

Inleiding tot de milieueconomie

Stef PROOST en Sandra ROUSSEAU

Acco Leuven / Den Haag

Eerste druk: ????

Gepubliceerd door
Uitgeverij Acco, Blijde Inkomststraat 22, 3000 Leuven, België
E-mail: uitgeverij@acco.be – Website: www.uitgeverijacco.be

Voor Nederland:
Acco Nederland, Westvlietweg 67 F, 2495 AA Den Haag, Nederland
E-mail: info@uitgeverijacco.nl – Website: www.uitgeverijacco.nl

Omslagontwerp: ????

© 2017 by Acco (Academische Coöperatieve Vennootschap cvba), Leuven (België)
Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced in any form, by mimeograph, film or any other means without permission in writing from the publisher.

D/2017/????/????

NUR ????

ISBN ???-??-???-????-?



Inhoud

Voorwoord	15
Deel Een. Inleiding	17
Hoofdstuk 1. Inleiding	19
1. Overzicht van het handboek	19
2. Verband economie en milieu	20
3. Een eeuw van milieueconomisch onderzoek	21
4. Goederenkringloop	24
5. Fundamentele wetten van de materie	26
6. Enkele basisbegrippen	26
7. Verstoringketen	28
8. Samenvatting	30
9. Oefeningen	30
10. Aanvullende literatuur	31
11. Relevante websites	31
Hoofdstuk 2. Duurzame ontwikkeling	33
1. Inleiding	33
2. Wat is duurzame ontwikkeling?	35
2.1 Duurzaamheid vanuit een beleidsperspectief	35
2.2 Duurzaamheid vanuit een economisch perspectief	37
3. Indicatoren van duurzaamheid	40
3.1 Ecologische voetafdruk	41
3.2 Adjusted Net Savings	42
4. Een transitie naar een circulaire economie	44
5. Samenvatting	45
6. Oefeningen	46
7. Aanvullende literatuur	46
8. Relevante websites	47

Deel Twee. Modelling van het milieuprobleem	49
Hoofdstuk 3. Basisbegrippen van de micro-economie	51
1. Inleiding	51
2. Basisbegrippen	52
3. De consument	54
3.1 Individuele vraagfunctie	55
3.2 De marktvraag	64
4. De producent	66
4.1 Individueel aanbod	67
4.2 Marktaanbod	68
5. Marktevenwicht	70
5.1 Evenwichtsmechanisme	71
5.2 Onzichtbare hand	72
6. Maatschappelijke welvaart	72
6.1 Consumentensurplus	73
6.2 Producentensurplus	74
6.3 Maatschappelijke welvaart	75
6.4 Efficiëntie van de markt	76
7. Welvaartsberekening wanneer andere distorsies in de economie bestaan	77
8. Samenvatting	80
9. Oefeningen	80
10. Aanvullende literatuur	81
Hoofdstuk 4. Basismodel van de milieueconomie	83
1. Inleiding	83
2. Voorwaarden voor goede marktwerking	84
2.1 Eigendomsrechten	84
2.2 Perfecte concurrentie	84
2.3 Perfecte informatie	86
2.4 Geen externe effecten	87
3. Milieuproblemen en extern effecten	88
3.1 Externe kosten of externaliteiten	88
3.2 Milieumodel met externe kosten	89
3.3 Milieumodel met externe kosten: een illustratie	91
3.4 Eigendomsrechten	95
4. Milieuproblemen en publiek goederen	97
4.1 Publieke goederen	97
4.2 Voorbeeld: luchtkwaliteit	98
5. Milieuproblemen en <i>common goods</i>	104
5.1 Tragedie van de commons	104

5.2 Illustratie: Overbevissing	104
6. Optimale milieukwaliteit en efficiëntie van de bestrijding van vervuiling	108
6.1 Emissiereductiekosten en -baten	108
6.2 Optimale verdeling van de emissievermindering over meerdere vervuilers	110
7. Basismodel van de milieueconomie	113
7.1 Grafische voorstelling	113
7.2 Analytische voorstelling	114
7.3 Een illustratie: het Clean Air For Europe (CAFE) actieprogramma	116
8. Samenvatting	118
9. Oefeningen	119
10. Aanvullende literatuur	119

Hoofdstuk 5. **Illustratie van de milieueconomische basisbegrippen** 121

1. Inleiding	121
2. De werking van de biermarkt	121
2.1 Marktaanbod	121
2.2 Marktvraag	122
2.3 Marktevenwicht	123
3. Milieugevolgen	125
4. Maatschappelijk optimale bierproductie	126
5. Milieubeleidsopties	127
5.1 Geen milieubeleid	127
5.2 Milieubeleid	128
6. Samenvatting	129
7. Oefeningen	129

Deel Drie. **Modellering van het milieubeleid** 131

Hoofdstuk 6. **Evaluatiecriteria voor milieubeleidsinstrumenten** 133

1. Inleiding	133
2. Efficiëntie	134
2.1 Allocatieve efficiëntie	134
2.2 Kostenefficiëntie	135
2.3 Dynamische efficiëntie	135
3. Effectiviteit	136
4. Overheidsinkomsten en het goed gebruik ervan	136
5. Controleerbaarheid	139
6. Verdeling en rechtvaardigheid	140

7. Politieke haalbaarheid	140
8. Samenvatting	141
9. Oefeningen	141
10. Aanvullende literatuur	141
11. Relevante websites	142

Hoofdstuk 7. **Decentrale milieubeleidsinstrumenten** 143

1. Inleiding	143
2. Indeling van de milieubeleidsinstrumenten	143
3. Decentrale milieubeleidsinstrumenten	145
3.1 Eigendomsrechten	146
3.2 Aansprakelijkheid	154
3.3 Ecolabeling	161
4. Samenvatting	163
5. Oefeningen	164
6. Aanvullende literatuur	164
7. Relevante websites	165

Hoofdstuk 8. **Centrale milieubeleidsinstrumenten** 167

1. Inleiding	167
2. Milieunormen	167
3. Emissiebelastingen	170
3.1 Bepaling van een emissiebelasting	172
3.2 Werking	173
3.3 Illustratie	177
3.4 Evaluatie	178
4. Subsidie (ecobonus)	180
4.1 Werking	180
4.2 Illustratie: Subsidies voor milieubehoud door landbouwers	182
5. Verhandelbare emissierechten (VER)	185
5.1 Werking	186
5.2 VER en marktmacht	188
5.3 Verhandelbare vervuilingrechten (VVR)	190
5.4 Evaluatie	191
6. Convenanten of milieubeleidsvereenkomsten	193
7. De keuze van beleidsinstrumenten onder onzekerheid	195
8. Samenvatting	197
9. Oefeningen	197
10. Aanvullende literatuur	199
11. Relevante websites	200

Hoofdstuk 9. Handhaving	201
1. Inleiding	201
2. Basismodel (Becker, 1968)	203
2.1 Voorbeeld van impact van handhaving	204
2.2 Optimale handhaving	205
3. Verwachte overtredingskosten	207
3.1 De pakkans	208
3.2 Monetaire sancties	208
3.3 Niet-monetaire sancties	210
3.4 Impact op toekomstig toezicht	211
3.5 Maatschappelijke sancties	211
3.6 Risicoaversie	212
3.7 Informele negatieve gevolgen	212
4. Milieubeleidsinstrumenten en handhaving	212
4.1 Begrippen	213
4.2 Belangrijke veronderstellingen van het model	213
5. Harrington-paradox	217
5.1 Doelgerichte handhaving	217
5.2 Verplichte zelfrapportering	220
5.3 Imperfecte metingen	224
5.4 Beleidsovereenkomsten	225
6. Samenvatting	225
7. Oefeningen	226
8. Aanvullende literatuur	227
9. Relevante websites	227
Deel Vier. Analyse van het milieubeleid	229
Hoofdstuk 10. Meten van baten via bestaande en verwante markten	231
1. Inleiding	231
2. Soorten baten	233
3. Methodes van economische waardering	234
4. Methodes gebaseerd op bestaande markten	235
4.1 Waardering gebaseerd op kostschattingen	235
4.2 Productiviteitsmethode	236
4.3 Voorbeeld: Vlaamse milieuschade door luchtvervuiling	237
5. Hedonische prijzen (<i>Hedonic Price Method</i> of HPM)	240
5.1 Uitgangspunt van de methode	240
5.2 Voorbeeld: Raming van economische schade van verkeersgeluid	241
5.3 Appreciatie	243

6. Reiskostenmethode (<i>Travel Cost Method</i> of TCM)	243
6.1 Uitgangspunt van de methode	243
6.2 Voorbeeld: Recreatiewaarde Heverleebos-Meerdaalwoud	246
6.3 Appreciatie	247
7. Samenvatting	247
8. Oefeningen	247
9. Aanvullende literatuur	248
10. Relevante websites	248
Hoofdstuk 11. Meten van baten via hypothetische markten	249
1. Inleiding	249
2. Betalingsbereidheid en acceptatiebereidheid	249
3. Contingente waardering (<i>Contingent Valuation Method</i> of CVM)	251
3.1 Uitgangspunt van de methode	251
3.2 Voorbeeld: Heverleebos – Meerdaalwoud	254
3.3 Kwaliteit van de resultaten	255
3.4 Appreciatie	258
4. Keuze-experimenten (<i>Discrete Choice Experiments</i> of DCE)	259
4.1 Uitgangspunt van de methode	259
4.2 Voorbeeld: Betalingsbereidheid voor bio-appels	260
4.3 Appreciatie	263
5. Referentiewaarden voor biodiversiteit	263
6. Samenvatting	265
7. Oefeningen	265
8. Aanvullende literatuur	267
9. Relevante websites	268
Hoofdstuk 12. Meten van kosten	269
1. Inleiding	269
2. Directe kosten	270
3. Welvaartsverlies	271
4. Reguleringkosten	272
5. Aanpassingskosten	273
6. Samenvatting	274
7. Oefeningen	275
8. Aanvullende literatuur	275
9. Relevante websites	275
Hoofdstuk 13. Afwegingsmethoden	277
1. Inleiding	277

2. Kosten-batenanalyse	277
2.1 Aanpak van een kosten-batenanalyse	278
2.2 Tijdswaarde van kosten- en batenstromen	279
2.3 Evaluatie KBA	284
3. Kosteffectiviteitsanalyse	285
4. Risico-batenanalyse	285
5. Impactanalyse	286
6. Multicriteria-analyse	288
7. Werkwijze bij beleidsanalyses	289
7.1 Tien stappen in een beleidsevaluatie	290
7.2 Toepassingen	293
8. Samenvatting	294
9. Oefeningen	294
10. Aanvullende literatuur	295
11. Relevante websites	296

Hoofdstuk 14. **Toepassingen van beleidsevaluatie** 297

1. Inleiding	297
2. Optimale locatie van bossen in Oost-Vlaanderen	297
2.1 Situering	297
2.2 Studiegebied	298
2.3 Kosten en baten van bebossing	298
2.4 Optimalisatie	300
2.5 Conclusie	300
3. Kosten-batenanalyse van de Oosterweelverbinding	301
3.1 Probleemstelling	301
3.2 Veronderstellingen van de nieuwe onafhankelijke KBA	302
3.3 Resultaat	303
3.4 Conclusie	310
4. Kosten-batenanalyse van het plaatsen van een hemelwaterput	310
4.1 Privaat standpunt	311
4.2 Maatschappelijk standpunt	312
5. Samenvatting	313
6. Aanvullende literatuur	314
7. Relevante websites	314

Deel Vijf. **Milieu-investeringen** 315

Hoofdstuk 15. **Prikkels voor milieu-investeringen** 317

1. Inleiding	317
--------------	-----

2. Milieubeleid	318
3. Link tussen economie en milieuperformantie	319
4. 'First mover'-voordeel	323
5. Ethisch bewustzijn	323
6. Relaties met stakeholders	324
7. Samenvatting	324
8. Oefeningen	325
9. Aanvullende literatuur	325
10. Relevante websites	325

Hoofdstuk 16. **Analyse van milieu-investeringen** 327

1. Inleiding	327
2. Welke kosten en baten?	328
3. Berekeningstechnieken	329
3.1 Huidige waarde van een toekomstige som en van een stroom van sommen	329
3.2 Beslissingscriteria	333
3.3 Berekening van de cashflow	339
4. Onzekerheid	341
4.1 Sensitiviteitsanalyse	341
4.2 Scenario-analyse	342
4.3 Verwachte waarde analyse	342
4.4 Monte Carlo-analyse	343
5. Kapitaalskost	343
5.1 Kost van vreemd vermogen	343
5.2 Kost van eigen vermogen	344
5.3 Gewogen gemiddelde of WACC	344
6. Samenvatting	345
7. Oefeningen	345
8. Aanvullende literatuur	346

Hoofdstuk 17. **Toepassingen van milieu-investeringen** 347

1. Inleiding	347
2. Windmolens	347
2.1 Kengetallen en gegevens	348
2.2 Berekening cashflow	348
2.3 Investeringsbeslissing	349
3. Afvalprobleem bij Tessenderlo Chemie	350
3.1 Probleemstelling	350
3.2 Berekening cashflows	352
4. Voorbeeld afvalwaterheffing	353

5. Samenvatting	356
6. Oefeningen	356
7. Aanvullende literatuur	357

Deel Zes. Internationale milieuproblemen 359

Hoofdstuk 18. Internationale milieuproblemen 361

1. Inleiding	361
2. Handel en milieu	362
2.1 Waarom bestaat er internationale handel?	362
2.2 Lokale vervuiling	365
2.3 Vervuilingparadijzen ('Pollution havens')	368
3. Internationale milieu-overeenkomsten	369
3.1 Bilaterale overeenkomsten	369
3.2 Multilaterale overeenkomsten	372
4. Samenvatting	379
5. Oefeningen	380
6. Aanvullende literatuur	380
7. Relevante websites	381

Hoofdstuk 19. Klimaat 383

1. Inleiding	383
2. Is er een klimaatprobleem?	383
2.1 Het broeikaseffect is een natuurlijk fenomeen	385
2.2 Versterkt broeikaseffect door menselijke invloed	387
2.3 De verwachte toename van de uitstoot van broeikasgassen en de verwachte temperatuurstijging	390
2.4 Gevolgen van de opwarming van de aarde	391
2.5 De aanpassingskosten en de vermijdingskosten van klimaatverandering	395
2.6 Wat is de kostprijs van de verschillende klimaatdoelstellingen?	396
3. Internationale milieuonderhandelingen	398
3.1 Kyoto-protocol	398
3.2 Werd de Kyoto-doelstelling gehaald?	400
3.3 Flexibele mechanismen	403
3.4 Het akkoord van Parijs (2015)	405
3.5 Een alternatief voor het Parijs-akkoord	406
4. Het Europese klimaatbeleid	407
4.1 Het EU-klimaatbeleid met als doelstelling 2020	408
4.2 De EU-routekaart naar een concurrerende koolstofarme economie in 2050	416
4.3 Een reflectie rond het EU-klimaatbeleid	417

5. Het klimaatbeleid in België en Vlaanderen	419
5.1 België	419
5.2 Vlaanderen	419
5.3 Wat kost Kyoto aan economie?	422
6. Samenvatting	423
7. Oefeningen	424
8. Aanvullende literatuur	425
10. Relevante websites	426
Hoofdstuk 20. Energie en Milieu	427
1. Inleiding	427
2. Fossiele energiereserves	427
2.1 De eindige fossiele energiereserves	428
2.2 Economische inzichten in ontginningsregimes	429
3. De energievoorradsingszekerheid	432
4. Het klimaatbeleid en de energiebevoorrading	433
5. Het rationeel energiegebruik	437
5.1 De juiste energieprijis	438
5.2 Inefficiënte investeringen	439
6. Hernieuwbare energie	443
6.1 Correcte kostenvergelijking van hernieuwbare en niet-hernieuwbare energie	443
6.2 Milieuvordelen en bevoorradsingsvoordelen van hernieuwbare energie	445
6.3 Hoe het best de uitbouw van hernieuwbare energie stimuleren	446
7. Samenvatting	450
8. Oefeningen	451
9. Aanvullende literatuur	452
10. Relevante websites	453
Appendix	455
Scheikundige symbolen	455
Eenheden	455
Voorvoegsels eenheden	456
Afkortingen	456
Bibliografie	459
Index	467

Voorwoord

Dit handboek is gegroeid uit het doceren van het vak milieueconomie sinds het begin van de jaren 90. Het doel van de cursus is een inleiding te geven tot de milieueconomie. Bij de tweede druk van dit handboek is vooral aandacht besteed aan het actualiseren van de beschreven methoden en studies. Enkele topics zoals economische waardering en energie zijn ook meer diepgaand uitgewerkt.

