Steunpunt beleidsrelevant onderzoek 3de generatie

Duurzaam Materialenbeheer

Studienamiddag Steunpunt SuMMa

Wanneer is de voorraad van een grondstof uitgeput? Een modelmatige benadering

23 maart 2016

KU LEUVEN | Universiteit Antwerpen | UNIVERSITEIT GENT | universiteit hasselt | vito vision on technology

Inhoud van deze sessie

- Hoe denken milieu economen over eindige grondstofvoorraden?
  Prof. J. Eyckmans (KU Leuven)
- Toepassingen van grondstoffenmodellen in het Steunpunt Duurzaam Materialen Beheer
  drs R. Hoogmartens (UHasselt)
- Voorspelling toekomstige afvalstromen
  Prof. K. Van Acker (KU Leuven)
- Vragen en discussie

Steunpunt beleidsrelevant onderzoek 3de generatie

Duurzaam Materialenbeheer

Prof. Johan Eyckmans (KU Leuven)

Hoe denken milieu economen over eindige grondstofvoorraden?

23 maart 2016

KU LEUVEN Universiteit Antwerpen UNIVERSITEIT GENT universiteit hasselt vito vision on technology

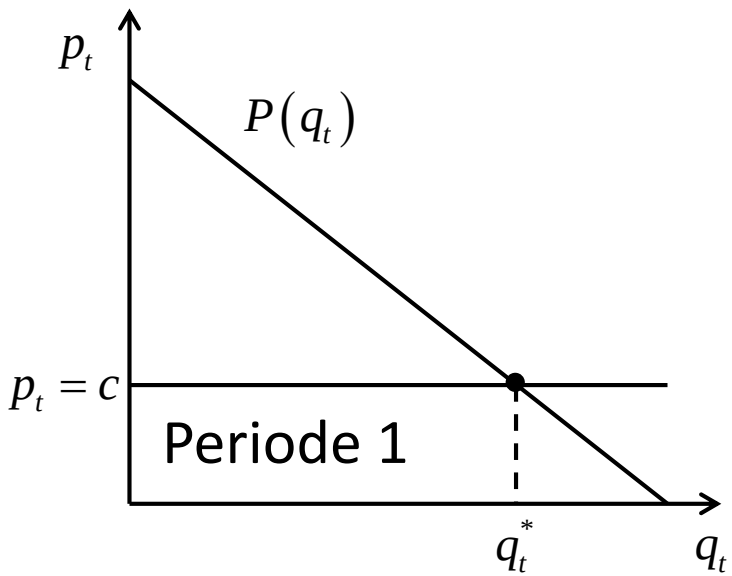
Niet hernieuwbare grondstoffen

- Grondstoffen die niet op natuurlijke wijze regenereren
  - Voorbeelden: olie, gas, steenkool, mineralen, …
  - Anders dan visbestanden, bossen, zonne-energie, …

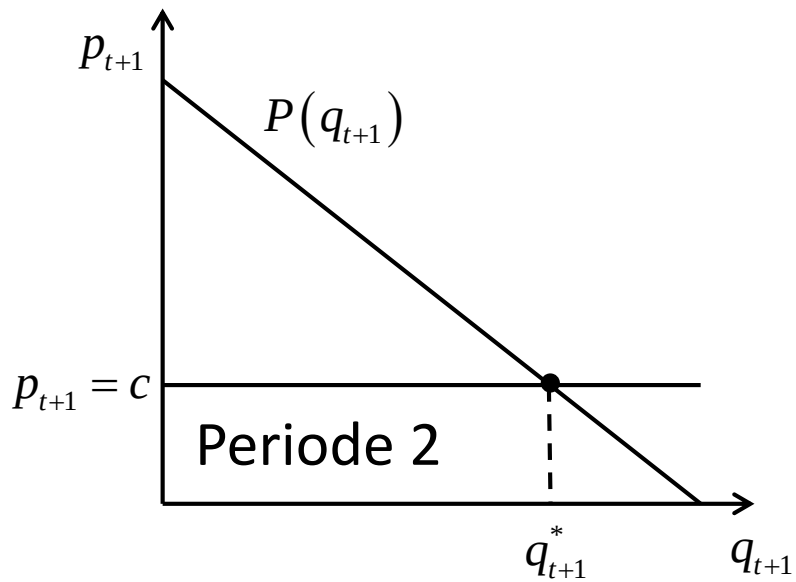
- Standaard economische analyse (Hoteling 1931):
  - Vele eigenaars van voorraden, vrije en competitieve grondstoffenmarkt
  - Elke eigenaar kan kiezen tussen:
    - DIT JAAR ontginnen en verkopen, OF
    - VOLGEND JAAR pas ontginnen en verkopen.
  - Welk productieritme zal gekozen worden door mijneigenaren en is dat het maatschappelijk wenselijke?

