voor PM _{2,5}) ¹⁾
Status technologie	Technisch haalbaar (verder ontwikkelingspotentieel voor variant met GPS techniek)		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Relatief lage investering voor personen/bestelauto's (€ 100 tot € 150 voor een registratiemeter) ■ Bijkomende reductie van andere emissies (CO₂, NO_x, NMVOS) en een aanpak van congesties ■ Kan een vraagverschuiving naar andere modaliteiten bespoedigen 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Invoering vergt hoge inspanningen, bijvoorbeeld extra handhavingsinspanningen en een grote administratieve inspanning bij opstarting van het systeem ■ Invoering vergt hoge investeringen in infrastructuur 	

1) Met name voor de concentratie langs snelwegen heeft deze maatregel een relatief grote impact en een relatief gunstige kosteneffectiviteit

Bron: MNP, 2008, Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland; MNP, 2007, Kosteneffectiviteit van aanvullende maatregelen voor een schonere lucht; MNP, 2007, Grootschalige PM_{2,5}-concentratiekaarten van Nederland; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

3. Kilometerheffing voor vrachtvoertuigen

Details			
Omschrijving	Door een naar Euro-klasse gedifferentieerde kilometerheffing voor vrachtvoertuigen in te voeren kan de emissie van fijn stof verder gereduceerd worden. Deze variant houdt in een heffing van gemiddeld 35 eurocent/km voor lichte vrachtauto's en trekkers en 75 eurocent/km voor zwaardere varianten. Deze heffingen vervangen het Eurovignet voor zware vrachtauto's en de motorrijtuigen belasting voor de lichtere vrachtauto's	Emissie reductie potentieel	Enkele procenten van de PM emissies van uitlaatgassen
		Kosteneffectiviteit (€ / kg)	0 (Kosteneffectiviteit is op nul gezet vanwege kostenneutraliteit. Indien men geen rekening houdt met de baten van een heffing en de (investerings)kosten voor het systeem alleen toerekent aan de fijnstofreductie, dan vallen deze hoog uit)
Sector	Verkeer en vervoer	Nationale impact (kton)	< 0,1 voor PM ₁₀ / (schatting: < 0,1 voor PM _{2,5})
Status technologie	Technisch haalbaar (verder ontwikkelingspotentieel voor variant GPS techniek)		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Relatief lage investering voor vrachtauto's (€ 100 tot € 150 voor een registratiemeter) ■ Bijkomende reductie van andere emissies (CO₂, NO_x, NMVOS) en aanpak van congestie ■ Kan een vraagverschuiving naar andere modaliteiten bespoedigen ■ Naar Euroklasse differentiëren kan bespoedigen dat oudere vrachtvoertuigen sneller uitgefaseerd worden 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Invoering vergt hoge inspanning, bijvoorbeeld extra handhavinginspanningen en een grote administratieve inspanning bij opstarting van het systeem ■ Invoering vergt hoge investeringen in infrastructuur (afhankelijk van gebruikt systeem) 	

Bron: MNP, 2007, Kosteneffectiviteit van aanvullende maatregelen voor een schonere lucht; MNP, 2007, Grootschalige PM_{2,5}-concentratiekaarten van Nederland; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

4. Verlaging van het zwavelgehalte in rode diesel tot 10 ppm

Details			
Omschrijving	Door verlaging van het zwavelgehalte in rode diesel voor mobiele machines, binnenvaart en visserij te verlagen naar 10ppm kan de fijn stof uitstoot verder gereduceerd worden	Emissie reductie potentieel	
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	5 voor PM ₁₀ (schatting: 5 voor PM _{2,5}) (zijn de kosten voor een verlaging van 1000 ppm naar 50 ppm)
Sector	Verkeer en vervoer	Nationale impact (kton)	< 0,1 voor PM ₁₀ / (schatting: < 0,1 voor PM _{2,5})
Status technologie	Beschikbaar		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Daling van de SO₂ uitstoot aangezien daling van het zwavelgehalte direct impact heeft op de SO₂ uitstoot ■ Het gebruik van diesel met een lager zwavelgehalte zal ook het retrofitten van roetfilters vergemakkelijken 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Mogelijk extra CO₂ uitstoot door raffinaderijen ■ Voor de binnenvaart zal een dergelijke maatregel waarschijnlijk op internationale schaal ingevoerd moeten worden 	

Bron: MNP, 2008, Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland; MNP, 2005, Beoordeling van het Prinsjesdagpakket aanpak luchtkwaliteit 2005; RIVM/CE, 2004, Optiedocument verkeeremissies; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

5. Aanbrengen waterfilm in pluimveestallen (evt. oliefilm)

Details			
Omschrijving	Pluimveestallen hebben een grote fijn stof emissie, door het aanbrengen van een waterfilm in pluimveestallen door middel van sproeien wordt voorkomen dat stof opwaait door onder andere dieractiviteit. Er loopt momenteel een onderzoek naar het aanbrengen van een oliefilm in de pluimveesector, mogelijk wordt dit het aanbrengen van een waterfilm vervangen in de toekomst	Emissie reductie potentieel	50%
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	2 voor PM ₁₀ (schatting: 12 voor PM _{2,5}) (voor aanbrengen waterfilm in pluimveestallen)
Sector	Landbouw	Nationale impact (kton)	(0-2) voor PM ₁₀ / (schatting: < 0,5 voor PM _{2,5}) (Bij toepassing waterfilm op 40% van de pluimveebedrijven)
Status technologie	Beschikbaar, oliefilm systemen nog in de onderzoeksfase		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> Ammoniak en geur emissie kunnen voor pluimvee eventueel toenemen door het hoger vochtigheidsgehalte van het strooisel en de hogere luchtvochtigheid in de stal Kan mogelijk de luchtkwaliteit in de stal verbeteren voor fijn stof en voor verkoeling zorgen op warme dagen 		<ul style="list-style-type: none"> Eventueel sceptische doelgroep door onder andere te nat strooisel en mogelijke voetzoolaandoeningen bij het pluimvee. Jonge dieren kunnen eventueel te veel afkoelen Water verdampt snel en regelmatig sproeien of vernevelen is daarom noodzakelijk Minder effectief in termen van reductie potentieel dan vernevelen met olie (50% ten opzichte van 90% (bij varkens)) Nog niet op grote schaal commercieel beschikbaar, wel enkele leveranciers die systemen kunnen aanleveren 	

Bron: ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010-2020; WUR/ASG, 2006, Processen en factoren bij fijn stofemissie in de veehouderij; MNP, 2007, Grootschalige PM_{2,5}-concentratiekaarten van Nederland; www.pakstofaan.nl; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