Milieueconomie houdt zich bezig met vervuilingsproblemen of, meer algemeen, hinderlijke activiteiten tussen economische agenten. Dit kan gaan van roken in publieke plaatsen of het lawaai van een motorfiets tot meer globale vraagstukken zoals de vervuiling van de zee of de opwarming van de atmosfeer. De cursus handelt niet over het optimale gebruik van eindige grondstoffen (“resource economics”), hoewel beide problemen dicht bij elkaar kunnen liggen.

Het publiek voor de cursus is zeer divers: de studenten komen uit richtingen zoals economie, wetenschappen, toegepaste wetenschappen maar ook uit rechten en filosofie. Hun interesse is meestal dubbel. Er zijn er die later willen meewerken aan de beleidsvorming rond milieuproblemen. Een andere groep heeft dan weer meer duidelijke managementinteresses: hoe kan ik binnen een bedrijf het beste omgaan met het milieubeleid dat mij wordt opgelegd of hoe kan ik mijn eigen milieudoelstellingen het best bereiken?

De cursus vertrekt vanuit deze dubbele interesse van de studenten en vanuit het gegeven dat hun voorkennis economie, wiskunde en milieuwetenschap zeer heterogeen is. Er is daarom gekozen om de cursus op te hangen aan drie eenvoudige economische modellen die zowel grafisch, wiskundig als intuïtief verstaan kunnen worden.

Het eerste model is het vraag-en-aanbodmodel met perfecte concurrentie. Dit model wordt gebruikt om de werking van de markteconomie uit te leggen en bekijkt ook hoe de markteconomie reageert op beleidsprikkels.

Het tweede model is het model voor de keuze van de milieukwaliteit. Het model laat toe om de baten en kosten van een betere milieukwaliteit te beoordelen en na te gaan wat bepaalde beleidsingrepen kunnen realiseren.

Het derde model is het verdisconteerde cashflowmodel dat gebruikt wordt om binnen een onderneming de juiste investeringen te kiezen. Het is een geschikt model om na te gaan welke beslissingen vanuit bedrijfsstandpunt het meest geschikt zijn wanneer er een milieubeperking wordt opgelegd.

Het uiteindelijke leerdoel van de cursus is dat alle studenten voor een gegeven milieuprobleem een of meerdere van deze drie modellen kunnen toepassen. Er wordt dus gestreefd naar een zekere operationaliteit bij de studenten: zij moeten voor een gegeven milieuprobleem kunnen aangeven hoe ze het vraagstuk structureren, welke data nodig zijn enz. Bijgevolg gaat heel wat aandacht naar de oefeningen en naar de toepassingen.

Aan deze cursus hebben heel wat (ex-)leden van de onderzoeksgroep Energie, Milieu en Transport van het Centrum voor Economische Studiën (ETE – KU Leuven) en van het Centrum voor Economie en Duurzaam Ondernemen (CEDON – KU Leuven) bijgedragen: Johan Eyckmans, Ellen Moons, Guido Pepermans, Greta Coenen en Eef Delhaye.

De auteurs

Hoofdstuk 4

Basismodel van de milieueconomie

1. Inleiding

De analyse in hoofdstuk 3 gaat ervan uit dat er voor elk goed of elke dienst een markt bestaat. Nochtans kan individueel rationeel gedrag er de oorzaak van zijn dat sommige goederen of diensten niet door de markt worden verstrekt. Een voorbeeld hiervan zijn publieke goederen zoals landsverdediging of propere rivieren. Er zijn ook krachten die de marktwerking kunnen verstoren. Hierbij denken we bijvoorbeeld aan de hardnekkigheid van de vervuilingsproblematiek. Via het model van de goederenkringloop en de materiaalbalans in hoofdstuk 1 zagen we dat de economische activiteit reststromen produceert die ons leefmilieu kunnen aantasten. Dit geeft ons echter geen inzicht in de reden waarom vervuiling niet kan worden aangepakt zonder de tussenkomst van een derde partij (zoals de overheid).

Het meest directe antwoord is dat vervuiling een *marktfaling* is die de klassieke marktwerking verstoort.⁵ Marktfalingen treden op als er niet langer wordt voldaan aan de basisvoorwaarden van een efficiënte marktwerking. Bijvoorbeeld, als er toetredingsdrempels aanwezig zijn of als er slechts een beperkt aantal aanbieders op de markt opereren. Marktfalingen zijn onder meer imperfecte competitie, imperfecte informatie, publieke goederen en externaliteiten (de effecten van productie en consumptie voor derden). Vanuit een economisch perspectief blijven milieuproblemen bestaan omdat ze impliciet de voorwaarden van een goed werkende markt schenden. De prikkels die er normaalgezien voor zorgen dat een efficiënte uitkomst wordt bereikt, zijn niet langer voldoende en de overheid moet tussenkomen. Eenmaal de overheid inzicht heeft in de marktfaling is het mogelijk om de marktwerking te herstellen door het juiste milieubeleid. Het basisidee is te onderzoeken wat de fundamentele reden is waarom de marktfaling optreedt en dan de nodige aanpassingen te maken aan de onderliggende voorwaarden. Daarna zal de markt vanzelf in de richting van een oplossing evolueren.

In dit hoofdstuk wordt gekeken naar de analytische werktuigen (modellen) die nodig zijn om de marktfaling in de context van milieuproblemen te begrijpen. Fundamenteel zijn er

5 Wij analyseren hier milieuproblemen in een markteconomiecontext. In een planeconomie zijn er evengoed milieuproblemen, maar moet er een ander analysekader worden gebruikt om ze te verklaren.

drie manieren (economische modellen) om het probleem te beschrijven. De eerste is gebaseerd op de karakterisering van milieukwaliteit als een publiek goed. De tweede gebruikt de theorie van externaliteiten om aan te tonen hoe marktprikkels er niet in slagen om de effecten van vervuiling verbonden aan productie of consumptie in rekening te brengen. De derde bekijkt de uitdaging van het beheer van *common goods*. Ten slotte worden de verschillende modellen aan elkaar verbonden via een discussie over eigendomsrechten en wordt ook gekeken naar de rol van eigendomsrechten bij marktfalingen.

Eerst gaan we dieper in op de voorwaarden die moeten voldaan zijn om een goede marktwerking te hebben en op het begrip ‘externe kosten’. De aangereikte begrippen en modellen worden daarna geïllustreerd voor luchtverontreiniging in dit hoofdstuk en voor geurhinder in hoofdstuk 5.

2. Voorwaarden voor goede marktwerking

Zoals al in hoofdstuk drie vermeld werd, zijn er een aantal noodzakelijke voorwaarden voor de goede werking van de markt. We bespreken er hier vier van.

2.1 Eigendomsrechten

De werking van de markt wordt bevorderd als de eigendomsrechten volledig en duidelijk bepaald zijn. Dit betekent dat een koper het volledige bezit van het goed heeft en het kan doorverkopen. Indien dit niet het geval is en er is onzekerheid over de eigendomsrechten, dan zal de marginale bereidheid tot betaling van de consumenten lager zijn en dan zal de verhandelde hoeveelheid te laag zijn. Een voorbeeld hiervan is een huis waarbij de naakte eigendom aan de ene persoon toebehoort en het vruchtgebruik aan een andere. De prijs op de markt van een dergelijk eigendom zal veel lager liggen dan een vergelijkbaar huis dat volledig in het bezit is van één eigenaar. Een ander voorbeeld is een fiets in Leuven in de veronderstelling dat er geen efficiënte sloten beschikbaar zijn. Niemand zal zich een goede (dure) fiets willen aanschaffen want de koper zal er niet lang van kunnen genieten. Onduidelijke eigendomsrechten kunnen tot overmatig gebruik van natuurlijke grondstoffen leiden en maken het uitbouwen van een effectief milieubeleid moeilijk.

2.2 Perfecte concurrentie

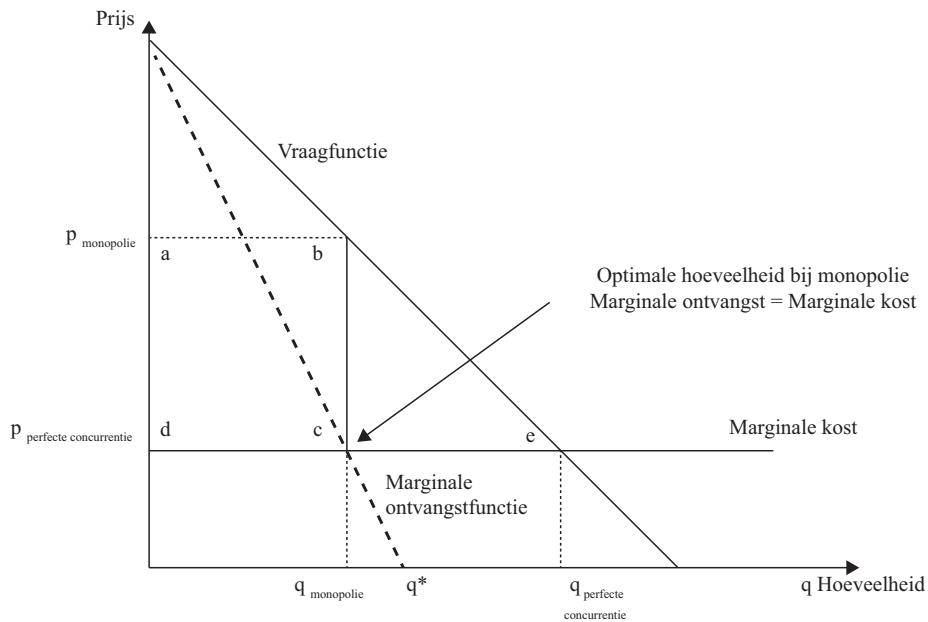
Bij perfecte concurrentie nemen alle aanbieders en vragers de prijs als gegeven. Dit leidt ertoe dat de problemen van de verdeling van goederen over consumenten, de

beslissingen wie er het best produceert en hoeveel men het best produceert gelijktijdig worden opgelost. Dit is een aanvaardbare benadering van een goed functionerende markt. Regelmatig ontstaan er ook markten met een beperkt aantal aanbieders. Het extreme geval waar één aanbieder het grootste deel van de markt bevoorraadt, is het gemakkelijkst te analyseren. Deze marktform noemen we een monopolie. In Figuur 23 wordt deze situatie in meer detail uitgewerkt. We veronderstellen hierbij dat de marginale kost (MK) constant is. Bij een monopolie bestaat geen aanbodsfunctie meer omdat de aanbieder de prijs niet langer als gegeven en exogeen beschouwt zoals bij perfecte concurrentie. De monopolist kan immers zelf de marktprijs voor zijn product bepalen. In het geval van perfecte concurrentie zou het gelijkstellen van de MK aan de marktprijs een aangeboden hoeveelheid q geven. In een monopoliesituatie weet de producent dat hij de enige aanbieder is en dat hij door minder te verkopen een hogere prijs en hogere winstmarge kan bereiken. Om de hoeveelheid te produceren goederen of diensten te bepalen die voor een monopolist leidt tot de hoogst mogelijke winst, maken we gebruik van de marginale ontvangstencurve (gestippelde vette lijn in Figuur 23). Deze curve geeft voor elke extra geproduceerde hoeveelheid de extra ontvangst weer die de monopolist verkrijgt. Op de figuur is duidelijk te zien dat dit een dalende curve is. De reden voor deze dalende curve is eenvoudig, aangezien een extra hoeveelheid verkopen twee effecten heeft. Ten eerste heeft de aanbieder een extra ontvangst omdat er een extra eenheid verkocht wordt (een positief effect). Ten tweede heeft de aanbieder ook een minderontvangst (een negatief effect) omdat hij alleen maar één eenheid extra kan verkopen door ook op alle andere hoeveelheden een prijsvermindering toe te staan. Het eerste effect domineert het tweede effect⁶ en de marginale ontvangst blijft dus positief tot aan q^* . De optimale hoeveelheid voor een monopolist wordt dan bereikt wanneer de marginale ontvangst gelijk is aan de marginale kost. Op Figuur 23 is duidelijk te zien dat dit optimum een veel kleinere geproduceerde hoeveelheid inhoudt dan bij perfecte concurrentie. In vergelijking met de perfecte concurrentieoplossing maakt de monopolist extra winst: de rechthoek $abcd$. De consumenten verliezen een surplus $abecd$. Netto is er een verlies aan surplus van bec . De intuïtie achter dit nettoverlies is dat, bij de monopolieprijs, de consumenten het signaal krijgen dat de kostprijs van het goed de monopolieprijs is, maar de echte marginale kost van het goed is veel lager. We ontzeggen de maatschappij dus de consumptie van goederen waarvan het nut voor de consument hoger is dan de marginale kost voor de producent. Dit is een duidelijk verlies voor de maatschappij in zijn geheel.

In bepaalde omstandigheden kan er omwille van dalende productiekosten het best maar één producent op een specifieke markt zijn. Voor elektriciteitstransmissie is er bijvoorbeeld het best maar één hoogspanningslijn tussen twee punten in plaats van verschillende

6 Bij een lineaire curve voor de betalingsbereidheid $p = \alpha - \beta q$ is de totale ontvangst pq . De marginale ontvangst bestaat dan uit de afgeleide naar q van $\alpha q - \beta q^2 = \alpha - \beta q - \beta q = p - 2\beta q$ waarbij de eerste term de extra ontvangst geeft en de tweede term de prijskorting die moet worden toegestaan op alle verkochte eenheden.

parallele hoogspanningsmasten. In dat geval is er een prijsregulering nodig om een efficiënte prijs te bekomen.



Figuur 23 Productiebeslissing bij een monopolie

Een situatie met marktmacht van één of meerdere producenten kan een impact hebben op het gewenste milieubeleid. Zo zal een monopolist voor een innovatieve groene technologie kiezen voor een te hoge prijs en dus een te lage verhandelde hoeveelheid vanuit een maatschappelijk oogpunt. Gaat het daarentegen over een vervuilende technologie, dan is marktmacht van de monopolist veel minder een probleem en kan de welvaart hoger zijn dan het bereikte evenwicht in een meer competitieve markt.