Onbeperkt aanbod

- Simpel voorbeeld met twee periodes
- Dalende vraagfunctie MBB: $P(q_t)$
- Genoeg aanbod om volledige vraag te dekken.
- Marktevenwicht = maatschappelijk gewenste situatie



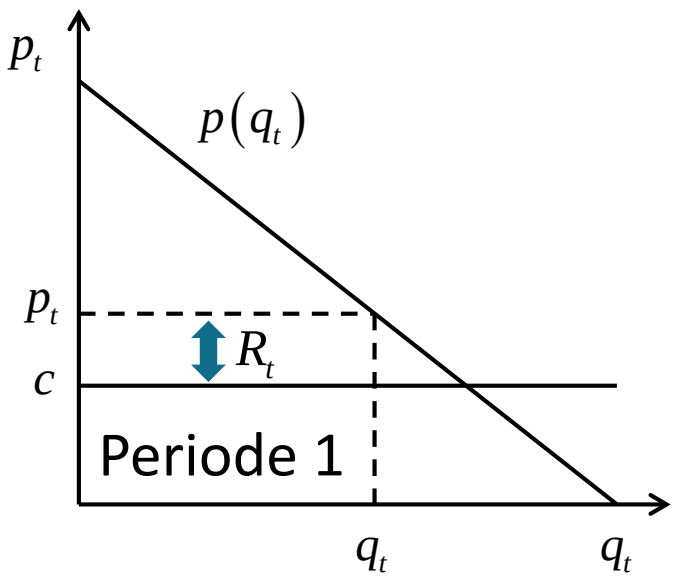
$R_t = p_t - c = 0$

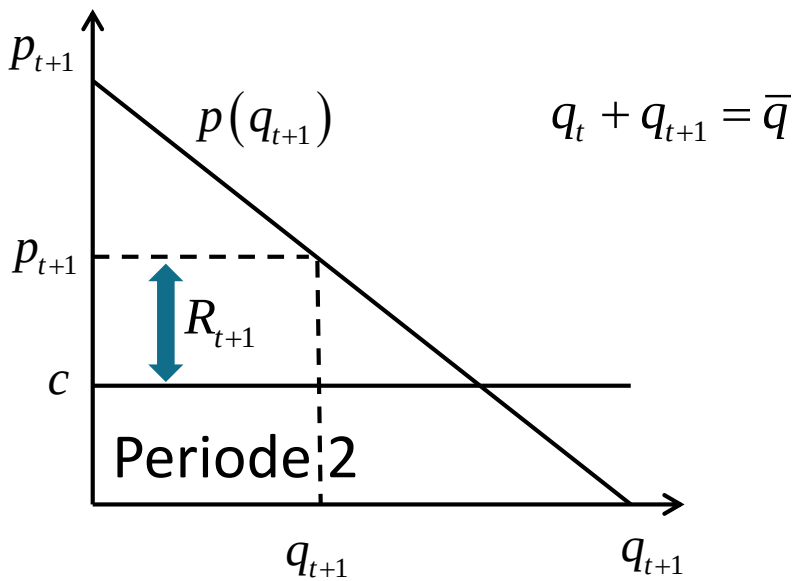


$R_{t+1} = p_{t+1} - c = 0$

Als het aanbod schaars is

- Dan is er rantsoenering nodig
- Is het <u>maatschappelijk gewenst</u> dat de gebruikerskost of rente (prijs min marginale productiekost) positief is en toeneemt (groeivoet = interestvoet).
- De gebruikerskost moet schaarste weerspiegelen.





Als het aanbod schaars is

- Technisch: hoe schaars goed verdelen over 2 periodes?
- Maximeer som verdisconteerde welvaart,
  - welvaart = nut consumenten min productiekosten $U(q_t) = \int_0^{q_t} P(x)dx$

$$\max_{q_t, q_{t+1}} \quad W = W_1 + \frac{W_2}{1+i} = \left[U(q_t) - cq_t\right] + \frac{\left[U(q_{t+1}) - cq_{t+1}\right]}{1+i} \quad \text{s.t.} \quad q_t + q_{t+1} \le \bar{q}$$