6. Retrofit plaatsing van roefilters bij Nederlandse binnenvaartschepen

Details			
Omschrijving	Door de gehele binnenvaartvloot varende onder Nederlandse vlag te voorzien van een roefilter kan een verdere reductie in fijn stof uitstoot behaald worden. Momenteel zijn slechts enkele binnenvaartschepen binnen de Nederlandse binnenvaartvloot uitgerust met een roefilter.	Emissie reductie potentieel	Reductiepotentieel van 30 – 70%
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	35 voor PM ₁₀ (schatting: 35 voor PM _{2,5}) (bandbreedte: 10-60)
Sector	Verkeer en Vervoer	Nationale impact (kton)	(0-1) voor PM ₁₀ / (schatting: (0-1) voor PM _{2,5}) Bij plaatsing van een roefilter op alle binnenvaartschepen varende onder Nederlandse vlag
Status technologie	Beschikbaar, verdere optimalisering roefilters mogelijk		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Relatief gunstige kostenefficiëntie (vergeleken met roefilters voor wegverkeer of mobiele machines) ■ Mogelijkheden voor een subsidieregeling voor roefilters in de binnenvaart en voor locomotieven worden momenteel onderzocht 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Alleen te verplichten op de binnenvaartvloot varende onder de Nederlandse vlag (>50% van de schepen in Nederland). Regeling zou via de Central Commission for Navigation on the Rhine (CCR) op Europese schaal ingevoerd moeten worden om niet de concurrentiepositie van de Nederlandse binnenvaart aan te tasten ten opzichte van omringende landen ■ Relatief laag reductiepotentieel van 30 -70% 	

Bron: MNP, 2007, Kosteneffectiviteit van aanvullende maatregelen voor een schonere lucht; VROM; MNP, 2007, Grootschalige PM_{2,5}-concentratiekaarten van Nederland; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

7/9/11. Verdere doorvoering filters in de basismetaal, chemie voedingsindustrie

Details			
Omschrijving	In de basismetaal, chemie en voedingsindustrie zou een verdere invoering van end-of pipe maatregelen kunnen leiden tot reductie van fijn stof emissies. In deze maatregel is gekeken naar plaatsing van voornamelijk doekfilters bij verschillende processen. Verschillende andere technieken zijn ook mogelijk, bijvoorbeeld, elektrostatische filters, duconwassers, low energy scrubbers of gesinterd ontstoffingsfilter. Echter dit is per sector afhankelijk van de diverse processen. Voorkeur van bedrijven gaat dikwijls uit naar simpele, goedkope filters zoals doekfilters. Hier is gekeken naar maatregelen die gezamenlijk niet meer dan 50 €/ kg PM ₁₀ reductie kosten, meer reductie is mogelijk tegen significant hogere kosten (> 100 €/kg PM ₁₀)	Emissie reductie potentieel	
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	34 (basismetaal), 28 (voeding), 35 (chemie), voor PM ₁₀ (schatting voor PM _{2,5} : 37 (basismetaal), 173 (voeding), 64 (chemie)) (Kosten zijn niet berekend volgens de methode in de NeR)
Sector	Industrie	Nationale impact (kton)	PM ₁₀ : basismetaal < 0,5, voeding (1-3), chemie (0-1) PM _{2,5} : basismetaal < 0,5, voeding < 0,5, chemie < 0,5
Status technologie	Beschikbaar		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ In de basismetaal sector zijn eventueel emissies van metalen (lood/chroom) en fluoriden te verminderen ■ In de voedingssector hebben fijn stof filters eventueel een gunstig bijeffect op geuremissies 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Er is momenteel een beperkt inzicht in de reeds genomen maatregelen in de verschillende sectoren. Dit levert onzekerheden op in de impactschattingen en de kosteneffectiviteiten. 	

Bron: ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010-2020; MNP, 2007, Kosteneffectiviteit van aanvullende maatregelen voor een schonere lucht; Interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

8. Aanbrenging oliefilm in varkensstallen

Details			
Omschrijving	Door een emulsie van water en (plantaardige) olie in varkensstallen te vernevelen wordt een oliefilm gecreëerd welke functioneert als 'plaklaag' die voorkomt dat stof opstuift door onder andere dieractiviteit.	Emissie reductie potentieel	50-90% (90% voor varkensstallen)
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	11 voor PM ₁₀ (schatting: 53 voor PM _{2,5})
Sector	Landbouw	Nationale impact (kton)	(0-2) voor PM ₁₀ (schatting: (< 0,5 voor PM _{2,5}) In deze optie is uitgegaan van toepassing bij 40% van de varkensstallen en een reductiepotentieel van 90%
Status technologie	Technisch haalbaar, nog niet grootschalig op commerciële schaal beschikbaar		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Kan leiden tot een reductie in ammoniak en geur van een kwart en een verbeterde luchtkwaliteit in de stal ■ Doordat de olie meerdere dagen effect heeft hoeft waarschijnlijk niet dagelijks gesproeid te worden ■ Momenteel loopt er in Nederland een onderzoek naar het aanbrengen van een oliefilm in de pluimveesector 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Sceptische doelgroep, onder andere door hogere schoonmaakkosten en onzekerheden omtrent onderhoud aan het systeem ■ Nog niet grootschalig op commerciële beschikbaar, in Denemarken wel op enkele varkensstallen reeds geïnstalleerd ■ Verhoogd risico op uitglijden in stallen van mens en dier bij gebruik van teveel olie 	

10. Maatregelen op- en overslag van bulkgoederen

Details			
Omschrijving	Bij de op en overslag van bulkgoederen door bedrijven met name gelokaliseerd in het havengebied, kan een reductie in fijn stof emissies optreden door het verder doorvoeren van diverse maatregelen, zoals het toepassen van korstvormers en nathouden van de bulk. Andere mogelijkheden, welke niet zijn meegenomen in het reductiepotentieel zouden kunnen zijn het gebruik van continue losbanden welke nog extra reductie zouden kunnen opleveren. Het plaatsen van windreductieschermen bij bulkopslag, het gebruik van gesloten transportbanden, efficiëntere grijpers of alternatieven voor grijpers, watermistontstopping, beladingsbalgen, klepsystemen, windzifters, lostrechters of eventueel overslaglocaties overkappen en afzuigen zouden meer reductie kunnen opleveren maar tegen onbekende kosten.	Emissie reductie potentieel	Reductiepotentieel van 35 – 50% (geschat)
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	13 voor PM ₁₀ ¹ (schatting: 82 voor PM _{2,5}) (Kosten zijn niet berekend volgens de methode in de NeR)
Sector	HDO, industrie	Nationale impact (kton)	< 0,1 voor PM ₁₀ / < 0,1 voor PM _{2,5} (Reductiepotentieel van deze maatregelen is onzeker aangezien diffuse bronnen moeilijk te kwantificeren zijn)
Status technologie	Beschikbaar		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
■ Relatief goedkope en simpele oplossingen beschikbaar voor PM ₁₀			

1) In termen van concentratiedaling langs snelwegen is dit een relatief kosteneffectieve maatregel met een grote lokale impact

Bron: ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010-2020; MNP, 2007, Kosteneffectiviteit van aanvullende maatregelen voor een schonere lucht; milieulijst; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