2.3 Perfecte informatie

Om een efficiënte marktuitskomst te krijgen moet de koper perfect de kwaliteit en eigenschappen van het goed dat hij koopt kennen. Anders overleven goede producten niet, omdat ze niet aan een voldoende hoge prijs verkocht kunnen worden (zie Box 7: Akerlofs “lemons”). In de vastgoedmarkt worden bijvoorbeeld twee types industriële gronden aangeboden: gronden van type A zijn minder waard door bodemverontreiniging en gronden van type B zijn niet vervuild. De waarde van deze stukken grond voor de koper en verkooper worden in Tabel 3 weergegeven.

Tabel 3		Voorbeeld averechtse selectie bij gronden		
	Waarde voor verkoper	Waarde voor koper (BB)	Frequentie van voorkomen	
Grond type A – vervuild	500 euro	1000 euro	40%	
Grond type B – niet vervuild	1500 euro	1800 euro	60%	

Wanneer er geen perfecte informatie is en de koper dus niet weet of een stuk grond vervuild is of niet, zal zijn betalingsbereidheid gelijk zijn aan 1480 euro ($= 0.4 \cdot 1000 + 0.6 \cdot 1800$). Bij deze prijs zullen er dus enkel gronden van type A worden aangeboden en spreken we van averechtse selectie. Nochtans zouden beide types grond zonder probleem verkocht kunnen worden bij perfecte informatie. De Vlaamse overheid heeft dit probleem proberen op te lossen door het invoeren van bodemattesten. Bij de verkoop van gronden moet een attest worden voorgelegd waarop de informatie uit het grondeninformatieregister inzake historische of ander vastgesteld verontreinigingen wordt weergegeven.

BOX 7 Knollen voor citroenen

De koper van ervaringsgoederen zoals een woning zal pas na gebruik een zicht hebben op de echte kwaliteit ervan. De koper loopt het risico dat na een zekere tijd het aangekochte goed allerlei gebreken zal vertonen en krijgt bijvoorbeeld pas na de aankoop van een woning zicht op de energienoden en de energiefactuur die zal moeten worden betaald. Normaalgezien is de verkoper beter geïnformeerd over de kwaliteit van het goed. Dit zal de opportunistische verkoper echter niet weerhouden om met mooie praatjes een inferieur bezit toch van de hand te doen, om m.a.w. 'knollen voor citroenen' te verkopen.

Indien de koper door heeft dat het risico bestaat dat hij een kat in een zak koopt, kan dit verhinderen dat er een verkoop tot stand komt. Er is echter meer: mogelijk komen transacties tot stand die bij symmetrische informatie niet zouden plaatsvinden. De markt manifesteert dan een averechtse selectie aangezien zij zich richt op slechte in plaats van op goede producten. Na een tijd worden bijvoorbeeld enkel energie-inefficiënte woningen aangeboden op de markt. De overheid heeft onder meer hierdoor ingegrepen door de invoering van energieprestatiecertificaten (EPC's) op de Vlaamse woningmarkt.

Bron: Akerlof (1970) en www.energiesparen.be

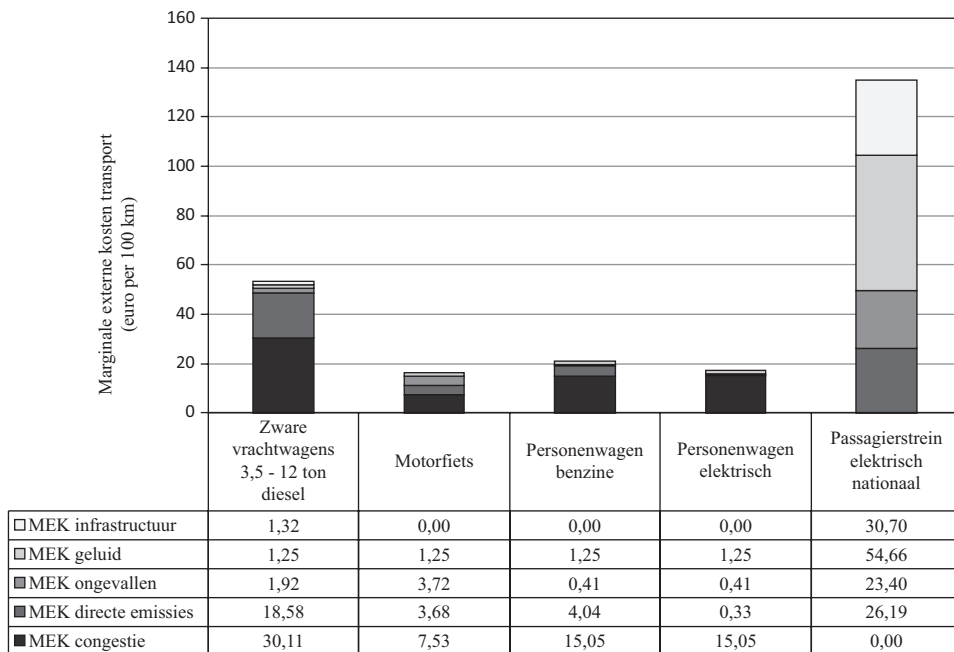
2.4 Geen externe effecten

Als de handel extra kosten of baten voor derden (niet-kopers) meebrengt die niet in de markt worden gereflecteerd, dan is er sprake van externe effecten of externaliteiten. In het volgende deel gaan we dieper in op de gevolgen voor de markt als dergelijke externe effecten aanwezig zijn. De markt kan slechts optimaal werken als er geen externe effecten zijn en als alle effecten mee in rekening worden gebracht.

3. Milieuproblemen en extern effecten

Eerst bekijken we wat externe effecten zijn en op welke manier ze verbonden zijn aan milieuproblemen. Daarna worden private en maatschappelijke beslissingen op de markt vergeleken wanneer er externe kosten aanwezig zijn.

3.1 Externe kosten of externaliteiten



Figuur 24 Marginale externe kosten transport voor 2014 (Delhaye et al., 2017)

Het vrije marktsysteem kan slechts tot een optimale situatie leiden wanneer alle productiekosten in de prijs van de producten worden weerspiegeld. Dit is echter niet noodzakelijk het geval. Veel productieprocessen leiden immers tot wat men externe effecten noemt. Formeel is er sprake van een *extern effect* als de productie of de consumptie van een goed de nutsmogelijkheden van anderen beïnvloedt zonder dat er compensatie wordt betaald. Externe effecten of *externaliteiten* zijn dus aanwezig als aan de consumptie of productie kosten of baten voor derden verbonden zijn die de consument of de producent bij zijn private beslissing niet in rekening brengt. De geluidshinder van een disco, de geurhinder van een slagerij, de verkeersdrukke rond een winkelcentrum, het passief meeroken met rokers en de vervuiling van het zeewater door de lozing van rioolwater zijn voorbeelden van negatieve externe effecten of *externe kosten*. De geur van versgebakken brood in de morgen en

de ecologische waarde van landbouwgrond zijn voorbeelden van positieve externe effecten of *externe baten*. Goederen of diensten kunnen ook meer dan één externe kost met zich meebrengen. Transport bijvoorbeeld leidt tot congestie, emissie van luchtpolluenten zoals NO_x, fijn stof en CO₂, ongevallen, geluidshinder en onderhoudskosten van de infrastructuur (zie Figuur 24).

3.2 Milieumodel met externe kosten

Omdat de externe baten en kosten enkel het nut van derden beïnvloeden, zal de consument of de producent hier geen rekening mee houden bij het bepalen van de aangekochte of aangeboden hoeveelheid van het goed in kwestie. De klassieke markt kan het vervuilingsprobleem niet oplossen omdat de consumenten en producenten bij hun beslissingen niet alle gevolgen van hun acties in rekening brengen. De marktprijs geeft geen goed signaal van alle voor- en nadelen van de consumptie en productie van een bepaald goed. Dit betekent dat schaarse goederen inefficiënt over de verschillende economische agenten zullen worden toegewezen.

Bijvoorbeeld, bij het bepalen van de te produceren hoeveelheid papier zal de manager van een papierfabriek enkel met zijn private marginale kostenrekening houden. Zoals op Figuur 25 te zien is, betekent dit dat de producent beslist om hoeveelheid q_1 aan te bieden tegen prijs p_1 . In dit punt is de marktvraag immers gelijk aan het marktaanbod. Bij de papierproductie wordt echter ook een grote hoeveelheid afvalwater geloosd. De lozing van dit afvalwater vervuult in belangrijke mate het rivierwater van de nabijgelegen rivier. Dit heeft gevolgen voor de viskwekerij die stroomafwaarts van de fabriek ligt. Door de achteruitgang van de biologische kwaliteit van het rivierwater, heeft de viskwekerij hogere kweekkosten en is de opbrengst kleiner. Voor de papierproducent is dit een extern effect en hij zal dan ook geen rekening houden met de schade die hij veroorzaakt aan de viskwekerij.

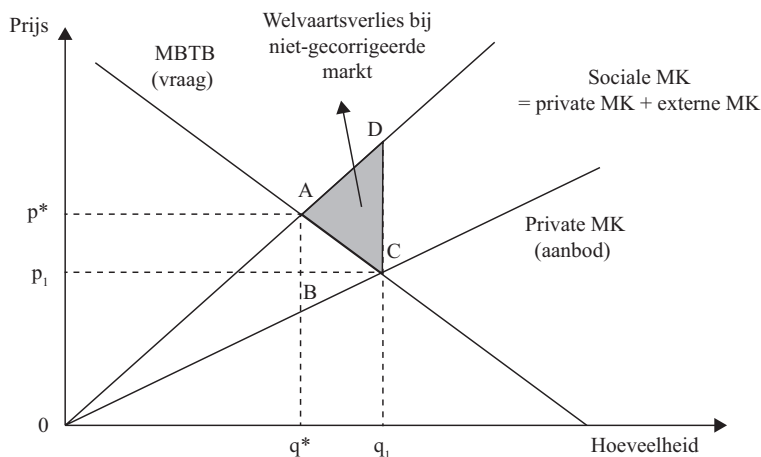
Als we nu naar het probleem kijken vanuit het standpunt van de maatschappij, dan is het relevante kostenconcept de maatschappelijke kost. Deze *maatschappelijke kosten* zijn alle kosten voor alle betrokken partijen van, in ons voorbeeld, papierproductie. Daarbij worden dan zowel de private kosten als de externe effecten in rekening gebracht. We hebben dan:

$$\text{Maatschappelijke MK} = \text{private MK} + \text{externe MK}$$

Als er externe marginale kosten aanwezig zijn, zoals bij papierproductie, dan zullen de maatschappelijke marginale kosten hoger zijn dan de private marginale kosten. Dit betekent dat er in het private marktoptimum (p_1, q_1) meer papier zal worden geproduceerd dan maatschappelijk optimaal is. Het maatschappelijk optimum is het punt waar de *MBB*

gelijk is aan de maatschappelijke *MK*. In dit punt wordt er een hoeveelheid q^* ($< q_1$) aangeboden aan een prijs p^* (zie Figuur 25).

In het voorbeeld van de papierfabriek en de viskwekerij wordt het maatschappelijk optimum niet bereikt. Dit geeft aanleiding tot een welvaartsverlies. Dit welvaartsverlies wordt in Figuur 25 aangeduid door de gekleurde driehoek. Deze gekleurde driehoek komt overeen met de meerkosten die de papierproductie ($q_1 - q^*$) meebrengt voor de viskweker (parallelogram *ABCD*) verminderd met het extra consumenten- en producentensurplus die de productie ($q_1 - q^*$) meebrengt. De reden van dit welvaartsverlies is dat er sprake is van een marktfaling. Externe effecten (zoals milieuvervuiling) geven immers aanleiding tot marktfalingen en de vrije marktuitskomst is dan niet langer efficiënt. De overheid zal moeten optreden om de marktfaling te corrigeren. Er is meer (of beter) ingrijpen van de overheid nodig in plaats van minder. Het is echter belangrijk om hierbij een overheidsfalen te vermijden. Een overheidstussenkomst is immers geen garantie voor een verhoging van de welvaart. Politici en ambtenaren maximaliseren hun eigen individuele nutsfunctie waarin naast het algemeen welzijn ook persoonlijke doelstellingen (zoals macht en prestige) een rol kunnen spelen.



Figuur 25 Welvaartsverlies

Indien de overheid efficiënt functioneert, kan ze door doelgericht optreden ervoor zorgen dat de consumenten en producenten de externe kosten (en baten) van hun gedrag internaliseren; d.w.z. dat ze dan *alle* kosten van hun acties bij het nemen van de productie- en consumptiebeslissing betrekken. Het principe 'de vervuiler betaalt' (*'polluter pays principle'* of *PPP*) is hier resultaat van. Immers, als de vervuilers moeten betalen voor de milieuschade die ze aanrichten, zullen ze hiermee rekening houden en maatschappelijk optimale beslissingen nemen.

De overheid kan op verschillende manieren het gebruik van milieugoederen aanrekenen. We gaan in hoofdstukken 7 en 8 dieper in op de beleidsinstrumenten die de regelgever ter beschikking staan. Hier vermelden we kort enkele mogelijkheden. Een eerste optie is het gebruik van emissiebelastingen. Als de belasting t zodanig gekozen wordt dat

$$p + t = p^*,$$

dan zijn de milieukosten geïnternaliseerd in de marktprijs en zal de producent de maatschappelijk optimale beslissing nemen. Een andere mogelijkheid om de vervuiler te doen betalen is een markt en handel in vervuilingrechten toe te laten. De overheid kan dus het gedrag van de economische agenten sturen via aangepaste prijzen en reglementering.

3.3 Milieumodel met externe kosten: een illustratie

De benadering gebaseerd op externe effecten is nuttig om de link te leggen met de markt van private goederen. De benadering is vooral gemakkelijk indien er maar één vervuilende industrie is en/of indien de vervuiling enkel kan worden teruggedrongen door minder te produceren. Om de modellering met externe kosten verder uit te werken, zullen we een voorbeeld gebruiken. We bekijken de markt van geraffineerde petroleumproducten. Dit voorbeeld is gebaseerd op Callan en Thomas (2000, p.79-86). Veronderstel dat bij petroleumraffinage een belangrijke negatieve externaliteit optreedt, namelijk waterverontreiniging. De verontreiniging door toxische stoffen geeft aanleiding tot aanzienlijke externe kosten, namelijk gezondheidsrisico's voor personen die oppervlaktewater gebruiken.

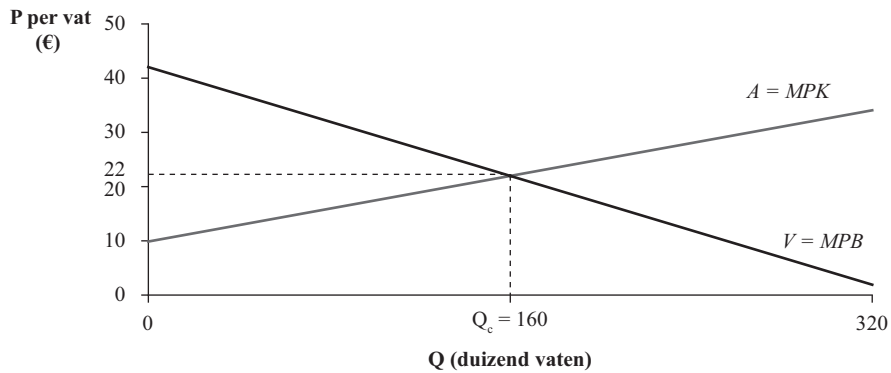
We nemen aan dat de markt voor geraffineerde petroleumproducten competitief is en veronderstellen de volgende hypothetische marktvaart en marktaanbod:

$$\begin{aligned} \text{Vraag:} & \quad p = 42 - 0.125q \\ \text{Aanbod:} & \quad p = 10 + 0.075q \end{aligned}$$

waarbij q gemeten wordt in duizenden vaten per dag en p de prijs is per vat.