$$\Rightarrow \quad U'\left(q_t^*\right) - c = \lambda^* = \frac{U'\left(q_{t+1}^*\right) - c}{1+i}$$

$$\Rightarrow \quad P\left(q_t^*\right) - c = \frac{P\left(q_{t+1}^*\right) - c}{1+i}$$

$$\Rightarrow \quad i = \frac{\left[P\left(q_{t+1}^*\right) - c\right] - \left[P\left(q_t^*\right) - c\right]}{P\left(q_t^*\right) - c} \quad \Rightarrow \quad i = \frac{\Delta R_t^*}{R_t^*}$$

Vrije markt uitkomst?

- Zal vrije competitieve markt leiden tot de maatschappelijk gewenste situatie?
  - Keuzeprobleem individuele mijneigenaar:

$$\text{if} \quad p_t - c \geq \frac{p_{t+1} - c}{1+i} \quad \Rightarrow \quad q_t \uparrow \quad \text{and} \quad q_{t+1} \downarrow$$

$$\text{if} \quad p_t - c < \frac{p_{t+1} - c}{1+i} \quad \Rightarrow \quad q_t \downarrow \quad \text{and} \quad q_{t+1} \uparrow$$

  - In marktevenwicht (vraag = aanbod) geldt daarom:

$$P\left(q_t^*\right) - c = \frac{P\left(q_{t+1}^*\right) - c}{1+i} \quad \Rightarrow \quad i = \frac{\Delta R_t^*}{R_t^*}$$