12. Gecombineerde luchtwasser bij varkens- en pluimveebedrijven

Details			
Omschrijving	Gecombineerde luchtwassers verwijderen een groot deel van de ammoniak, fijn stof en geur uit de lucht welke door (mechanische) ventilatie uit stallen komt. Deze bestaat uit een chemische wasser voor ammoniak, een biologische wasser voor geur en ammoniak en een watergordijn voor fijn stof.	Emissie reductie potentieel	Verwijderingsrendement van ammoniak: meer dan 70%; en van fijn stof (zowel PM ₁₀ als PM _{2,5}): meer dan 60%
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	Kosten kunnen variëren per diercategorie, stalgrootte, reductiepotentieel en eventueel benodigde verbouwingen. Schattingen voor nieuwbouw: pluimvee (10-40), varkens (40 - 60). Overall kosteneffectiviteit wordt geschat tussen (30-50) voor PM ₁₀ (schatting: (150-250) voor PM _{2,5})
Sector	Land- en tuinbouw	Nationale impact (kton)	(2-6) voor PM ₁₀ / (schatting: (0-2) voor PM _{2,5}) (bij installatie op 60% van de varkens- en pluimveestallen)
Status technologie	Voor varkenshouderijen beschikbaar, voor pluimveehouderijen nog niet. Er wordt naar gestreefd om deze zo snel mogelijk beschikbaar te krijgen		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Gecombineerde oplossing voor ammoniak, fijn stof en geur emissies ■ Chemische component van de gecombineerde luchtwassers kan een desinfecterende werking hebben op de uitgaande stallucht ■ Er is reeds een subsidieregeling beschikbaar voor de aanschaf van gecombineerde luchtwassers ■ Er loopt een innovatieprogramma waarin onder andere wordt gestreefd naar verbetering van luchtwassers. De afgelopen jaren zijn er reeds kostenbesparingen gerealiseerd op bijvoorbeeld energieverbruik. 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Afvalwater uit de luchtwasser dient verder verwerkt te worden, deze wordt momenteel nog vaak over het land uitgereden ■ Luchtwassers verbeteren niet de luchtkwaliteit in de stal ■ Luchtwassers verbruiken relatief veel energie ■ Pluimveesector alleen op pilot locaties in verband met problemen met de werking van de stof functie van de gecombineerde luchtwasser en het hoger energieverbruik in de pluimveesector. ■ Financieringsruimte binnen de intensieve veehouderij is relatief klein 	

Bron: ECN/MNP, 2006, Optiedocument energie en emissies 2010-2020; Senternovem pgl; WUR/ASG, 2006, Reductie fijn stof emissies in de veehouderij, WUR/RIVM, 2004, Opties voor de reductie van fijn stofemissie uit de veehouderij; MNP, 2007, Grootschalige PM_{2,5}-concentratiekaarten van Nederland; MNP, 2007, Gangbaar emissie-arm stalsysteem of luchtwassers; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

13. Retrofit roetfilters bij mobiele werktuigen

Details			
Omschrijving	Indien mobiele werktuigen worden voorzien van een roetfilter is een verdere reductie in fijn stof uitstoot mogelijk. Hier is uitgegaan van toepassing op alle mobiele werktuigen in de landbouw, bouw en overige mobiele werktuigen	Emissie reductie potentieel	Reductiepotentieel van 30 – 70%
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	270 voor PM ₁₀ ¹⁾ (schatting: 270 voor PM _{2,5}) (bandbreedte: 30-500) (Kosten zijn niet berekend volgens de methode in de NeR)
Sector	Industrie, HDO & Bouw	Nationale impact (kton)	(0-1) voor PM ₁₀ / (schatting: (0-1) voor PM _{2,5})
Status technologie	Beschikbaar, verdere optimalisering roetfilters mogelijk		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Sinds januari 2008 is er een subsidiemogelijkheid beschikbaar voor het plaatsen van retrofit roetfilters bij mobiele werktuigen, echter deze omvat niet alle categorieën (bijvoorbeeld geen tractoren) ■ Voor de luchtkwaliteit in de woon en leefomgeving heeft deze maatregel een positief effect via de mobiele machines welke ingezet worden bij bouw- en sloopprojecten 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Relatief ongunstige kostenefficiëntie vergeleken met roetfilters voor binnenvaart ■ Relatief laag reductiepotentieel van 30 -70% 	

1) Ook in termen van daling van de concentratie langs snelwegen is dit een maatregel met een relatief lage impact en ongunstige kosteneffectiviteit
 Bron: MNP, 2007, Kosteneffectiviteit van aanvullende maatregelen voor een schonere lucht; MNP, 2007, Grootschalige PM_{2,5}-concentratiekaarten van Nederland; MNP, 2005, Beoordeling Prinsjesdagpakket Aanpak Luchtkwaliteit; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

14. Verbeterde roetfilters voor zwaar wegverkeer

Details			
Omschrijving	Door de Euro VI emissie eisen voor zware wegvoertuigen verder aan te scherpen zodanig dat de toepassing van een roetfilter op nieuwe vrachtoertuigen, trekkers en (diesel) bussen noodzakelijk is kan een verdergaande reductie van de fijn stof uitstoot gerealiseerd worden. In deze optie wordt de emissie eis voor PM ₁₀ op 0,004 g/KWh ingevoerd. De huidige Euro V normen staan op 0,02 g/KWh.	Emissie reductie potentieel	Reductie van 80% t.o.v. EURO V emissie eisen voor fijn stof
		Kosteneffectiviteit (€/ kg)	275 voor PM ₁₀ ¹⁾ (schatting: 275 voor PM _{2,5})
Sector	Verkeer en Vervoer	Nationale impact (kton)	< 0,5 voor PM ₁₀ / (schatting: < 0,5 voor PM _{2,5})
Status technologie	Verdere optimalisering roetfilters mogelijk		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Groot reductiepotentieel op lange termijn (toepassing op nieuw geproduceerde voertuigen) ■ Relatief ongunstige kostenefficiëntie in termen van emissies¹⁾ ■ Door invoering van deze eis zal waarschijnlijk ook een eis voor de uitstoot in aantallen deeltjes ingevoerd worden, het is waarschijnlijk dat hiervoor filters met een zeer hoog reductiepotentieel ingevoerd worden 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Brandstofverbruik kan hoger komen te liggen door de introductie van EURO VI emissie eisen, hier staat tegenover dat EURO VI voertuigen mogelijk gemiddeld zuiniger kunnen zijn dan de EURO V voertuigen ■ Voor het voldoende nauwkeurig kunnen meten van een eis van 0,04 g/kWh is waarschijnlijk een andere meetmethode nodig dan momenteel gehanteerd, deze is bij de personenauto's ook reeds aangepast 	

1) In termen van daling van de concentratie langs snelwegen is dit een maatregel met relatief gunstige impact en kosteneffectiviteit