Uit hoofdstuk 3 blijkt dat het aanbod de marginale productiekosten voorstelt en de vraag de marginale (private) baten van consumptie. Zowel vraag als aanbod zijn gebaseerd op interne beslissingsprocessen. Het is belangrijk om een duidelijk onderscheid te maken tussen interne en externe kosten in de aanwezigheid van externe effecten. Formeel zullen we naar de aanbodfunctie verwijzen als de marginale private kosten (MPK) van productie en naar de vraagfunctie als de marginale private baten (MPB). Dus de twee vergelijkingen kunnen herschreven worden als:

$$\begin{aligned} MPB &= 42 - 0.125q \\ MPK &= 10 + 0.075q \end{aligned}$$



Figuur 26 Concurrentieel evenwicht in de petroleumproductmarkt

Het concurrentieel evenwicht zonder milieubeleid is dan bepaald door:

$$MPK = p = MPB$$

en is gelijk aan:

$$p_c = 22 \text{ € / vat}$$

$$q_c = 160000 \text{ vaten}$$

Het marktevenwicht wordt ook voorgesteld in Figuur 26 als het snijpunt van vraag en aanbod. Op dit punt is de marginale private baat (*MPB*) gelijk aan de *MPK*, of anders gezegd:

$$MPB - MPK = 0$$

Het concurrentieel evenwicht negeert echter de waterverontreiniging. De raffinaderij zal immers enkel naar haar eigen winst kijken en niet naar de baten of kosten voor de hele maatschappij. Watervervuiling is een externe kost voor het bedrijf en wordt daarom niet mee in rekening genomen. Dit betekent echter dat de marktuitskomst niet efficiënt is. *Allocatieve efficiëntie* (zie ook hoofdstuk 6) impliceert namelijk dat de marginale baten gelijk moeten zijn aan *alle* marginale kosten die aan de productie van het verhandelde goed verbonden zijn. Aangezien de marginale externe kosten niet worden meegeteld, zal de *MPK* de opportunitetskosten van productie onderschatten en zal er vanuit het maatschappelijke standpunt te veel geproduceerd worden. De totale marginale kosten worden de marginale maatschappelijke kosten (*MMK*) genoemd en we hebben:

$$MMK = MPK + MEK$$

waarbij *MEK* de marginale externe kosten voorstellen. We nemen voorlopig aan dat het mogelijk is om de externe kosten perfect monetair te waarderen. In hoofdstukken 10, 11

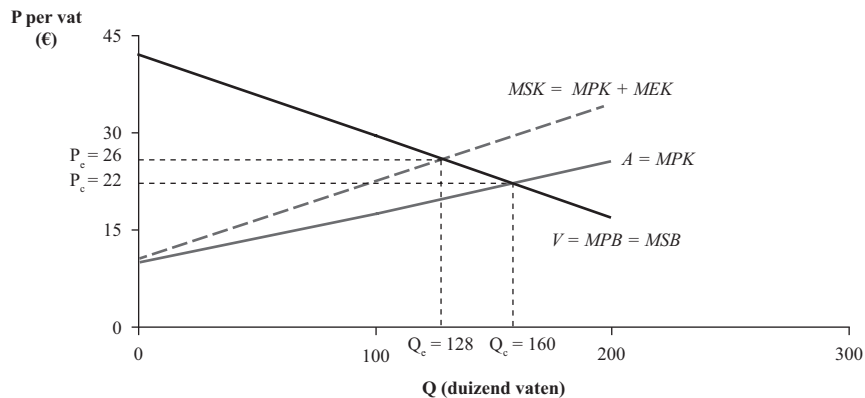
en 12 gaan we meer uitgebreid in op de waardering van milieubaten en milieukosten. In ons voorbeeld is de marginale externe kostenfunctie gelijk aan:

$$MEK = 0.05q$$

De marginale externe kosten van de waterverontreiniging stijgen dus met een constant tempo van 0.05 ten opzichte van de petroleumraffinage. Dit betekent dat de marginale externe kosten van vervuiling met 0.05 € per vat stijgen voor elke 1000 vaten geraffineerde olie extra.

De MMK zijn in het marktevenwicht groter dan de marktprijs en groter dan de MPB . Dus worden er te veel vaten geraffineerde petroleum geproduceerd:

$$MMK > p_e = MPB$$



Figuur 27 Concurrentieel versus efficiënt evenwicht

Het optimale productieniveau dat de maatschappelijke welvaart maximaliseert, wordt bepaald door (zie ook Figuur 27):

$$MPK + MEK = MMK = p_e = MPB = MMB$$

waarbij de marginale private baten gelijk zijn aan marginale maatschappelijke baten (MMB) omdat er in ons voorbeeld geen positieve externaliteiten zijn.

In dit punt is de geproduceerde hoeveelheid allocatief efficiënt. In het maatschappelijk optimaal evenwicht zijn de geproduceerde hoeveelheid en de marktprijs gelijk aan:

$$p_e = 26 \text{ € / vat}$$

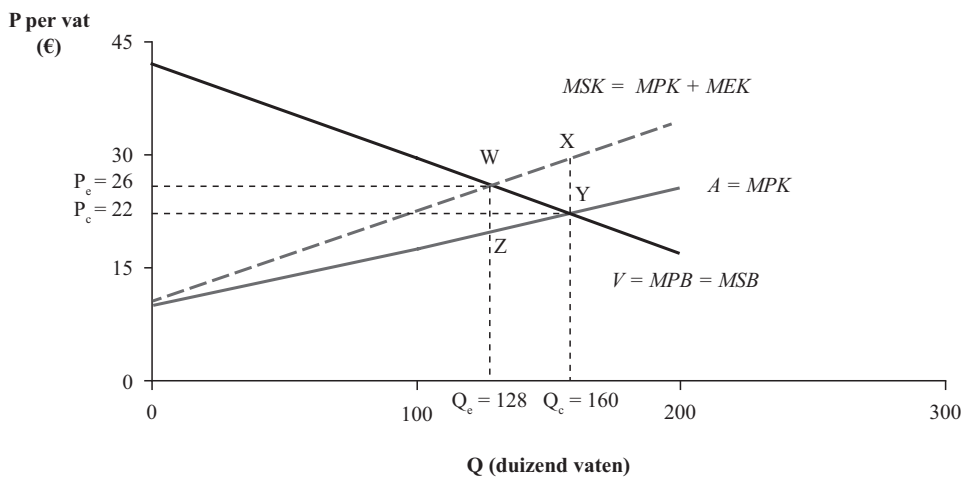
$$q_e = 128000 \text{ vaten}$$

We zien nu dat het concurrentieel evenwicht inderdaad aanleiding geeft tot overproductie van het verhandelde goed in aanwezigheid van externe kosten. De prijs die tot stand kwam, was te laag aangezien de externe kosten niet in rekening werden gebracht.

Om een efficiënte productie tot stand te brengen is het noodzakelijk om de productie van 160000 vaten te reduceren tot 128000 vaten. Deze daling in productie leidt tot een verlies in consumenten- en producentensurplus (driehoek WYZ). Tezelfdertijd wint de maatschappij door de daling van de milieuschade en deze baat wordt voorgesteld door het gebied $WXYZ$ (zie Figuur 28). De netto-opbrengst van het milieubeleid voor de samenleving is gelijk aan de driehoek WXY :

$$WXY = -WYZ + WXYZ$$

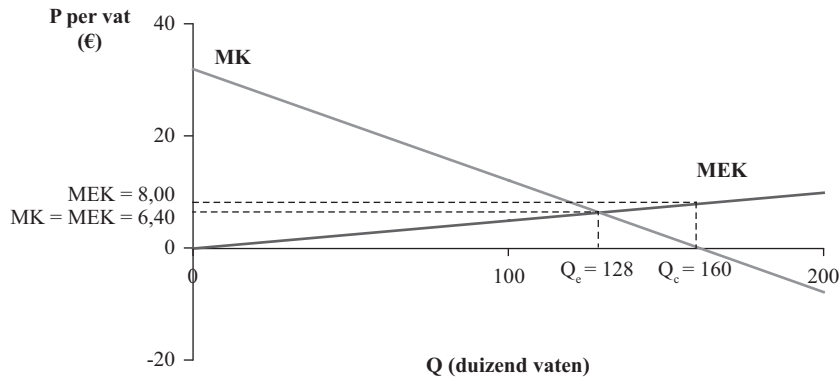
Rekening houden met externe effecten leidt dus tot winst voor de maatschappij als geheel.



Figuur 28 Opbrengst van het milieubeleid

We kunnen het probleem nog anders voorstellen door te kijken naar de marginale baten en de marginale kosten van emissiereductie (zie Figuur 29). De marginale kosten van het verminderen van de lozingen is gelijk aan de daling in consumenten- en producentensurplus terwijl de marginale baten gelijk zijn aan de vermeden marginale externe kosten van vervuiling. Omdat in dit voorbeeld de enige wijze om de emissies te reduceren bestaat in het verminderen van de geproduceerde hoeveelheid, is er een eenvoudige relatie tussen het marktevenwicht en de marginale kost van emissievermindering. De marginale kost van emissievermindering (MK curve in Figuur 29) is gelijk aan nul in het competitief evenwicht ($Q = 160$), maar stijgt wanneer de hoeveelheid vermindert omdat er een steeds groter verlies is aan consumenten- en producentensurplus. De MEK is ook een eenvoudige

functie van de geproduceerde hoeveelheid en dus wordt de optimale emissievermindering bereikt wanneer $MK = MEK$ (zie Figuur 29).



Figuur 29 Marginale kosten en baten van emissiereductie

De externekosten-benadering van het milieuprobleem houdt er rekening mee dat productie extra kosten genereert die door verbruiker niet worden gedragen. Dit betekent dat de optimale productie zonder externe kost gelijk is aan het punt waar:

$$MPK = MPB$$

De optimale productie in aanwezigheid van externe kosten zal lager zijn en voldoen aan de voorwaarde:

$$MPK + MEK = MSK = MPB = MSB$$

De externekosten-benadering verklaart dus waarom vervuiling in de realiteit een aanhoudend probleem is. Het is echter niet eenvoudig voor de overheid om gepaste oplossingen te vinden. Een belangrijk element dat aan de bron ligt van nagenoeg alle milieuproblemen is het gebrek aan eigendomsrechten. Eigendomsrechten zijn rechten op een goed die toelaten het goed te gebruiken en de eigendom ervan over te dragen via verkoop. We bespreken dit verder in het volgende deel.

3.4 Eigendomsrechten

Voor het voorbeeld van de watervervuiling door de raffinaderij is het feit dat niemand eigenaar is van de rivier een belangrijk aspect van het probleem. Doordat iedereen het rivierwater vrij kan gebruiken, is er voor het bedrijf geen enkele kost aan verbonden om

zijn afvalwater te lozen in het oppervlaktewater. Het probleem van overproductie van geraffineerde petroleum ($q_c > q_e$) en maatschappelijk excessieve milieuschade kan worden opgelost door het toekennen van eigendomsrechten. Deze oplossing wordt verder besproken in hoofdstuk 7. Hier gaan we kort op de intuïtie in.

Een eerste mogelijkheid is om het eigendomsrechten van het rivierwater aan de raffinaderij toe te kennen. De overheid voert geen milieubeleid en in eerste instantie produceert de raffinaderij haar privaat optimum q_c . De slachtoffers zullen de vervuiler echter betalen om haar afvalwater te behandelen en minder te lozen. De benadeelde partijen zullen de raffinaderij compenseren voor de kosten van afvalwaterzuivering totdat de productie van q_c naar q_e is gedaald en het maatschappelijk optimum is bereikt. In hoofdstuk 7 bespreken we de voorwaarden die moeten voldaan zijn om deze oplossing te krijgen. Er mag onder meer maar een beperkt aantal betrokken partijen zijn die gemakkelijk tot overeenstemming kunnen komen.

Een tweede mogelijkheid is om de eigendomsrechten van het water aan de bewoners toe te kennen. Als startpunt zal er dan geen watervervuiling zijn. De raffinaderij gaat de bewoners echter betalen om toch te mogen vervuilen. Het bedrijf is bereid om de veroorzaakte milieuschade te compenseren om zo de geproduceerde hoeveelheid van nul tot q_e op te trekken. Opnieuw wordt zo het efficiënte productieniveau bereikt.

Formeel kunnen het bovenstaande resultaat samenvatten in het *Coase-theorema* (zie ook hoofdstuk 7):

Indien er geen transactiekosten zijn en iedereen perfecte informatie over de schade en de kosten heeft, dan wordt een efficiënt pollutieniveau bereikt door onderhandeling; daarbij doet het er niet toe of slachtoffers of vervuilers het eigendomsrecht hebben.

Een belangrijke voorwaarde voor de geldigheid van dit theorema is de afwezigheid van transactiekosten. Transactiekosten zijn kosten om het systeem te doen draaien, de kosten voor het realiseren van coördinatie en motivatie. Voorbeelden hiervan zijn de kosten van het bereiken van een consensus binnen een groep over het gemeenschappelijke standpunt, van het onderhandelen tussen groepen, van het juridische advies en van het inwinnen van informatie. Wanneer er zeer weinig betrokken partijen zijn, is het mogelijk om te veronderstellen dat er geen transactiekosten zijn. Daarnaast wordt ook verondersteld dat de milieuschade en de reductiekosten meetbaar en kenbaar zijn (perfecte informatie).

Het Coase-theorema zegt dat onafhankelijk van de initiële verdeling van de eigendomsrechten, de efficiënte uitkomst wordt bereikt. Nochtans heeft elke betrokken partij natuurlijk liever zelf het eigendomsrecht aangezien ze dan compensatie ontvangen van de andere partij en zelf niets moeten betalen. De uitkomst van de onderhandelingen mag dan wel efficiënt zijn, maar ze is niet neutraal wanneer we naar de verdelingsaspecten kijken. De gratis uitgedeelde rechten hebben immers een monetaire waarde.

4. Milieuproblemen en publiek goederen

Eerst bekijken we wat publieke goederen precies zijn en daarna bespreken we hoe milieuproblemen kunnen worden benaderd vanuit dit perspectief.

4.1 Publieke goederen

Zoals vermeld in hoofdstuk 3 (zie Tabel 2) onderscheiden economen publieke goederen van private goederen door te kijken naar hun inherente karakteristieken. Een (zuiver) publiek goed is een goed waarvan niemand van consumptie kan worden uitgesloten (geen exclusiviteit) en dat voor meer dan één persoon tegelijk beschikbaar is (geen rivaliteit). Voorbeelden van publieke goederen zijn onder meer defensie, radio en luchtkwaliteit. Het andere extreem is een (puur) privaat goed dat wordt gekenmerkt door rivaliteit in en exclusiviteit van consumptie.