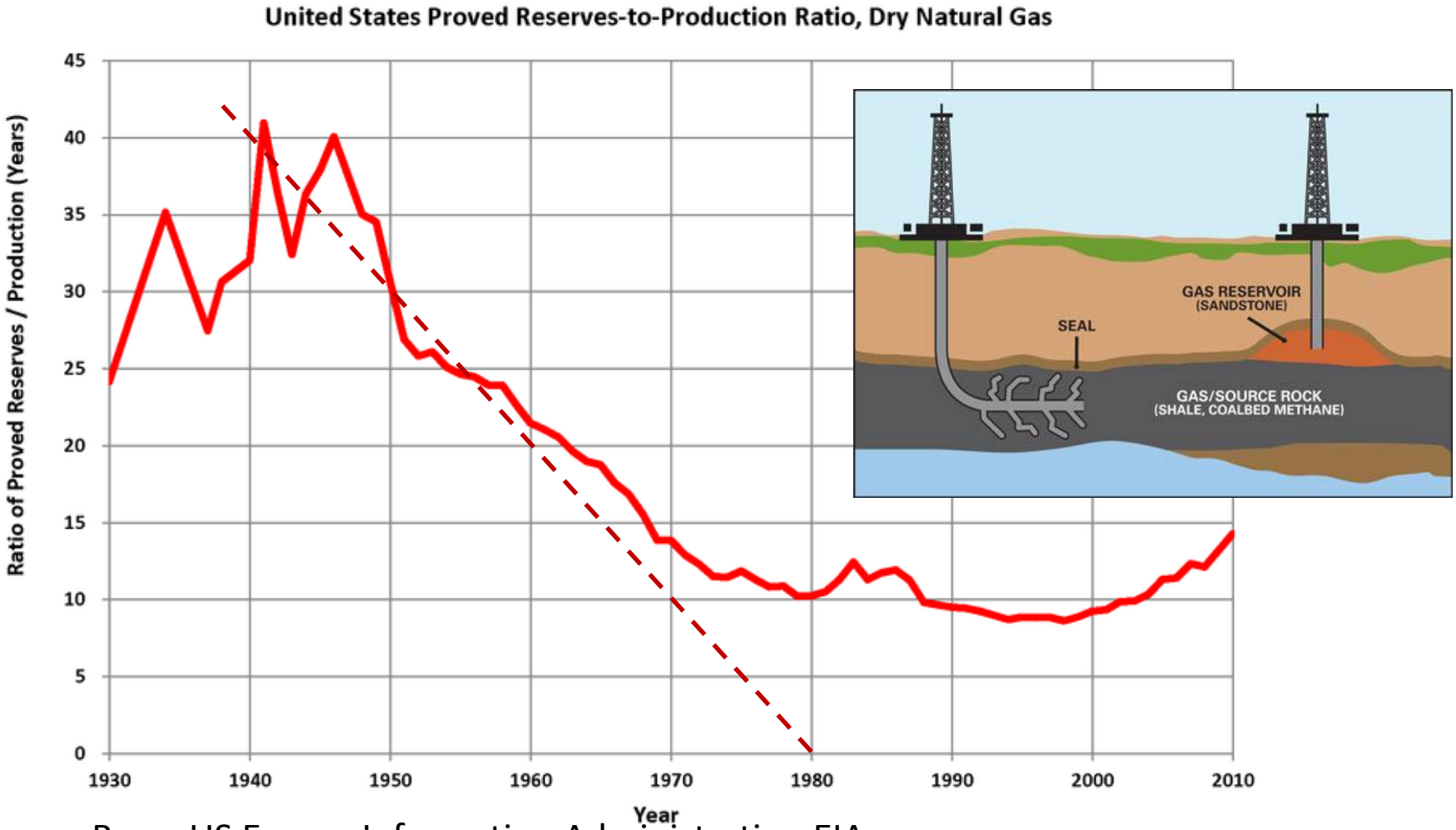
Ontginnen private bedrijven te snel?

- Ja, winstmaximerende bedrijven / eigenaars ontginnen niet-hernieuwbare grondstof sneller dan gewenst.
- Want private discontovoet is meestal hoger dan maatschappelijke discontovoet.
- Private sector:
  - pay back 5 jaar ⇒ IRR = +/- 20%
- Publieke sector:
  - Discontovoet 3 à 5% in maatschappelijke kosten baten analyse
- Reflectie van ongeduld (tijdvoorkeur) en risico premie

Complicatie 1: variabele reserves

- “Economisch” ontginbare reserves zijn variabel:
  - Kostprijsverschillen tussen heterogene reserves
  - Hoge prijzen geven prikkel om:
    - Meer prospectie en exploratie te doen
    - Nieuwe en duurdere technieken te gebruiken
    - Meer R&D
  - Bvb: Noordzee olie in 80’er jaren
  - Economische reserves nemen soms toe doorheen de tijd, ondanks hoog productieritme!
  - “Proved Reserves-to-Production” (R/P) ratios blijven constant of nemen toe doorheen tijd…