Bron: MNP, 2007, Kosteneffectiviteit van aanvullende maatregelen voor een schonere lucht; MNP, 2008, Effecten van de Euro-VI-emissie-eisen voor zwaar wegverkeer in Nederland; MNP, 2007, Grootschalige PM_{2,5}-concentratiekaarten van Nederland; analyse en schattingen Arthur D. Little

15. Besproeien bouw- en sloopwerkzaamheden

Details			
Omschrijving	Door het beregenen of benevelen gedurende bouw en sloopwerkzaamheden en van onverharde terreinen en puinhopen kan een reductie van stofemissie behaald worden in de bouw sector.	Emissie reductie potentieel	Groot reductiepotentieel is mogelijk, hier is uitgegaan van 50% reductie in emissies
		Kosteneffectiviteit (€ / kg)	> 40 (groeve schatting) voor PM ₁₀ (groeve schatting > 300 voor PM _{2,5})
Sector	Bouw & HDO	Nationale impact (kton)	(0-1) voor PM ₁₀ / < 0,1 voor PM _{2,5} (Effectiviteit van maatregelen is onzeker aangezien de emissie voortkomt uit diffuse bronnen, hierdoor is het reductiepotentieel moeilijk in te schatten)
Status technologie	Beschikbaar		
Evaluatie			
Pro's		Con's	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Relatief eenvoudige technologie is benodigd ■ Kan de arbeidsomstandigheden van de medewerkers in de bouw verbeteren 		<ul style="list-style-type: none"> ■ In de praktijk eventueel gecompliceerd door de werkzaamheden welke moeten plaatsvinden ■ Kosteneffectiviteit is naar verwachting ongunstig door de diffuse aard van de emissies. Voor PM_{2,5} een ongunstige kosteneffectiviteit door de lage hoeveelheid PM_{2,5} bij bouw- en sloopwerkzaamheden. 	

Bron: ECN/MNP, 2006 Optiedocument energie en emissies 2010-2020; RIVM, 2002, On the health risks of ambient PM in the Netherlands; London council, The control of dust and emissions from construction and demolition; analyse en schattingen Arthur D. Little

16. Extra toepassen bestaande end of pipe technieken

Omschrijving	Er zijn verschillende end of pipe technieken beschikbaar voor de behandeling van gasstromen in de industrie. Welke uiteindelijk gebruikt worden is zeer afhankelijk van de proceseigenschappen. Enkele veelgebruikte technieken voor de reductie van stof in de industrie zijn: Electrostatic Precipitator / wet scrubbers / fabric filters (inclusief ceramische filters) / two stage dust filters / HEPA filters en HEAF filters. Met name de Electrostatic Precipitator, Fabric filters en HEPA filters zijn geschikt om PM _{2,5} te verwijderen.
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grote IPPC installaties zijn momenteel reeds verplicht reductietechnieken toe te passen. Verdere toepassing van deze technieken op minder grote emissiebronnen zou een verdere reductie op kunnen leveren

17. Aanpassingen varkensvoer

Omschrijving	<p>Vermindering van stof emissies in de landbouw zijn ondermeer mogelijk door diverse aanpassingen aan het varkensvoer te maken, hierbij valt te denken aan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Vetgehalte voer verhogen door het toevoegen van (plantaardige) oliën ■ Betere pellets of het coaten van pellets zou ervoor kunnen zorgen dat ze minder snel uit elkaar vallen en hierdoor minder stofemissie veroorzaken ■ Verstrekken van (nat) brijvoer of het niet continue voederen zou ook een reductie in de emissie kunnen opleveren
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Een reductie van 10-30% in fijn stof zou mogelijk kunnen zijn ■ Het binnenklimaat in de stal kan hierdoor verbeterd worden ■ Momenteel hoge kosten voor deze maatregelen, met name het toevoegen van oliën aan het voer (> 200 €/kg) ■ Het effect van het verstrekken van brijvoer is onzeker, aangezien dit erg afhankelijk is van de grondstoffen welke gebruikt worden

18. Verbeteren strooiselmanagement

Omschrijving	<p>Door bewust met strooisel om te gaan kan een verdergaande reductie in stof behaald worden in de landbouw, onder andere door:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Het gebruiken van ontstoft strooisel ■ Het gebruiken van strooisel met lage stofemissie, zo hebben houtkrullen en zand een lagere stofemissie dan stro ■ Het regelmatig verversen, aanvullen of bevochtigen van stro om verstoffen te voorkomen ■ Eventueel het plaatsen van een dikke strooisellaag, bij dragende zeugen heeft dit reeds stofreductie tot gevolg gehad
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kosten van deze optie zijn nog onbekend, deze zullen naar verwachting met name bestaan uit arbeidskosten ■ Reductie is sterk afhankelijk van de situatie en het management, maar zou tot 50% kunnen oplopen ■ Deze maatregelen kunnen eventueel ook een positieve invloed hebben op het binnenklimaat in de stal en op dierwelzijn

19. Stalrichting optimaliseren / lichtregime aanpassen

Omschrijving	<p>Vermindering van stof emissies zijn mogelijk door te voorkomen dat mest indroogt in de stal. Dit kan voorkomen worden door de stal van de dieren zo in te richten dat hier weinig bevuilding optreedt</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ In de varkenshouderij zou dit mogelijk zijn door een goede afvoer naar de mestput zodat deze niet indroogt in de stal ■ In de pluimveehouderij zijn systemen bekend waarbij de mest op banden wordt gedroogd wat de stofemissie kan verlagen <p>Tevens kan in de pluimveehouderij het lichtregime aangepast worden waardoor er minder dieractiviteit optreedt en er minder stof vrijkomt.</p>
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Een goede afvoer van mest in de varkenshouderij kan in strijd zijn met dierwelzijn eisen, in verband met de roosterbreedtes die te breed kunnen worden ■ Het optimaliseren van varkenshokken gebeurt al in de praktijk in verband met de ammoniakemissie ■ Deze maatregelen zouden een reductie van stof tot 40% kunnen opleveren ■ Deze maatregel kan een positieve invloed hebben op het binnenklimaat in termen van stof, ammoniak en geur

Bron: WUR/ASG, 2006, Processen en factoren bij fijn stof emissies in de veehouderij; WUR/ASG, 2007, Reductie fijn stof emissie in de veehouderij; WUR/RIVM, 2004, Opties voor reductie van fijn stof emissies uit de veehouderij; interviews; analyse en schattingen Arthur D. Little

20. Aanbrengen van olie op varkens d.m.v. rollers of borstels

Omschrijving	Vermindering van stofemissies in de landbouw kunnen eventueel ook verminderd worden door het direct aanbrengen van olie op de varkens gedurende het vreten of het schuren van het varken door middel van een roller of schuurborstel
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Eerste testen leverden tot 80% reductie op ■ Deze technologie zou ook het binnenklimaat kunnen verbeteren ■ Leidt tot minder onnodige vervuiling van de stal met olie ten opzichte van eerder genoemde maatregel: aanbrenging oliefilm varkensstallen ■ Deze technologie is nog sterk in ontwikkeling en praktische implementatie en toepasbaarheid zijn momenteel onzeker