Bij de consumptie van publieke goederen is er dus *geen rivaliteit* tussen de consumenten. De baten verbonden aan de consumptie van het goed zijn niet deelbaar. Dit betekent dat het gebruik door één persoon niet belet dat een andere persoon gelijktijdig het goed consumeert. Denk bijvoorbeeld aan een televisie-uitzending van de finale van Roland Garros. De voordelen voor het bestaande publiek veranderen niet in het minst wanneer er een extra kijker bijkomt. Vergelijk dit resultaat met een privaat goed zoals een computer. Zodra er één persoon de pc gebruikt, voorkomt die consumptie het gelijktijdige gebruik door een andere persoon. Met een iets andere formulering kunnen we ook zeggen dat bij publieke goederen de marginale kosten om het goed aan een extra individu aan te bieden gelijk zijn aan nul. Wanneer het goed wordt aangeboden aan n individuen, kan het tegen dezelfde kostprijs worden aangeboden aan $(n+1)$ individuen.

Publieke goederen zijn ook *niet exclusief* aangezien het niet mogelijk is om bepaalde individuen uit te sluiten van de consumptie van het goed. Een voorbeeld van een niet-exclusief goed is een joggingpad. Het is immers zo goed als onmogelijk om het gebruik van het pad te beperken tot een exclusieve groep joggers. Bij een privaat goed, zoals hotelaccommodatie, is het gemakkelijk om de hoteldiensten exclusief aan de betalende gasten voor te behouden.

Het onderscheid tussen de twee bovenstaande begrippen kan als volgt worden gezien. Het gebrek aan rivaliteit in consumptie betekent dat rantsoenering van het goed niet wenselijk is, terwijl niet-uitsluitbaarheid betekent dat rantsoenering niet mogelijk is. Goederen kunnen een van deze kenmerken bezitten en toch niet het andere. Men spreekt dan van quasi-publieke goederen. De consumptie van tv-uitzendingen kent geen rivaliteit maar is wel uitsluitbaar (bijv. enkel voor kabelabonnees). Het joggingpad kan bepaalde joggers niet uitsluiten maar kent wel rivaliteit. Het teveel aan sporters op één pad leidt immers tot opstoppingen en dit beïnvloedt het plezier van alle aanwezige joggers.

Twee klassieke voorbeelden van zuivere publieke goederen zijn vuurtorens en landsverdediging. Een meer relevant voorbeeld vanuit ons standpunt is milieukwaliteit. De consumptie van de ozonlaag bijvoorbeeld is niet-exclusief en kent geen rivaliteit. Alle mensen ter wereld kunnen immers leven dankzij de ozonlaag.

De eigenschappen van publieke goederen zullen ervoor zorgen dat de markt niet werkt en dat er geen optimale voorziening van publieke goederen tot stand komt zonder overheidsinterventie. Aan de basis van de marktvaling ligt het *vrijbuitersprobleem* ('*free riders*'). Omdat economische agenten niet van consumptie kunnen worden uitgesloten, hebben ze de neiging om hun bereidheid tot betaling verkeerd voor te stellen. Elk individu veronderstelt immers dat ze ook zonder betalen van het goed kunnen profiteren. Deze vrijbuiters zeggen: 'Ik heb liever dat de andere betaalt want ik geniet toch mee'. Verder zal een individu ook zijn eigen behoeften overdrijven want de anderen betalen toch mee. Dit strategische gedrag zorgt ervoor dat er geen correcte revelatie van de individuele betalingsbereidheid is en dus ook niet van de totale betalingsbereidheid. Overheidsinterventie kan het probleem oplossen. De overheid kan door het politieke proces (via stemgedrag) de preferenties van de burgers proberen te bepalen. De overheid heeft ook dwangmacht en kan eventueel de vervuilers dwingen om hun emissies te verminderen. Een andere mogelijkheid is dat de overheid een daling van de emissies van de vervuilers koopt (bijv. via subsidies). Ten slotte kan de overheid ook beslissen om het publiek goed zelf direct aan te bieden.

In de volgende sectie werken we een voorbeeld uit waarbij we luchtkwaliteit als een publiek goed definiëren.

4.2 Voorbeeld: luchtkwaliteit

Om te tonen hoe de optimale graad van milieuvervuiling kan worden bepaald, werken we een fictief voorbeeld voor luchtvervuiling uit. Dit voorbeeld is gebaseerd op Callan en Thomas (2000, p.66-71). We definiëren het publieke goed als het percentage verbetering in luchtvervuiling door zwaveldioxide (SO_2).

Stel dat er slechts één vervuiler is: een raffinaderij. Dit bedrijf kan de vervuiling die het veroorzaakt verminderen tegen stijgende marginale kosten (zie Tabel 4). Deze marginale kostencurve definieert dan de kostprijs van vervuilingsreductie. We nemen ook aan dat er slechts twee slachtoffers zijn van de SO_2 -vervuiling. Zij hebben een bepaalde betalingsbereidheid om de emissies terug te dringen. Hun *MBB*-curve zal de behoefte (bij een privaat goed spreken we over de 'vraag') naar een vermindering in vervuiling bepalen. Als we de behoefte aan en de kostprijs van SO_2 -vermindering combineren, kunnen we het optimale vervuilingsniveau bepalen.

4.2.1 *Kostprijs*

We bekijken eerst de kostprijs van milieukwaliteitsverbetering. We beginnen met het vervuilingsniveau zonder dat het bedrijf enige inspanning doet om emissies te reduceren. Veronderstel nu dat het bedrijf gevraagd wordt om zijn emissies te verminderen. Er zijn meerdere mogelijkheden om de impact of de uitstoot van SO_2 te verminderen: het vervangen van bepaalde grondstoffen, het aanpassen van het productieproces, het bouwen van een hogere schoorsteen of het voorzien van een grotere bufferzone rond het bedrijf. Het bedrijf zal eerst de goedkoopste mogelijkheid om emissies te verminderen gebruiken voordat de duurdere opties worden overwogen. Het verminderen van de vervuiling zal het bedrijf dus steeds meer en meer kosten. Er zijn daarom stijgende marginale kosten om de emissies te reduceren. In ons voorbeeld is de MK -curve gelijk aan (zie Tabel 4):

$$MK = 4 + 0.75Q_a$$

waarbij Q_a gelijk is aan de hoeveelheid emissiereductie. De totale kost van een daling van SO_2 -emissies met $x\%$ is gelijk aan de oppervlakte onder de MK -curve van emissievermindering.

Tabel 4 Kostprijsgegevens van luchtkwaliteitsverbetering (% vermindering SO_2 -uitstoot /jaar)	
Q_a (% vermindering SO_2 -uitstoot)	$MK = 4 + 0.75 Q_a$ MK (miljoen €)
0	4.00
5	7.75
10	11.50
15	15.25
20	19.00
25	22.75
30	26.50

4.2.2 *Behoeft*

We bespreken nu de behoefte aan luchtkwaliteitsverbetering. De individuele betalingsbereidheid voor een verbetering in de luchtkwaliteit is gelijk aan de som van gezondheidseffecten, comfoteffecten, gebouwschade en esthetische effecten (zie ook Tabel 29 in hoofdstuk 10 voor meer details over de schade van SO_2 -vervuiling). De marginale betalingsbereidheid voor een daling in SO_2 voor de twee slachtoffers is gelijk aan (zie Tabel 5):

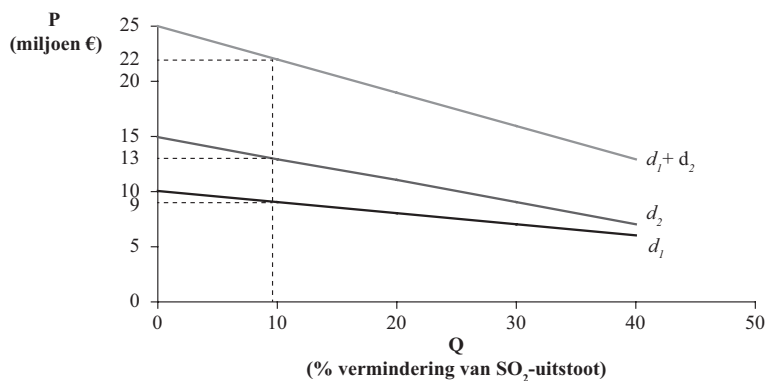
$$P_1 = 10 - 0.1Q_v$$

$$P_2 = 15 - 0.2Q_v$$

Tabel 5 MBB-gegevens voor luchtkwaliteitsverbetering (% vermindering SO ₂ -uitstoot /jaar)			
Q _v (% vermindering in SO ₂ uitstoot)	MBB ₁ (€) P ₁ = 10-0.1Q _v	MBB ₂ (€) P ₂ = 15-0.2Q _v	Gecombineerde vraag (€) P ₁ + P ₂ = 25-0.3Q _v
0	10.00	15.00	25.00
5	9.50	14.00	23.50
10	9.00	13.00	22.00
15	8.50	12.00	20.50
20	8.00	11.00	19.00
25	7.50	10.00	17.50
30	7.00	9.00	16.00

Om de totale behoefte naar een verbetering in luchtkwaliteit te bepalen, moeten we de som van de individuele *MBB* maken. De totale *MBB* is echter niet de 'horizontale' som over de individuele curven maar de 'verticale' som omdat milieukwaliteit voor iedereen identiek is. Milieukwaliteit is immers een publiek goed.

In het vorige hoofdstuk werd de marktpraak voor een privaat goed bepaald door de horizontale som van de individuele vraagfuncties. Het was alsof aan elk individu werd gevraagd 'Welke *hoeveelheid* van dit goed zou je consumeren voor elk van de volgende prijsniveaus?'. Deze vraagstelling is echter niet relevant voor de vraag naar milieukwaliteit aangezien eenmaal het goed wordt aangeboden, dezelfde hoeveelheid beschikbaar is voor alle consumenten. Het is nu essentieel om in te zien dat, ook al is de aangeboden hoeveelheid gelijk voor alle individuen, de marginale betalingsbereidheid dat niet is. De relevante vraag is nu 'Welke *prijs* ben je bereid te betalen voor elke van de volgende hoeveelheden?'. De totale behoefte wordt bepaald door elke individuele vraag verticaal te sommeren om de totale marginale betalingsbereidheid $\left(P = \sum_i p_i\right)$ te berekenen voor elke mogelijke aangeboden hoeveelheid Q , *ceteris paribus*.



Figuur 30 Behoeftte aan SO₂-vermindering

In Figuur 30 zien we bijvoorbeeld dat individu 1 negen miljoen euro wil betalen voor een 10% vermindering in SO_2 -uitstoot. Individu 2 wil dertien miljoen euro betalen voor eenzelfde daling in emissies. De totale betalingsbereidheid voor een 10% emissiereductie is dan $9 + 13 = 22$ miljoen euro. De totale marginale betalingsbereidheid voor een verbetering in luchtkwaliteit is per definitie gelijk aan de totale vermeden marginale milieuschade (uitgedrukt in monetaire termen).

4.2.3 Optimale milieukwaliteit

De totale marginale betalingsbereidheid en de marginale kostprijs voor een vermindering in luchtvervuiling zijn nu gekend (zie Tabel 6). Dat betekent dat het mogelijk is om de optimale luchtkwaliteit te bepalen. Net als in het vorige hoofdstuk, is de optimale hoeveelheid SO_2 -reductie het niveau waar de totale marginale betalingsbereidheid gelijk is aan de marginale kostprijs (zie Figuur 31) of waar

$$\sum_i MBB_i = MK$$

Tabel 6 Behoefte aan en kostprijs van daling in SO_2 -uitstoot		
Q (% vermindering SO_2 -uitstoot)	$\sum_i MBB_i = 25 - 0.3Q_v$ (miljoen €)	$MK = 4 + 0.75Q_a$ (miljoen €)
0	25.00	4.00
5	23.50	7.75
10	22.00	11.50
15	20.50	15.25
20	19.00	19.00
25	17.50	22.75
30	16.00	26.50

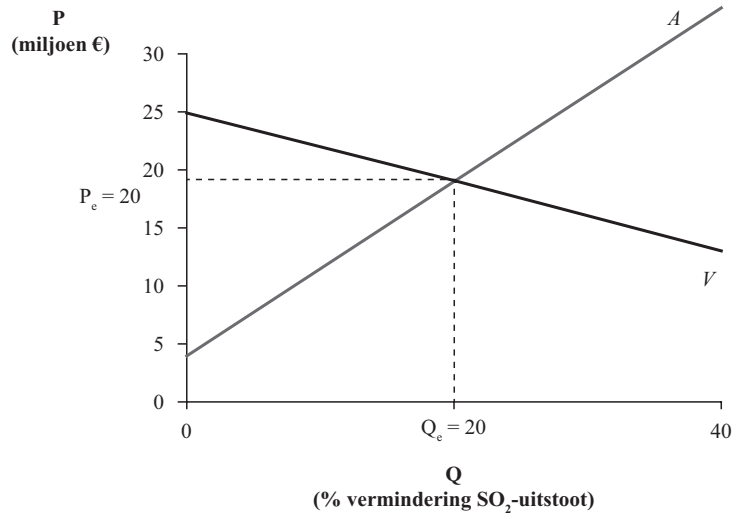
De optimale hoeveelheid vermindering van SO_2 -uitstoot is dus:

$$25 - 0.3Q^* = 4 + 0.75Q^*$$

$$1.05Q^* = 21$$

$$Q^* = 20$$

en de totale marginale betalingsbereidheid is $P^* = 4 + 0.75(20) = 19$ miljoen euro (zie ook Figuur 31 en Tabel 6).



Figuur 31 Behoeftte aan en kostprijs van luchtkwaliteit

Merk op dat er twee belangrijke grafische varianten bestaan om het probleem voor te stellen:

1. Op de X-as staat de luchtkwaliteit of beter nog de luchtkwaliteitsverbetering ten opzichte van een bepaalde referentie

Het voordeel daarvan is dat het gemakkelijk is om de baten te berekenen (oppervlakte onder de totale MBB-curve). Het is echter moeilijker om de kosten van een milieukwaliteitsverbetering uit te rekenen. De totale en marginale kosten zijn immers typisch uitgedrukt in functie van eenheden emissies. Verder is een vermindering van de uitstoot meestal niet gelijk aan een evenredige verbetering van de milieukwaliteit. Om de kosten te berekenen zal het nodig zijn om de MK van emissiereductie met behulp van een transferfunctie om te zetten van emissies naar milieukwaliteit.

2. Op de X-as staan emissies of beter nog de emissiereductie ten opzichte van een bepaalde referentie

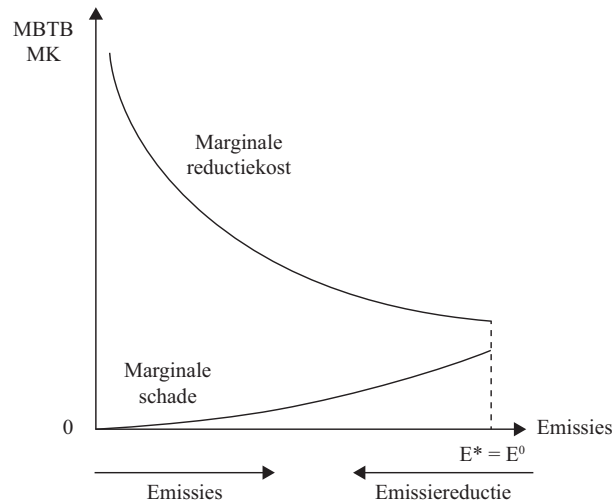
Bij deze variant is het gemakkelijk om de kosten voor te stellen aangezien die al uitgedrukt zijn in emissie-eenheden. De moeilijkheid is nu om de baten van emissiereductie te berekenen. Om de baten in functie van emissies te berekenen, zal het nodig zijn om de MBB voor een verbetering in milieukwaliteit om te zetten met een (inverse) transferfunctie van milieukwaliteit naar emissies.