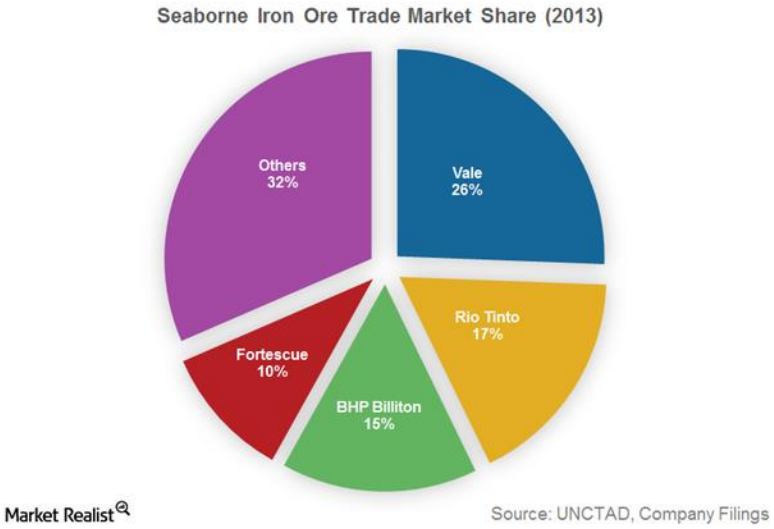
Schaliegas revolutie



Bron: US Energy Information Administration EIA

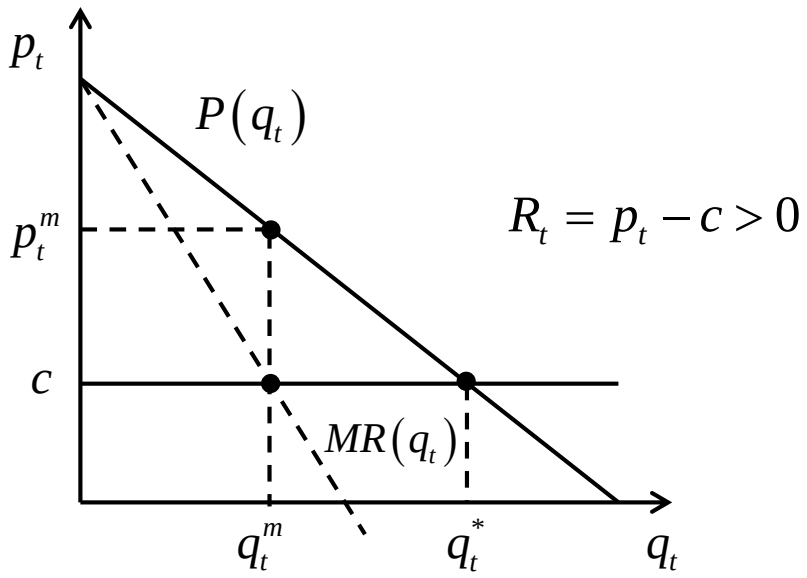
Complicatie 2: marktmacht

- Mijnbouwindustrie:
  - Hoge vaste kosten en schoolvoordelen
- Vaak maar een handvol grote producenten (oligopolie)
  - Olie (OPEC)
  - mijnbouw (BHP Billiton, Rio Tinto, Vale, …)