21. Interne luchtzuivering in stallen door middel van filters of elektrostatische systemen

Omschrijving	Door middel van filters kan de interne lucht in de stal gezuiverd worden. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van medium of elektrostatische systemen. De elektrostatische toepassing is een nieuwe ontwikkeling waarbij een systeem in de stal geïnstalleerd wordt waar door middel van elektrische lading stofdeeltjes tot aangetrokken worden.
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Voor interne luchtzuivering is vaak een sterke ventilatie benodigd echter bij de nieuwe ontwikkeling in de elektrostatische systeem is deze ventilatie minder benodigd door het aantrekkende vermogen van de installatie welke zelf in de stal geïnstalleerd is ■ Medium filters zullen een reductiepotentieel hebben van ongeveer 95% en kostenefficiëntie van 10-20 €/kg PM₁₀ medium filters halen ook de stofgebonden ammoniak en geur uit de lucht

22. Biofilter, elektrostatisch filter of watergordijn in de veehouderij

Omschrijving	<p>Er zou gebruikt gemaakt kunnen worden van diverse end of pipe filters of een watergordijn om de stofemissie naar buiten de stal te verminderen. Hierbij kan gedacht worden aan</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Een biofilter of elektrostatisch filter ■ Een watergordijn waarbij lucht rechtstreeks tegen een scherm wordt geblazen waar water langs stroomt
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Deze maatregelen verbeteren niet de luchtkwaliteit in de stal

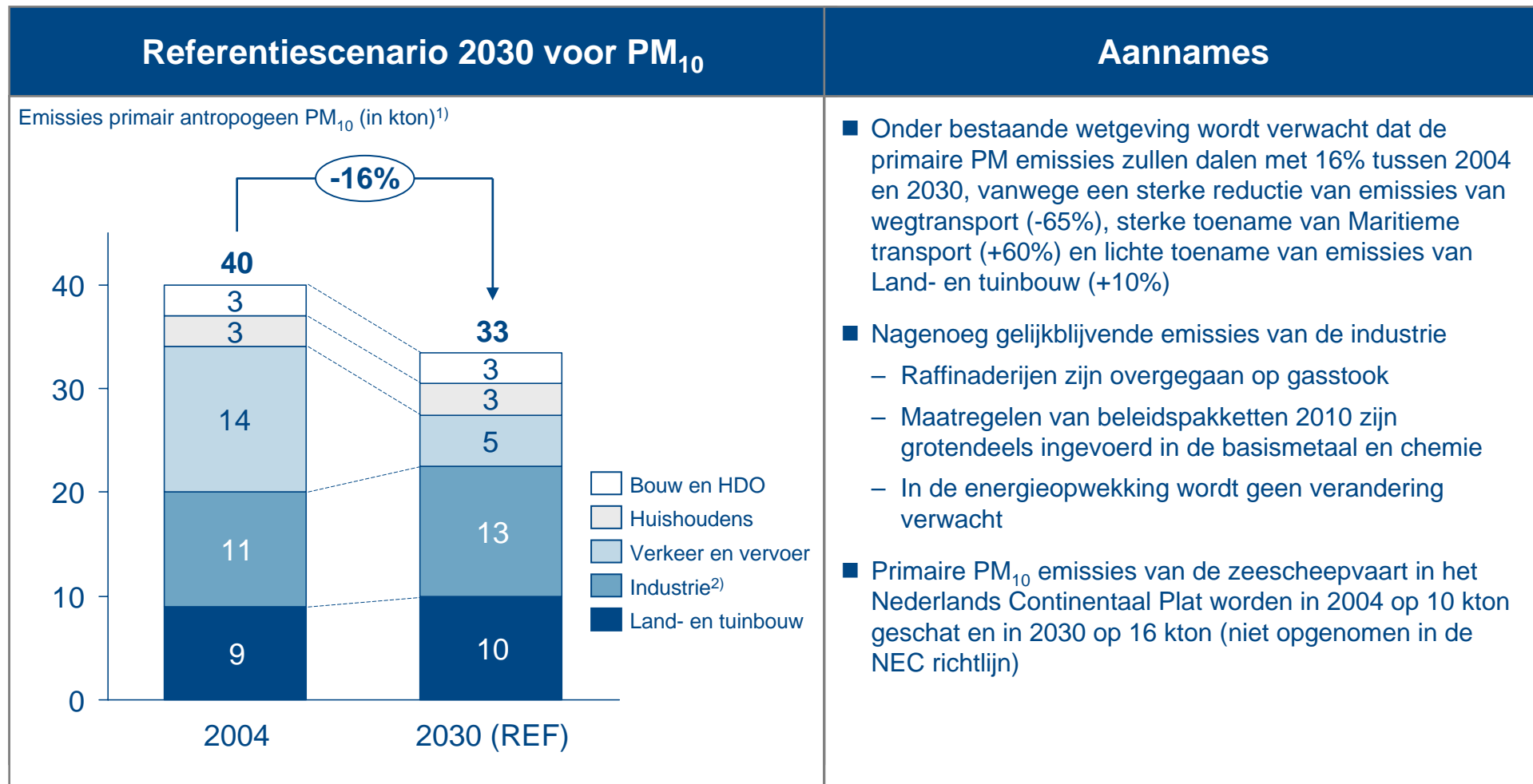
23. Schonere voertuig aandrijving en brandstoffen

Omschrijving	<p>Aandrijving van voertuigen door middel van schonere brandstof in termen van fijn stof, zoals LPG, gas to liquid brandstoffen of schonere aandrijving door middel van brandstofcellen, elektrische en hybride technieken kunnen de fijn stof emissies uit het verkeer verder verminderen.</p>
Evaluatie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Deze technieken worden reeds in de praktijk toegepast, maar enkelen zijn nog sterk in ontwikkeling ■ Met de huidige emissie-eisen voor diesel auto's wordt reeds zeer veel stof uit de lucht gefilterd