Verder is het niet altijd zo dat de optimale milieukwaliteit bepaald wordt door het punt waar $\sum_i MBB_i = MK$. Het is immers ook mogelijk dat de optimale luchtkwaliteit inhoudt dat geen enkele verbetering de moeite is of dat nulvervuiling optimaal is.

In Figuur 32 wordt een situatie voorgesteld waarbij de marginale reductiekost steeds hoger is dan de marginale schade die door de emissies wordt veroorzaakt. De curves snijden niet voor een hoeveelheid emissies die kleiner is dan de baseline emissies (E^0). Dit betekent dat de optimale daling van de emissies gelijk is aan nul en dat het optimale emissieniveau (E^*) gelijk is aan de hoeveelheid emissies die initieel worden uitgestoten:

$$E^* = E^0$$

Het is voordelig voor de maatschappij om de vervuiling toe te laten als de aangerichte schade klein is en de reductiekosten groot zijn. Voorbeelden hiervan zijn de warmte-uitstoot van een lamp of onschadelijke stoffen (zoals papier of textiel) in kleine hoeveelheden.



Figuur 32 Optimale emissiereductie is nul

Het is ook mogelijk om een situatie te hebben waarbij het optimale niveau van vervuiling gelijk is aan nul ($E^* = 0$). Dit komt voor wanneer de marginale schade groter is dan de marginale reductiekost voor alle emissieniveaus. De welvaart zal dan het grootst zijn wanneer er geen emissies van de stof in kwestie worden uitgestoten. Dat zal het geval zijn als er veel schade wordt aangericht door de emissies en als de reductiekost laag is, zoals voor een heel erg giftige stof. Voorbeelden hiervan zijn het verbod op cfk's om de ozonlaag te beschermen en het verbod op het gebruik van asbest.

De optimale emissiehoeveelheid blijft niet constant over tijd. Als gevolg van technologische innovatie en veranderende voorkeuren kan de maatschappelijk optimale milieukwaliteit verschuiven.

5. Milieuproblemen en *common goods*

Eerst bekijken we wat publieke goederen precies zijn en daarna bespreken we hoe milieuproblemen kunnen worden benaderd vanuit dit perspectief.

5.1 Tragedie van de commons

Zoals vermeld in hoofdstuk 3 (Tabel 2) wordt een *common good*, soms ook een *common pool resource (CPR)* genoemd, gedefinieerd als een goed waarvan niemand van consumptie uitgesloten kan worden maar dat toch maar door één persoon tegelijk geconsumeerd kan worden. Er is dus geen exclusiviteit maar wel rivaliteit in consumptie. Denk bijvoorbeeld aan de visbestanden in de oceanen. Het is niet mogelijk om vissers uit de oceanen weg te houden, maar elke vis kan slechts eenmaal worden gevangen. Anders dan bij zuivere publieke goederen, zorgt deze rivaliteit in consumptie ervoor dat overmatig gebruik van *common goods* een veel voorkomend probleem is. Voorbeelden van dergelijk overmatig gebruik zijn overbevissing van commerciële vissoorten, ontbossing en overbegrazing van gemeenschappelijk grasland. De ecoloog Garrett Hardin (1968) noemde dit probleem '*the tragedy of the commons*' en Elinor Ostrom kreeg in 2009 de Nobelprijs economie voor haar werk over het beheer van de *commons*. Twee noodzakelijke voorwaarden voor het ontstaan van deze tragedie zijn het gemeenschappelijk gebruik van een goed of dienst en de vrije en ongelimiteerde toegang tot dit goed of dienst. De tragedie is het gevolg van productie- of gebruikshoeveelheden op korte termijn die te hoog zijn en investeringen in het behoud van de voorraad op lange termijn die te laag zijn. De gebruikers geven te veel aandacht aan het gebruik op korte termijn en te weinig aan het behoud op lange termijn. Door het gebrek aan exclusiviteit en aan duidelijke eigendomsrechten is er immers geen garantie dat de gebruikers op lange termijn de vruchten van hun inspanningen voor behoud zouden kunnen plukken. De gebruikers veroorzaken dus externe effecten voor elkaar en vertonen vrijbuitersgedrag. Er worden ook te veel arbeid en kapitaalgoederen gebruikt voor plundering en verdediging. Zo berekende Huppert (1991) voor de visserij in de Beringzee dat met acht moederschepen (d.i. groot vaartuig dat als 'thuisbasis' voor dochterboten fungeert) dezelfde hoeveelheid vis zou kunnen worden gevangen als met de 140 moederschepen die er op dat moment werden ingezet. Het welvaartsverlies door deze overinvestering in moederschepen werd op 124 miljoen dollar per jaar geschat.

5.2 Illustratie: Overbevissing

We bestuderen nu het probleem van overbevissing aan de hand van een eenvoudig bio-economisch model – het Schaefer-model – ontwikkeld in 1957. Visbestanden zijn een

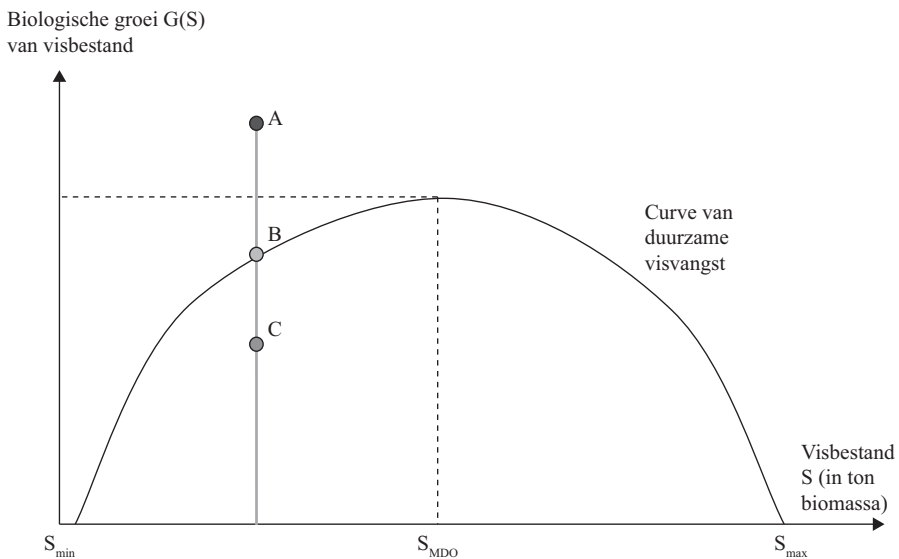
hernieuwbare natuurlijke hulpbron. In dit model wordt de visvangst van één beschikbare vissoort bekeken. De biologische groei G van de vispopulatie hangt af van de grootte van de populatie S maar ook van de draagkracht van het ecosysteem. Er zijn immers grenzen aan de groei van een vispopulatie door de hoeveelheid beschikbaar voedsel, de aanwezigheid van roofdieren en het voorkomen van allerlei ziektes. De gemiddelde evolutie van een vispopulatie kan op lange termijn voorgesteld worden door een logistische functie. Dit betekent dat de biologische groei $G(S)$ van het visbestand als volgt voorgesteld kan worden (zie Figuur 33):

$$G(S) = g \left[1 - \frac{S}{S_{max}} \right] [S - S_{min}]$$

waarbij S_{max} de grootse mogelijke populatie is die de draagkracht van het ecosysteem toelaat, S_{min} de minimale grootte van de populatie die nodig is om de soort te laten overleven en g de intrinsieke groeivoet die onder meer afhangt van de vissoort.

De uiteindelijke groei van het visbestand hangt niet enkel af van de biologische evolutie van de soort, maar ook van de hoeveelheid visvangst. Als de visvangst H gelijk is aan de biologische groei G (punt B in Figuur 33), dan blijft de populatie stabiel en is de uiteindelijke groei gelijk aan nul ($t = \text{tijd}$):

$$\frac{dS}{dt} = 0$$



Figuur 33 Relatie vispopulatie en groei

Wanneer $H > G$ (punt A in Figuur 33), dan zal het visbestand afnemen en eventueel zal de vissoort zelfs volledig verdwijnen in die regio. Wanneer $H < G$ (punt C in Figuur 33), dan zal het visbestand groeien tot een stabiel punt wordt bereikt waar $H = G$. De curve waar $H = G$ noemen we de curve van duurzame visvangst, aangezien in elk van de punten op deze curve het visbestand even groot blijft voor toekomstige generaties. Het punt waar de duurzame visvangst het grootste is noemen we de maximale duurzame opbrengst en de vispopulatie is daar gelijk aan S_{MDO} .

De hoeveelheid visvangst H hangt af van de inspanning E geleverd door de vissers, de grootte van het visbestand S en de vangstcoëfficiënt e van die bepaalde vissoort:

$$H = eES$$

We bekijken vanaf nu enkel nog duurzame visvangst en dus geldt de volgende gelijkheid (waarbij we veronderstellen dat $S_{MIN} = 0$):

$$H = G$$

$$eES = g \left[1 - \frac{S}{S_{max}} \right] S$$

$$E = \frac{g}{e} \left[1 - \frac{S}{S_{max}} \right]$$

Elk niveau van inspanning E komt dus overeen met precies één niveau van het visbestand S wanneer we in een stabiel evenwicht zitten.

De kosten K van visvangst zijn een lineaire functie van de inspanning E :

$$K = wE$$

waarbij w de opportuniteitskost per eenheid inspanning voorstelt. Dit kan bijvoorbeeld het uurloon zijn dat een visser in een andere job zou kunnen krijgen. De marginale kost van visvangst is dus een constante. De baten B van visvangst zijn gelijk aan:

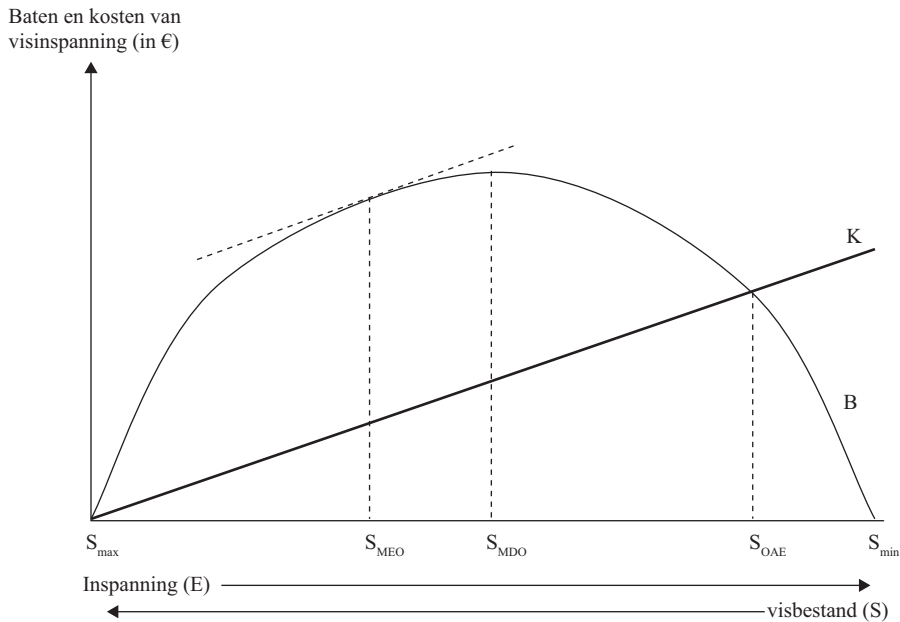
$$B = PH$$

waarbij P de prijs per kg vis voorstelt. Merk op dat we hier veronderstellen dat elke visser een prijsnemer is op de markt en dat de prijs van vis dus niet afhangt van de hoeveelheid vis die gevangen wordt.

De winst uit visvangst is gelijk aan het verschil tussen baten en kosten ($B - K$). Deze winst is maximaal in het punt S_{MEO} waarbij MEO staat voor maximale economische opbrengst

(zie Figuur 34). Deze economische logica leidt in evenwicht tot een groter visbestand dan het maximaliseren van de duurzame visvangst:

$$S_{MEO} > S_{MDO}$$



Figuur 34 Model van visinspanningen

Dit economisch optimaal punt wordt echter niet vanzelf gerealiseerd, door het gebrek aan exclusiviteit en de onduidelijk gedefinieerde eigendomsrechten. De positieve economisch winst trekt nieuwe vissers aan die hun graantje willen meepikken en deze toetreding stopt pas als de economische winst voor elke visser gelijk is aan nul ($B = K$). Dit punt noemen we het *open access*-evenwicht en wordt door S_{OAE} voorgesteld in Figuur 34. Op dit punt is sprake van overbevissing en dit kan een reden zijn voor de overheid om in te grijpen. Dit probleem verdwijnt vanzelf wanneer het visbestand door één eigenaar wordt beheerd zoals het geval is bij aquacultuur.

De overheid kan op drie punten ingrijpen: via regulering van de vissector, via het beheer van de visgronden en via het sturen van het consumentengedrag. De visquota ($TAC = total\ allowable\ catch$) die door de Europese Unie worden gebruikt, maar ook de verhandelbare visquota ($ITQ = individual\ transferable\ quota$) die bijvoorbeeld in Canada worden gebruikt, behoren tot de eerste categorie. Het inrichten van mariene natuurreservaten is een voorbeeld van de tweede groep maatregelen, terwijl het gebruik van ecolabels voor duurzame visvangst zoals het MSC-label (*Marine Stewardship Council*) tot de derde

groep behoren. Een belangrijke uitdaging bij het uitvoeren van een dergelijk visbeleid is de handhaving van de regelgeving (zie ook Hoofdstuk 9). Het is immers niet altijd duidelijk wie de bevoegde overheid is en controle van de volledige oceaan is onmogelijk.

6. Optimale milieukwaliteit en efficiëntie van de bestrijding van vervuiling

In dit onderdeel bespreken we de optimale milieukwaliteit. We kijken naar de efficiëntie van de verdeling van de inspanningen om de emissies te verminderen. De hoeveelheid emissiereductie (R) is gelijk aan het verschil tussen de hoeveelheid emissies zonder milieubeleid en het aantal emissies met een milieubeleid:

$$R = E^o - E$$

De parameter E^o stelt het '*Business-As-Usual*' of BAU-emissieniveau voor en is dus de hoeveelheid emissies die in de toekomst uitgestoten zouden worden als er geen milieubeleid werd opgelegd. Soms wordt hier ook naar gerefereerd als de *baseline* emissies. Het BAU-emissieniveau neemt de verwachte groei in productievolume en de verwachte technologische vooruitgang in rekening.

De feitelijke emissies (E) zijn de emissies na de genomen maatregelen om de uitstoot van vervuilende stoffen te verminderen. Deze daling in emissies is het gevolg van een bepaald milieubeleid.