24. Schonere brandstof in de zeescheepvaart

<p>Omschrijving</p>	<p>Momenteel wordt er door de internationale zeescheepvaart vaak gebruik gemaakt van brandstoffen welke bestanddelen bevatten zoals onder andere asfalt en zwavel welke bijdragen aan de vorming van fijn stof.</p> <p>-Het verlagen van het zwavelgehalte in brandstoffen naar 0,5% (momenteel 1,5% in het Noordzeegebied) zou een reductie in fijn stof kunnen opleveren tussen de 2 en 18%. Hier is veel onzekerheid over.</p> <p>-Het overgaan van restbrandstoffen met een zwavelgehalte van 1,5% naar "marine destilates" met een zwavelgehalte van 0,5% zal naar verwachting een reductie van 55% in fijn stof emissie opleveren (De International Association of Independent Tanker Owners (Intertanko) heeft deze verdere verlaging voorgesteld aan de International Maritime Organisation (IMO). Het voorstel bevat een overschakeling in 2012 van de huidige brandstof naar destillaten met een zwavelgehalte van 1% en verlaging naar 0,5% in 2015)</p>
<p>Discussie</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Invoering zal op internationale schaal (IMO) plaats moeten vinden. Realiseerbaarheid op korte termijn is onzeker gezien de verlaging van 2,7% naar 1,5% zwavel sinds november 2007. ■ Laagzwavelige brandstof maakt de toepassing van een roetfilter mogelijk, wat kan leiden tot een verdere reductie van de fijn stof emissies. Momenteel nog veel problemen met roet filters op zeeschepen door het verstopt raken van de huidige roetfilters. ■ Kosten worden geschat tussen de €8-9 / kg per vermeden kilogram voor SO₂ (Vanwege het gunstige effect op de fijn stof emissie kunnen deze kosten hier ook deels aan toegerekend worden) ■ Marine destilates zijn veel duurder dan de huidige brandstoffen, wel is hier minder consumptie van benodigd

Referentiescenario 2030 voor PM₁₀, gebaseerd op handhaving van huidige wetgeving en voortzetting van externe trends

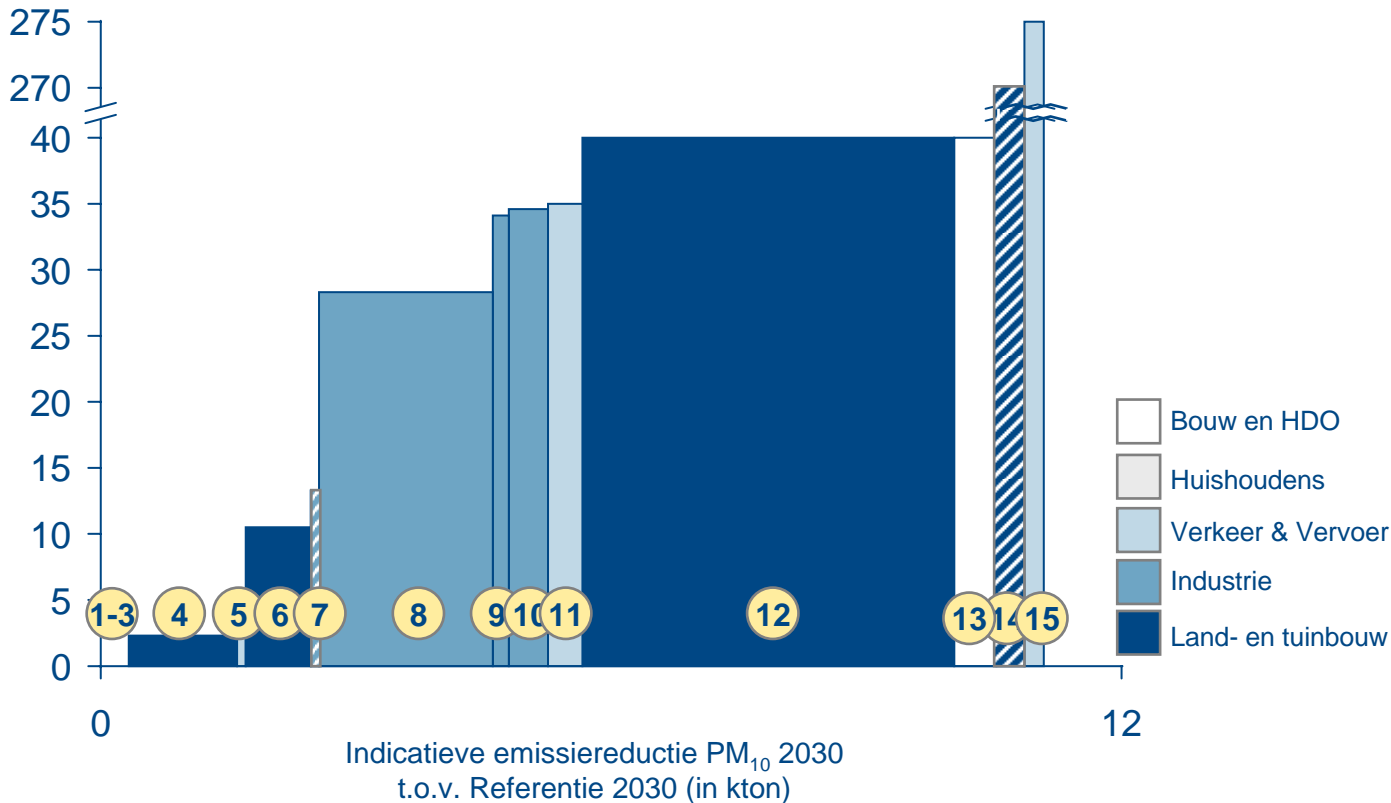


1) Exclusief emissies internationale zeescheepvaart

2) Industrie, inclusief raffinaderijen en energie

Indicatieve kosteneffectiviteit en nationale impact van bestaande oplossingen voor PM₁₀ reductie

Huidige indicatieve kosteneffectiviteit
(€/ kg PM₁₀)



Oplossingen

1. Lage emissie houtkachels
2. Kilometerheffing voor personen- en bestelauto's
3. Kilometerheffing voor vrachtoertuigen
4. Aanbrengen waterfilm in pluimveestallen¹⁾ (evt. oliefilm)
5. Verlagen zwavelgehalte rode diesel
6. Aanbrengen oliefilm in varkensstallen¹⁾
7. Maatregelen op- en overslag van bulkgoederen
8. Verdere doorvoering fijnstoffilters in de voedingsindustrie
9. Verdere doorvoering fijnstoffilters in basismetaal
10. Verdere doorvoering fijnstoffilters in de chemie
11. Retrofit roetfilters binnenvaartschepen
12. Gecombineerde luchtwasser bij varkens en pluimveestallen (ook fijn stof / geur reductie)¹⁾
13. Reductie fijn stof emissie bouw en sloopwerken
14. Retrofit roetfilters mobiele werktuigen
15. Verbeterde roetfilters zwaar wegverkeer

1) Systemen worden op relatief korte termijn verwacht (gecombineerde luchtwassers voor de varkenshouderij zijn nu reeds beschikbaar). Indien een gecombineerde luchtwasser is geïnstalleerd zal een stal over het algemeen niet ook een water- of oliefilm aanbrengen.

- 0 Samenvatting
- 1 Introductie, doel en scope
- 2 Aanpak
- 3 Resultaten

A Appendix

- A.1 Omschrijvingen reductieopties NH₃
- A.2 Omschrijvingen reductieopties NMVOS
- A.3 Omschrijvingen reductieopties PM

A.4 Ondersteunende acties

- A.5 Bronnen

Intensieve communicatie met de landbouwsector en ontwikkeling van wettelijke raamwerken zijn nodig om bestaande, kosteneffectieve oplossingen voor NH₃ te implementeren

NH₃

Reductieoptie	Technologisch	Maatschappelijk	Institutioneel
1. Zodenbemesting (i.p.v. sleepvoetentechniek)		<ul style="list-style-type: none"> ■ Continueren van voorlichting en stimulering lage emissie technieken 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ontwikkeling van een (wettelijk) raamwerk voor een verbod of ontmoediging van de sleepvoetentechniek (evt. via besluit gebruik meststoffen)
2. Voeraanpassingen varkens		<ul style="list-style-type: none"> ■ Voorlichting varkenshouderij over eventuele groeiachterstanden 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ontwikkeling van een (wettelijk) raamwerk voor eisen aan de stikstofexcretie per varken en de handhaving hiervan
3. Gecombineerde luchtwassers op varkens en pluimveestallen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Continuering stimulering van technologisch ontwikkelingen voor verbetering van de stoffunctie in pluimveehouderij, het hoge energieverbruik en het spuiwater 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Continuering voorlichting varkenshouderij, intensivering voorlichting pluimveehouderij 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Handhaving subsidieregeling gecombineerde luchtwassers
4.& 5. Emissie arme stallen rundvee (nieuwbouw & retrofit)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stimulering van verdere ontwikkeling op emissiereductie, diervriendelijkheid & kosten van emissiearme stalsystemen 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Verplicht stellen van emissiearme stalsystemen rundvee bijvoorbeeld door maximale emissiewaarde in de Wet Milieubeheer te verlagen
6. Afgewogen bemesting met mestverwerking	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stimulering verdere ontwikkeling van meet- en regeltechnieken (o.a. via satelliet) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Voorlichting over voorkomen eventuele tegenvallende gewasopbrengsten 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Faciliteren infrastructuur en monitoringssysteem voor afgewogen bemesting

Ondersteuning van scherpere EU wetgeving en doorontwikkeling van alternatieven voor oplosmiddelhoudende producten zijn nodig om oplossingen voor NMVOS versneld te implementeren (1/2)

NMVOS

Reductieoptie	Technologisch	Maatschappelijk	Institutioneel
1. Textielreiniging met CO ₂		<ul style="list-style-type: none"> Voorlichting over gebruik en voordelen van CO₂ reiniging 	<ul style="list-style-type: none"> Verplichting overgang van PER reiniging naar vloeibaar CO₂ reiniging (evt. via activiteitenbesluit)
2. Lage emissie houtkachels		<ul style="list-style-type: none"> Continuering voorlichting aangaande kachels, haarden en stookgedrag 	<ul style="list-style-type: none"> Herinvoering typekeurregeling voor emissie-eisen houtkachels via (inter)nationale regelgeving
3. Kilometerheffing voor personen- en bestelauto's	<ul style="list-style-type: none"> Stimulering verdere ontwikkeling benodigde technologieën (privacy, data management) 	<ul style="list-style-type: none"> Voorlichting om draagvlak te verhogen 	<ul style="list-style-type: none"> Ontwikkeling van een (wettelijk) raamwerk voor kilometerheffing Wijziging van de vaste autobelasting Opzetten van infrastructuur en meet- en handhavingsmechanisme Uitbreiden capaciteit andere transportmodaliteiten
4. Maatregelen op raffinaderijen			<ul style="list-style-type: none"> Overleg met de sector over eventuele verdere reductie, eventueel voortbouwend op Nationaal Reductieplan NMVOS of via bedrijfsmilieuplannen
5. Verdere verschuiving naar oplosmiddelarme verven (metalelektro)	<ul style="list-style-type: none"> Stimulering doorontwikkeling van oplosmiddel arme verven 		<ul style="list-style-type: none"> Ontwikkelen (wettelijk) raamwerk voor adoptie oplosmiddelarme verven op (inter)nationale schaal. Eventueel heffing op NMVOS rijke producten

Ondersteuning van scherpere EU wetgeving en doorontwikkeling van alternatieven voor oplosmiddelhoudende producten zijn nodig om oplossingen voor NMVOS versneld te implementeren (2/2)

NMVOS

Reductieoptie	Technologisch	Maatschappelijk	Institutioneel
6./9./10. Extra reductie oplosmiddelgehalte verf (huishoudens, bouw en HDO)			<ul style="list-style-type: none"> ■ Ondersteuning van verdergaande aanscherping van de EU richtlijn 2004/42/EG ■ Eventueel heffing op NMVOS rijke producten
7. Reductie oplosmiddelengehalte cosmetica & (reinigings)middelen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stimulering doorontwikkeling alternatieve technologieën (bijvoorbeeld pompsprays of gecompriëerde gassen) 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Ondersteuning van uitbreiding van de EU richtlijn 2004/42/CE (momenteel alleen verven) met cosmetica en schoonmaakmiddelen
8. Verbeterd industrieel reinigen en ontvetten	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stimulering doorontwikkeling van NMVOS arme ontvettingsmiddelen (bijv. CO₂, Iceblast, bioloog) 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Overleg met de sector over eventuele verdere reductie, eventueel voortbouwend op Nationaal Reductieplan NMVOS of via bedrijfsmilieuplannen
11.- 14. Verdergaande maatregelen in de chemie, Olie en gaswinning, grafische en houtenmeubel industrie (NRP-NMVOS)			<ul style="list-style-type: none"> ■ Inventarisatie van reeds genomen maatregelen en uitvoering van eventuele nog niet genomen maatregelen
15. Tegengaan opvoeren brommers en snorfietsen			<ul style="list-style-type: none"> ■ Opzetten bureaucratie voor invoering APK

Aanscherping van (inter)nationale normen en verdere ontwikkeling van technologieën in Landbouw en Verkeer zijn nodig om succesvolle implementatie voor fijn stof opties te realiseren

PM

Reductieoptie	Technologisch	Maatschappelijk	Institutioneel
1. Lage emissie houtkachels		<ul style="list-style-type: none"> ■ Continuering voorlichting aangaande kachels, haarden en stookgedrag 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Herinvoering typekeuringregeling voor emissie-eisen houtkachels via (inter)nationale regelgeving
2.&3. Kilometerheffing (personenauto's en vrachtverkeer)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stimulering verdere ontwikkeling benodigde technologieën (privacy, data management) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Voorlichting om draagvlak te verhogen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ontwikkeling van een (wettelijk) raamwerk voor kilometerheffing ■ Wijziging van de vaste autobelasting ■ Opzetten van infrastructuur en meet- en handhavingmechanisme ■ Uitbreiden capaciteit andere transportmodaliteiten
4. Verlagen zwavelgehalte rode diesel			<ul style="list-style-type: none"> ■ Ontwikkelen (wettelijk) raamwerk op (inter)nationale schaal
5. Aanbrengen waterfilm in pluimveestallen (evt. oliefilm)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stimulering verdere door ontwikkeling en beschikbaarheid van commerciële systemen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Voorlichting binnen de pluimveesector 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aanscherpen fijn stof grenswaardes voor landbouwbedrijven in de wet milieubeheer en opname eisen in vergunningverlening
6. Retrofit roetfilters binnenvaartschepen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stimuleren verdere prestatieverbetering van roetfilters voor binnenvaartschepen 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Inzetten voor scherpere Internationale en met name Europese normen voor de uitstoot van binnenvaartschepen