6.1 Emissiereductiekosten en -baten

De vermindering in emissies gaat gepaard met kosten: de *emissiereductiekosten* (zie Hoofdstuk 12 voor meer informatie hierover). Deze kosten omvatten zowel hogere productiekosten bij eenzelfde productieniveau als het welvaartsverlies door het verminderen van de output. De kostenfuncties zullen altijd convex zijn omdat de marginale kost van emissiereductie een stijgende functie is van de hoeveelheid emissievermindering. De eerste eenheden emissies die vermeden worden zullen immers goedkoper zijn dan latere eenheden (als het bedrijf rationeel handelt).

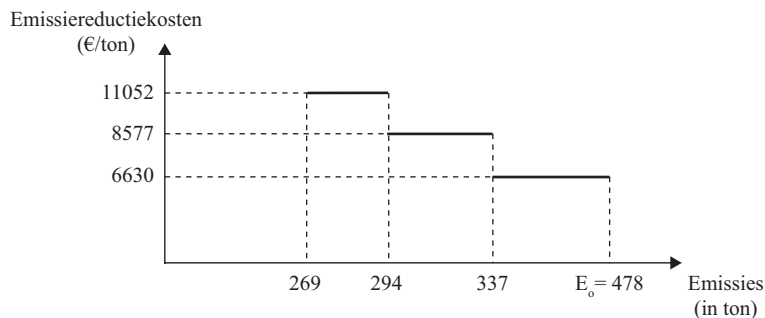
Please
Check:
Error!
Reference
source not
found.

In [<Error! Reference source not found.>](#) en Tabel 7 wordt een voorbeeld gegeven van een emissiereductiecurve van een Vlaams textielbedrijf om de lozing van BOD te verminderen. Deze curve stijgt naarmate er meer emissies worden vermeden. Het bedrijf zal immers eerst de goedkoopste optie kiezen om de eerste emissies te laten dalen en pas daarna in de duurdere mogelijkheden investeren. Een voorbeeld van een marginale reductiecurve in de praktijk wordt in Box 8 besproken.

Aan de daling in emissies zijn ook baten verbonden: de emissiereductiebatens (zie hoofdstukken 10 en 11 voor meer informatie hierover). De reductie in emissies leidt tot een vermindering in de concentratie van de vervuilende stof en dit heeft, onder meer, een impact op de volksgezondheid, de productiviteit van de landbouw en de kwaliteit van de ecosystemen. De baten van het inkrimpen van de emissies is gelijk aan de vermeden milieuschade. De batenfunctie is dikwijls concaaf omdat de marginale baat daalt met een extra hoeveelheid emissiereductie.

Technologie	Emissiereductie mg/l	Kosten €	Beginemissie mg/l	Eindemissie mg/l
Warmtewisselaar	141	6 630	478	337
Verfproces aanpassen	43	8 577		294
Bufferbekken	25	11 052		269

Bron: Enquête en eigen berekeningen (Rousseau)

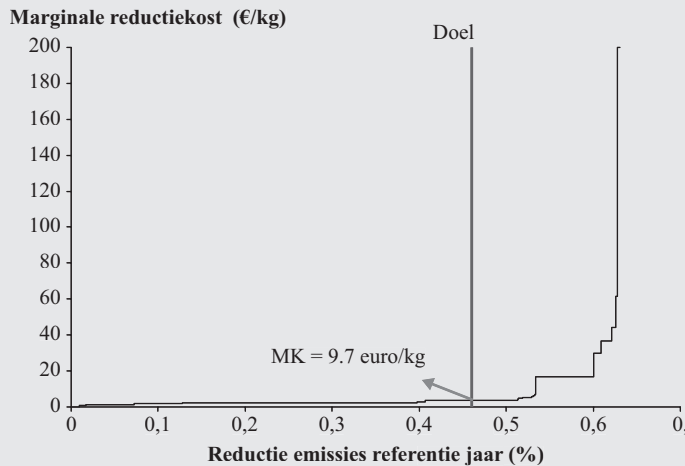


Figuur 35 Emissiereductiecurve

BOX 8 Illustratie marginale emissiereductiekosten

In de studie van Broeckx et al. (2007) wordt de marginale emissiereductiekostencurve geschat voor het verminderen van organische vervuiling in het Netebekken in het kader van de Europese kaderrichtlijn water (2015). Het milieukostenmodel (zie Box 26 in hoofdstuk 12) werd gebruikt om een kosteneffectieve combinatie van maatregelen te identificeren voor het reduceren van de Chemische Zuurstofvraag (CZV) en de lozing van nitraten (N_{tot}) en fosfaten (P_{tot}). De maatregelen omvatten acties door de bevolking zoals individuele zuiveringsstations, door de industrie zoals primaire, secundaire en tertiaire zuivering en ook door de landbouwsector zoals een verstrenging van bemestingsnormen en het aanleggen van bufferzones.

Een van de resultaten van deze studie was het opstellen van een marginale kostencurve voor het reduceren van CZV voor het volledige Netebekken (zie de figuur hieronder). Door het confronteren van de marginale kostencurve met de emissiedoelstellingen voor CZV kunnen we afleiden dat alle maatregelen die niet meer dan 9.7 euro per vermeden kg CZV kosten uitgevoerd moeten worden om het doel op een kostenefficiënte manier te halen. De volledige kost van dit maatregelenpakket wordt weergegeven door de oppervlakte onder de marginale kostencurve.



Bron: Broeckx et al. (VITO, 2007)

6.2 Optimale verdeling van de emissievermindering over meerdere vervuilers

Vervolgens onderzoeken we hoe de emissiereductie aan de laagste kost kan gebeuren wanneer er meer dan één vervuiler is. Dit probleem is analoog aan het bepalen van de optimale verdeling van productie over afdelingen of installaties (zie ook hoofdstuk 3).

De verdeling van de reductiedoelstelling over verschillende bronnen met verschillende kosten is niet evident. Het is immers niet efficiënt om elke bron dezelfde procentuele inspanning op te leggen. De totale kosten zullen dan niet minimaal zijn. Het begrip kostenefficiëntie kan nu gedefinieerd worden. Een verdeling van inspanningen (of productie) is *kostenefficiënt* wanneer het de laagste mogelijke totale kost over alle bedrijven met zich meebrengt. Meer uitleg over kostenefficiëntie is terug te vinden in hoofdstuk 6.

Aan de hand van een voorbeeld tonen we nu aan hoe de optimale verdeling van de inspanningen om CO₂-emissies te verminderen bereikt kan worden. We bekijken twee sectoren in België: chemie en transport. Elke sector emitteert 20 Mton CO₂ en samen geeft dat een

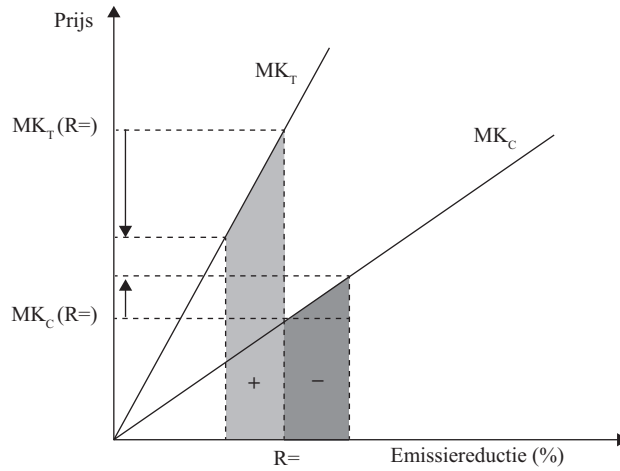
totale emissie van 40 Mton CO₂. Stel dat internationale verdragen België een reductie van 20 procent opleggen. Dat betekent dat de totale hoeveelheid CO₂-emissies met 8 Mton moet verminderen.

Tabel 8 Emissiereductiekosten van CO ₂				
Reductie	Totale reductiekost in		Marginale reductiekost in	
	Chemie	Transport	Chemie	Transport
1	1	4	1	4
2	4	16	3	12
3	9	36	5	20
4	16	64	7	28
5	25	100	9	36
6	36	144	11	44
7	49	196	13	52
8	54	256	15	60
<i>Mton</i>	<i>MEuro</i>	<i>MEuro</i>	<i>MEuro/Mton</i>	<i>MEuro/Mton</i>

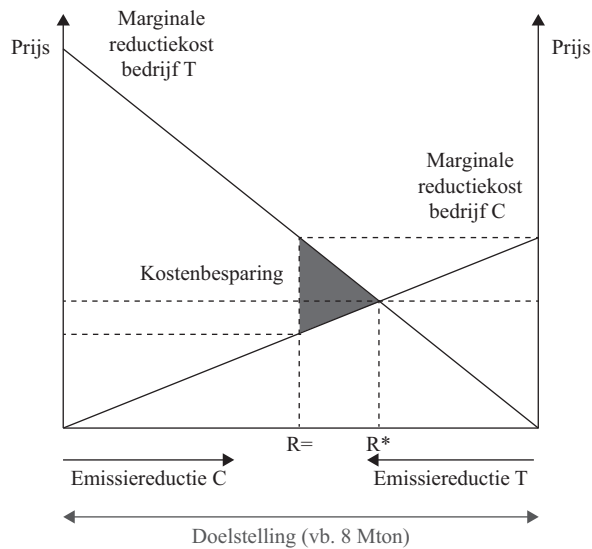
Zoals in Tabel 8 wordt getoond, is het goedkoper voor de chemiesector om één ton CO₂ te reduceren dan voor de transportsector. Indien de overheid een uniforme vermindering van emissies voor beide sectoren oplegt, dan moet elke sector vier Mton reduceren. De totale kost hiervan is dan 16 + 64 = 80 MEuro. Dezelfde emissievermindering kan echter ook worden bereikt aan een lagere totale kost. Dit is het geval als de chemiesector een grotere inspanning levert en 6 Mton reduceert aangezien de kosten in deze sector lager liggen. De transportsector moet dan maar 2 Mton emissies verminderen. De totale kost van dit beleid is dan nog maar 16 + 36 = 52 MEuro, of dus 28 MEuro minder dan bij een uniforme emissiereductie. De minimale totale kost van een bepaalde emissievermindering wordt bereikt voor die verdeling waarbij de kost van de laatste ton reductie (de marginale kost) gelijk is voor elke sector:

$$MK_{transport} = MK_{chemie}$$

Dit wordt ook geïllustreerd in Figuur 36 en Figuur 37 waarin de marginale kostenfunctie voor beide sectoren worden voorgesteld. In Figuur 36 kunnen we het verschil in kosten voor beide bedrijven bekijken tussen de uniforme en de optimale emissiereductie. Bij de overgang van de uniforme oplossing naar de optimale oplossing zal het chemiebedrijf meer kosten hebben omdat het meer emissies zal reduceren (gearceerd gebied) en het transportbedrijf zal minder kosten hebben omdat het minder emissies zal reduceren (grijs gebied). Op de figuur is duidelijk te zien dat de daling in kosten voor de transportsector ruimschoots de stijging in kosten voor de chemiesector dekt en dat de totale kosten voor beide sectoren samen dus zullen dalen.



Figuur 36 Emissiereductiekosten voor CO₂



Figuur 37 Emissiereductiekosten voor CO₂

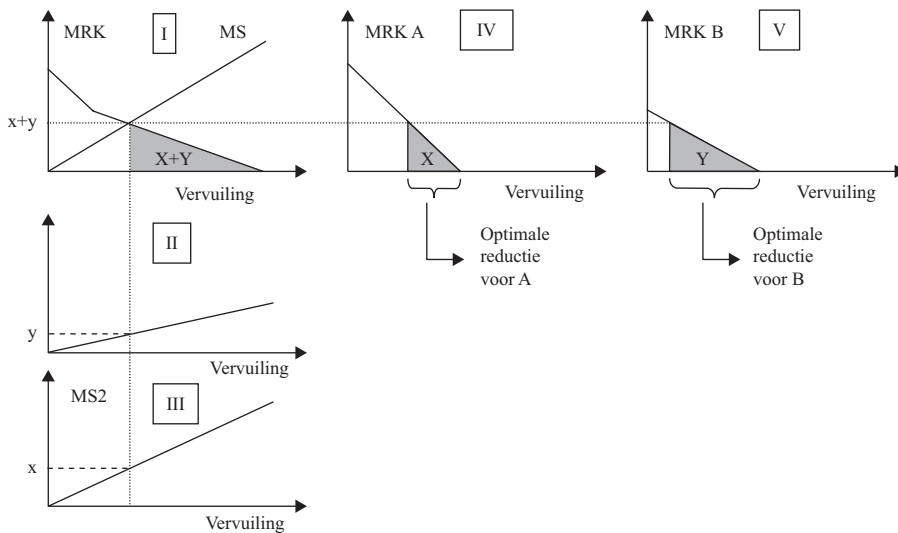
Figuur 37 stelt nogmaals hetzelfde probleem voor waarbij de lengte van de horizontale as de totale emissiereductie voorstelt die nodig is. De hoeveelheid emissiereductie gekozen voor sector C wordt op de X-as afgelezen van links naar rechts en de hoeveelheid van sector T van rechts naar links. De kostenbesparing die kan worden gerealiseerd door te kiezen voor de kostenefficiënte verdeling van de inspanningen (R^* in plaats van $R^=$) wordt door het gekleurde gebied voorgesteld.

7. Basismodel van de milieueconomie

In dit deel vatten we de belangrijkste inzichten van de vorige delen samen in het basismodel van de milieueconomie. We starten met een grafische voorstelling, bekijken dan de analytische voorstelling en sluiten af met een illustratie van het model voor luchtvervuiling.

7.1 Grafische voorstelling

In Figuur 38 wordt het basismodel van de milieueconomie voorgesteld. Er zijn twee vervuilers met elk een eigen marginale emissiereductiekostenfunctie. Deze MRK-curves dalen met de hoeveelheid geproduceerde vervuiling. Om de totale MRK-functie te bepalen is het nodig om de horizontale som te maken van de individuele marginale emissiereductiekostenfuncties. Voor eenzelfde prijs (bijvoorbeeld, een belasting) zal bedrijf A de emissies verminderen met hoeveelheid X (zie Figuur 38 – IV) en bedrijf B hoeveelheid Y (zie Figuur 38 – V). De totale hoeveelheid die wordt gereduceerd is dus $X+Y$ (zie Figuur 38 – I).



Figuur 38 Basisfiguur van de milieueconomie

Dit illustreert ook het begrip kostenefficiëntie aangezien de totale MRK-functie wordt opgesteld in de veronderstelling dat de emissiereducties op een kostenefficiënte manier gebeuren. Dit betekent de daling in uitstoot aan de laagste mogelijke totale kost gebeurt of dus op het punt waar de marginale emissiereductiekosten van beide vervuilers gelijk zijn:

$$MRK_A = MRK_B$$

De vervuiling kent twee slachtoffers met elk een verschillende individuele marginale schadefunctie (zie Figuur 38 – II/III). Deze MS-functies stijgen met de hoeveelheid vervuiling. De vermeden milieuschade is een baat voor de maatschappij. Deze individuele marginale schadefuncties moeten verticaal gesommeerd worden om tot de totale marginale schadefunctie te komen. De marginale schade van de emissies bij slachtoffer 1 is gelijk aan y en de marginale schade bij slachtoffer 2 is x . Dus de totale marginale schade van de hoeveelheid emissies is $x+y$.