Aanscherping van (inter)nationale normen en verdere ontwikkeling van technologieën in Landbouw en Verkeer zijn nodig om succesvolle implementatie voor fijn stof opties te realiseren

PM

Reductieoptie	Technologisch	Maatschappelijk	Institutioneel
7./9./11. Verdere doorvoering fijnstoffilters industrie			<ul style="list-style-type: none"> ■ Aanscherpen emissie-eisen Nederlandse emissie Richtlijn ■ Vastlegging via bedrijfsmilieuplannen of vergunningen ■ Eventueel een koppeling aan de taakstelling fijn stof industrie
8. Aanbrengen oliefilm in varkensstallen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stimulering verdere door ontwikkeling en beschikbaarheid van commerciële systemen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Voorlichting binnen de varkenssector 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aanscherpen fijn stof emissie grenswaarden voor landbouwbedrijven in de wet milieubeheer en opname eisen in de vergunningverlening
10. Maatregelen in de op- en overslag van bulkgoederen			<ul style="list-style-type: none"> ■ Aanscherpen emissie-eisen Nederlandse emissie Richtlijn
12. Gecombineerde luchtwassers bij varkens- en pluimveestallen (ook voor ammoniak / geur)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Continuering stimulering van technologisch ontwikkelingen voor verbetering van de stoffunctie in pluimveehouderij, het hoge energieverbruik en het omgaan met het spuiwater 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Continuering voorlichting varkenshouderij, intensivering voorlichting pluimveehouderij 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Handhaving subsidieregeling gecombineerde luchtwassers
13. Retrofit roetfilters bij mobiele werktuigen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stimuleren verdere prestatieverbetering van roetfilters voor mobiele werktuigen 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Handhaving subsidieregeling Roetfilters Mobile Werktuigen (SRMW) en uitbreiding naar overige mobiele werktuigen
14. Verbeterde roetfilters zwaar wegverkeer			<ul style="list-style-type: none"> ■ Inzetten voor handhaving en aanscherping van EURO VI emissie eisen
15. Reductie fijn stof emissie bouw en sloop werken			<ul style="list-style-type: none"> ■ Aanscherpen emissie-eisen Nederlandse emissie Richtlijn

- 0 Samenvatting
- 1 Introductie, doel en scope
- 2 Aanpak
- 3 Resultaten

A Appendix

- A.1 Omschrijvingen reductieopties NH₃
- A.2 Omschrijvingen reductieopties NMVOS
- A.3 Omschrijvingen reductieopties PM
- A.4 Ondersteunende acties

A.5 Bronnen

Bronnen		
Ammonia emissions in agriculture - Bannink et al.	Nutritional options to manipulate ammonia emissions from excreta of dairy cattle	2007
Ammonia emissions in agriculture - Wu et al.	Effect of diet on air emissions from laying hens	2007
Arthur D. Little	Environmental images for Dutch industry in 2030	2007
Dustconf – Baumgartner	Electrostatic Space Charger System for Reducing Dust in Poultry Production Houses and the Hatchery	2007
Dustconf - Costa et al.	A new low cost technique to reduce concentration pollutants in animal houses	2007
Dustconf - Rakos	Technology developments of boilers for domestic heating with wood fuels- implications for dust emissions and their toxicological relevance	2007
ECN/MNP	Referentieramingingen Energie en emissies 2005-2020	2005
ECN	Effect biobrandstoffen op de buitenlucht	2006
ECN/MNP	Optiedocument energie en emissies 2010/2020	2006
ECN	Quick Scan of the Economic Consequences of Prohibiting Residual Fuels in Shipping	2007
Emissieregistratie	Emissieregistratie	
European Commission	Integrated Pollution Prevention and Control, Reference documents on best available techniques	2001-2007
European Commission/ETAP	Towards cleaner Dry Cleaning with liquid Carbon Dioxide	2007
ILVO	Reductie van de ammoniakemissie via de varkensvoeding	2007
IVAM/TME	VOC emissions from cosmetics and cleaning agents	2005
LNV/WUR	Verminderen uitstoot fijn stof uit de veehouderij	2007
London council	The control of dust and emissions from construction and demolition	2006
MNP	Milieu-effecten Anders Betalen voor Mobiliteit	2005
MNP	Beoordeling van het Prinsjesdagpakket aanpak luchtkwaliteit	2005
MNP	Milieubalans 2006	2006
MNP	Milieubalans 2007	2007

Bronnen		
MNP	Milieu- en Natuurcompendium	2007
MNP	Gangbaar emissie-arm stalsysteem of luchtwassers	2007
MNP	Grootschalige PM _{2,5} concentratiekaarten van Nederland	2007
MNP	Kosteneffectiviteit van aanvullende maatregelen voor een schonere lucht	2007
MNP	Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland	2007
MNP	Effectiveness of international emission control measures for North Sea Shipping on Dutch air quality	2007
MNP/ECN/RIVM/TNO	PM _{2,5} in the Netherlands	2007
MNP	Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland	2008
MNP	Effecten van de EURO VI emissie eisen voor zwaar wegverkeer in Nederland	2008
RIVM	On the health risks of ambient PM in the Netherlands	2002
RIVM/CE	Optiedocument verkeeremissies	2004
TNO	Potentials and costs to reduce PM ₁₀ and PM _{2,5} emissions from industrial sources in the Netherlands	2002
Umweltbundesamt	Maßnahmen zur Einhaltung der Emissionshöchstmengen der NECRichtlinie	2007
UNECE	Guidance document on control techniques for preventing and abating emissions of ammonia	2007
VITO	Toepassing VOS arme Verven en Lakken	
VROM	Erop of Eronder	2003
VROM	Nationaal reductieplan NMVOS industrie, HDO en Bouw	2005
VROM/Senternovem	Milieulijst	2007/2008
WUR	Reductie ammoniakemissie via voeding	
WUR	Quick scan van be- en verwerkingstechnieken voor dierlijke mest	2004
WUR/RIVM	Opties voor de reductie van fijn stof emissies uit de veehouderij	2004
WUR	Inventarisatie mogelijkheden reductie ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen	2005
WUR	Processen en factoren bij fijn stofemissie in de veehouderij	2006
WUR	Reductieopties voor ammoniak en methaanemissie uit huisvesting voor melkvee	2007
WUR	Kempfarm vleesvarkensstal; milieu emissies en investeringskosten	2007
WUR	Ammoniak- en geuremissie uit een vleeskuikenstal voorzien van de ScanFeeder met beluchting	2007