In Figuur 38 – I kunnen we alles samenvatten aangezien zowel de MS als de MRK zijn bepaald. Dit laat ons toe om het allocatief efficiënt niveau van vervuiling te bepalen:

$$MRK = MS$$

De waarde die de maatschappij hecht aan een extra eenheid van het verhandelde goed is gelijk aan de waarde van de schaarse grondstoffen die de maatschappij moet opgeven om die extra eenheid te produceren.

7.2 Analytische voorstelling

We kunnen het basismodel van de milieueconomie ook gemakkelijk analytisch uitwerken.

We veronderstellen zoals in sectie 7.1 dat er slechts twee vervuilers zijn (A en B) en twee slachtoffers (1 en 2). Deze nemen telkens het gedrag van de anderen als gegeven. Deze assumptie laat ons toe met slechts vier agenten een economie met heel veel agenten voor te stellen. Initiële emissies zijn E_{0a} en E_{0b} . De vervuilers kunnen de vervuiling terugdringen met een hoeveelheid Z_a resp. Z_b aan een totale kost $K_a(Z_a)$ en $K_b(Z_b)$. Tot nu toe hebben we verondersteld dat een eenheid emissies steeds aanleiding gaf tot een eenheid vervuiling. Vanuit de verstoringsketen (zie hoofdstuk 1) weten we dat dit niet altijd het geval is en dat niet elke emissiebron leidt tot eenzelfde hoeveelheid vervuiling. Dit kan te maken hebben met de locatie (stroomopwaarts of niet) en/of tijdstip (geluid overdag of 's nachts) van de emissies. Om deze verschillen tussen emissiebronnen te integreren gebruiken we transfercoëfficiënten T_{ij} :

$$T_{ij} = \frac{\Delta p_i}{\Delta e_j}$$

Deze transfercoëfficiënt stelt de verhouding tussen de verandering in vervuiling in receptor i (slachtoffer i) en de verandering in emissies in bron j voor.

In ons model zijn er twee slachtoffers $I = 1,2$ met een totale schade $S_1(P)$ resp. $S_2(P)$. Het vervuilingsniveau is dan gedefinieerd als een gewogen functie van de emissies met de

transfercoëfficiënten als gewicht en waarbij we veronderstellen dat het uiteindelijk vervuilingsniveau gelijk is bij beide slachtoffers:

$$P = T_a [E_{0a} - Z_a] + T_b [E_{0b} - Z_b]$$

We kunnen de keuze van een optimale graad van vervuiling en de toewijzing van reductie-inspanningen eenvoudig formuleren als het minimaliseren van de totale milieuschade plus de totale kost om de milieuschade te beperken. Kies de hoeveelheden Z_a en Z_b waarmee de vervuilers hun emissies verminderen zodat:

$$\min_{Z_a, Z_b} \sum_{i=1,2} S_i(P) + K_a(Z_a) + K_b(Z_b)$$

met $P = T_a [E_{0a} - Z_a] + T_b [E_{0b} - Z_b]$

Dit geeft de volgende eerste ordevoorwaarden voor een interne oplossing:

$$\frac{\partial S_1}{\partial P} + \frac{\partial S_2}{\partial P} = \frac{\partial K_a}{\partial Z_a}$$

en

$$\frac{\partial S_1}{\partial P} + \frac{\partial S_2}{\partial P} = \frac{\partial K_b}{\partial Z_b}$$

Dit is gelijk aan: $MS_1 + MS_2 = \frac{MRK_a}{T_a}$ en $MS_1 + MS_2 = \frac{MRK_b}{T_b}$

We vinden hier de twee belangrijke eigenschappen terug:

- *het optimale vervuilingsniveau P^* wordt bereikt wanneer de marginale kost van emissiereductie gelijk is aan de totale marginale milieuschade – en dit geldt voor elke vervuiler.*
- *de vervuiling wordt gereduceerd aan de laagste kost wanneer de marginale reductiekost per eenheid emissie, gecorrigeerd voor de transfercoëfficiënt, gelijk is voor alle vervuilers.*

Voor de grafische voorstelling hierboven (Figuur 38) wordt dit probleem opgedeeld in drie stappen.

De *eerste stap* is het bepalen van een kosteneffectieve reductie van de uitstoot om een bepaald niveau P° te bereiken:

$$\min_{Z_a, Z_b} K_a(Z_a) + K_b(Z_b)$$

$$\text{met } T_a [E_{0a} - Z_a] + T_b [E_{0b} - Z_b] \leq P^o$$

Waarbij een interne oplossing moet voldoen aan:

$$\frac{\frac{\partial K_a}{\partial Z_a}}{T_a} = \frac{\frac{\partial K_b}{\partial Z_b}}{T_b}$$

Deze eerste stap laat toe om een nieuwe geaggregeerde kostenfunctie $K(P)$ te definiëren waar, bij constructie, de vervuilingsniveaus P worden bereikt aan de laagste totale kost. Indien dit systematisch niet zou kunnen, verkrijgt men een andere functie $C'(P)$ en dit zal dan uiteindelijk ook leiden tot hogere optimale vervuilingsniveaus.

De *tweede stap* is dan de constructie van een geaggregeerde schadefunctie $S(P)$ en dit is gemakkelijk:

$$S(P) = S_1(P) + S_2(P)$$

De *derde stap* is dan het bepalen van de optimale graad van vervuiling P :

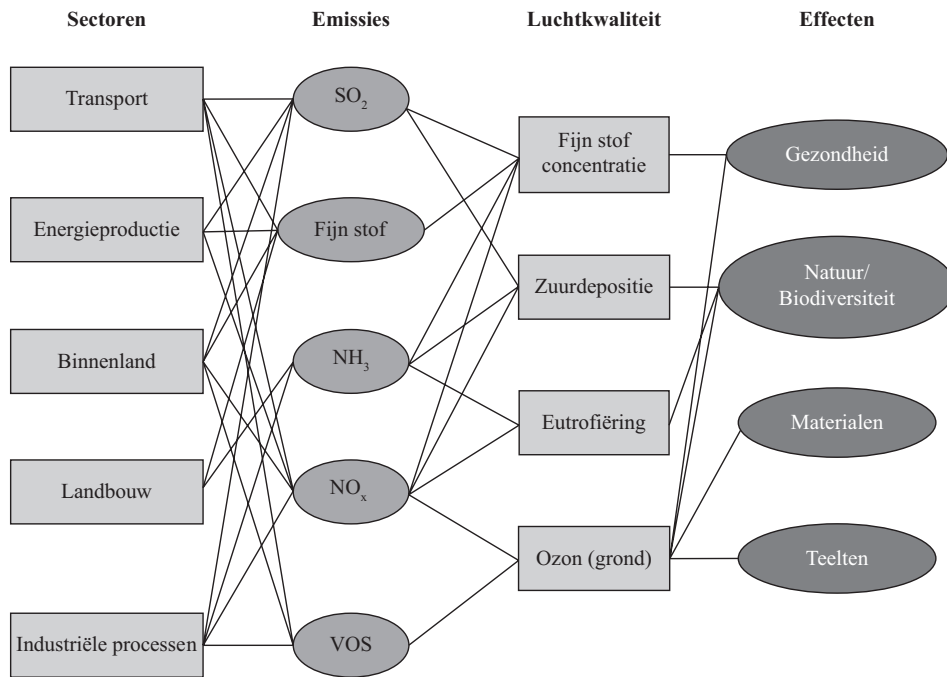
$$\min S(P) + K(P)$$

Een grafische illustratie zoals in sectie 7.1 is het gemakkelijkst indien de transfercoëfficiënten voor beide vervuilers identiek zijn. In de rest van het handboek veronderstellen we dat de transfercoëfficiënten gelijk zijn aan één tenzij we expliciet anders vermelden.

7.3 Een illustratie: het Clean Air For Europe (CAFE) actieprogramma

Luchtverontreiniging is een multi-polluent probleem waar veel verschillende vervuilers en slachtoffers bij betrokken zijn. Figuur 39 geeft een kort overzicht van de betrokken pollutanten en schadelijke effecten (CEC 2005).

We zien dat verschillende sectoren bijdragen tot de emissie van een primaire pollutant (bijv. SO_2 en methaan). Deze emissies zorgen na fysische transformatie (stijging binnen een luchtkolom en verplaatsing door wind) en scheikundige transformatie (bijv. vorming van zuren of ozon) voor verschillende vormen van luchtverontreiniging. Deze luchtverontreiniging kan dan schadelijke effecten hebben op de volksgezondheid, op biodiversiteit of op landbouwopbrengsten. Een effectief luchtverontreinigingsbeleid ontwikkelen is dan ook een complexe oefening waarbij nagegaan moet worden welke emissies van primaire pollutanten bijdragen tot welk probleem, wanneer en waar.



Figuur 39 Luchtkwaliteit (CEC, 2005)

We bekijken nu een vereenvoudigde formele voorstelling waarbij we hoekoplossingen, lokale optima en de tijd dat de pollutanten actief zijn buiten beschouwing laten. We hebben hiervoor de volgende notatie nodig:

- i = plaats waar concentratie schade veroorzaakt,
- j = plaats van emissie,
- v = soort van primaire pollutent,
- w = soort van secundaire pollutent,
- h = sector verantwoordelijk voor emissie, en
- s = soort van schade.

Verder hebben we de emissies E_{jvh} , de concentraties C_{js} en de totale kosten K_{ivh} voor de vermindering van emissies in sector h die aanleiding geven tot totale milieuschade S_{iws} van schadesoort s door secundaire pollutent w in zone i . Daarnaast maken we nog gebruik van de transfercoëfficiënten T_{ijh}^{wvs} die aangeven hoeveel ton van primaire pollutent v , uitgestoten door sector h , in zone j (van belang omwille van hoogte van de schouw) terechtkomt als secundaire pollutent w in zone i en bijdraagt tot schadesoort s . De concentratie van secundaire pollutent w in zone i is dan gelijk aan:

$$C_{iw} = \sum_{j,v,s} T_{ijh}^{wvs} E_{jvh}$$

De optimale vermindering van pollutie wordt dan gegeven door de marginale baat van een vermindering van de emissie van elke pollutant gelijk te stellen aan de marginale kost van deze vermindering:

$$\frac{\partial K_{jvh}}{\partial E_{jvh}} = \sum_{i,w,s} T_{ijh}^{wvs} \frac{\partial S_{iws}}{\partial C_{iw}}$$

Deze formulering toont aan dat de verdeling van milieu-inspanningen over sectoren en over landen een complexe oefening wordt. Deze is voor Europa volledig gedocumenteerd in CEC (2005).

8. Samenvatting

- Er zijn drie economische benaderingen van het milieuprobleem: het modelleren van milieukwaliteit als een publiek goed, het modelleren van milieuschade als een externe kost, het modelleren van milieugoederen als *common goods*. De drie benaderingen geven dezelfde resultaten, maar naargelang de probleemstelling is de ene benadering eleganter dan de andere.
- Een zuiver publiek goed kent geen rivaliteit in consumptie en kan niemand uitsluiten van consumptie.
- Een *common good* kent rivaliteit in consumptie maar kan niemand uitsluiten van consumptie.
- De totale marginale betalingsbereidheid voor een publiek goed wordt gevonden door de individuele marginale BB verticaal te sommeren.
- Een externaliteit of extern effect is een kost of baat verbonden aan de consumptie of productie van het verhandelde goed voor een derde partij. We spreken van een positieve externaliteit wanneer het een baat is en van negatieve externaliteit wanneer het een kost is.
- In aanwezigheid van een negatieve (positieve) externaliteit leidt het competitief evenwicht tot een overproductie (onderproductie) van het goed.
- Allocatieve efficiëntie: “optimaal” vervuilingsniveau bepalen via het afwegen van emissiereductiekosten en vermeden milieuschade:

$$MK = MB$$

- Kostenefficiëntie: verdeling inspanningen over bronnen houdt rekening met kostenverschillen (voor niet-hoekoplossing en zelfde transferfunctie):

$$MK_a = MK_b = \dots$$

- Het Coase-theorema stelt dat, onder bepaalde omstandigheden, het toewijzen van eigendomsrechten zal leiden tot onderhandelingen tussen de betrokken partijen zodanig dat de allocatief efficiënte uitkomst wordt bereikt.

9. Oefeningen

1. Gebruik economische argumenten om de volgende uitspraak te evalueren ‘Het enige aanvaardbare niveau van vervuiling is totaal geen vervuiling’.
2. Neem een vervuilingsprobleem van oppervlaktewater. Zolang de BOD-vervuiling onder de absorptiecapaciteit blijft van de rivier is er geen milieuschade. Stel dit grafisch en analytisch voor.
3. Geluidshinder in de nabijheid van cafés en drinkgelegenheden is een wijdverspreid probleem. Leg in milieueconomische termen uit wat de onderliggende reden is van dit probleem.
4. In de verpakkingsafdeling van Panda BV worden jaarlijks miljoenen aubergines gereed gemaakt voor transport. Dit proces is voor een belangrijk deel geautomatiseerd met transportsystemen en verpakkingsmachines die stuk voor stuk geluid produceren.
Stel dit probleem grafisch voor als
 - a) een niet-optimaal niveau van een publiek goed
 - b) een marktfaling op de markt van aubergines
5. Zijn de volgende twee uitspraken juist of fout? Motiveer je antwoord
 - “De maximaal duurzame vangst (S_{MDO}) is het economisch efficiënt niveau van visvangst.”
 - “Het economisch efficiënt niveau van duurzame visvangst leidt tot een groter visbestand dan het maximaal duurzame niveau van visvangst.”
- 6.* In deel 5.2 werd een eenvoudig bio-economisch model van visvangst voorgesteld. Duidt nu de punten S_{MDO} , S_{MEO} en S_{OAE} aan op een grafiek met de marginale en gemiddelde kost en de marginale en gemiddelde opbrengst van visinspanning in plaats van een grafiek met de totale kosten en baten (zie Figuur 34).

10. Aanvullende literatuur

- Akerlof, G.A. (1970). The market for “lemons”: Quality uncertainty and the market mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*, 84(3), 488-500.
- Broekx, S., Beheydt, D., Meynaert, E. & Vercaemst, P. (2007). Het opstellen van kosteneffectieve maatregelenprogramma’s met behulp van het milieukostenmodel. *Congres watersysteemkennis 2006-2007*.
- Callan, S.J. & Thomas, J.M. (2000). *Environmental Economics and Management. Theory, Policy, and Applications*. Harcourt.

- CEC (2005). Clean Air For Europe – Impact assessment of the communication on Thematic Strategy on Air Pollution, Com (2005) 446 final report. <http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/general/keydocs.htm#integrated>
- Delhay E., De Ceuster G., Vanhove F., & Maerivoet S. (2017). *Internalisering van externe kosten van transport in Vlaanderen: actualisering 2016*. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, door Transport & Mobility Leuven.
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*, 162(3859), 1243-1248.
- Huppert, D.D. (1991). Managing the groundfish fisheries of Alaska – History and prospects. *Reviews in Aquatic Sciences*, 4(4), 339-373.
- Field, B.C. & Field, M.K. (2002). *Environmental Economics. An Introduction*. McGraw-Hill, Boston (Mass.).
- Tietenberg, T. & Lewis, L. (2009). *Common-pool resources: Fisheries and other commercially valuable species*. Chapter 14. In: Environmental & natural resource economics. Pearson.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Schaefer, M.B. (1957). Some considerations of population dynamics and economics in relation to the management of the commercial marine fisheries. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 14(5), 669-681.