Complicatie 2: marktmacht

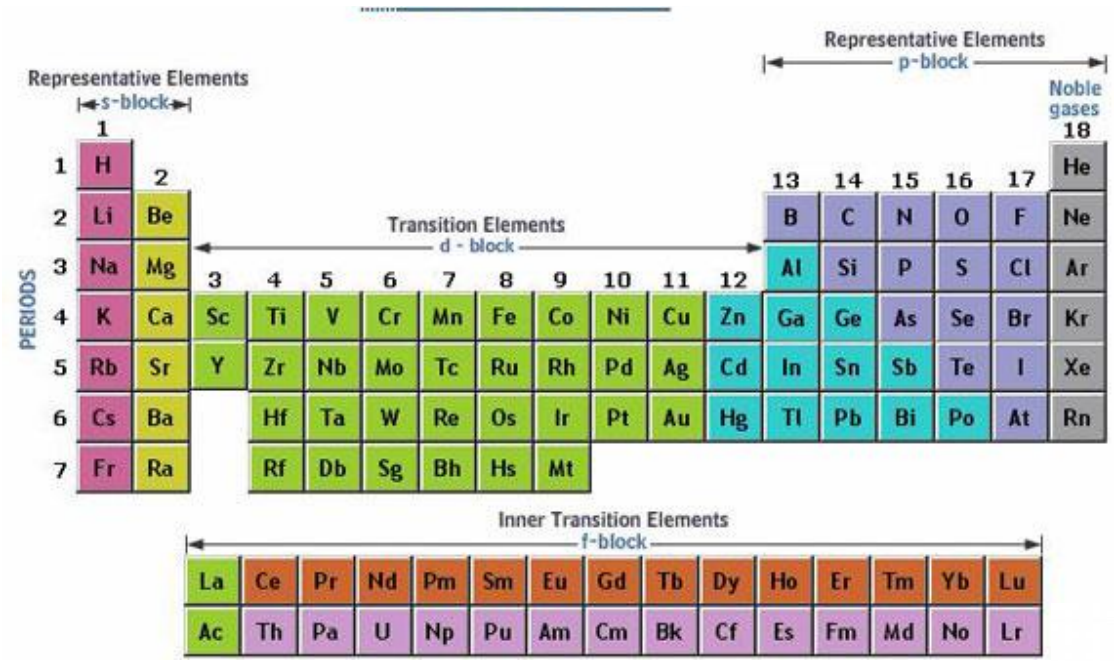
- Monopolist kan marktprijs beïnvloeden
  - Beperkt productie om prijs en winst op te drijven.
  - Vraagt een prijs hoger dan marginale productiekost, los van schaarste overwegingen



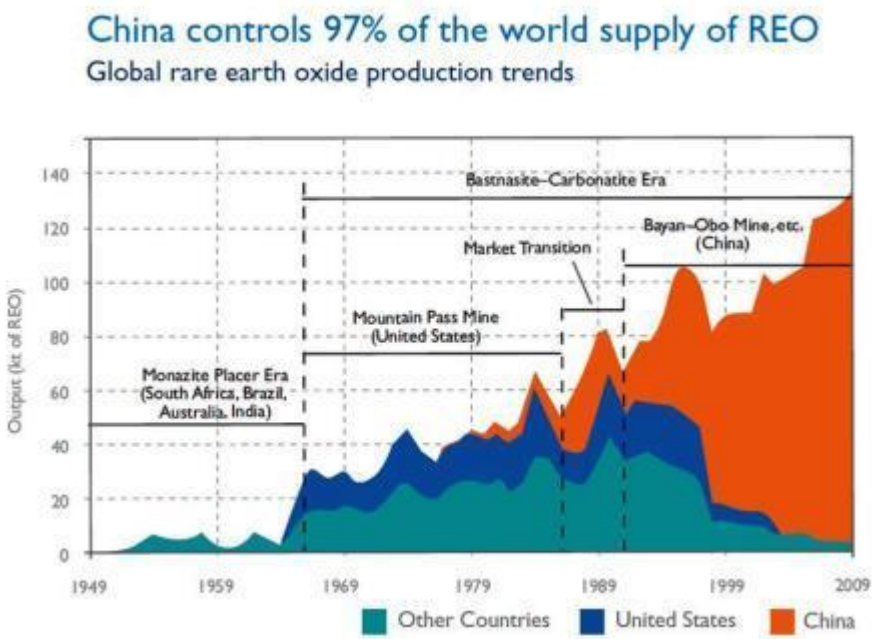
Complicatie 2: marktmacht

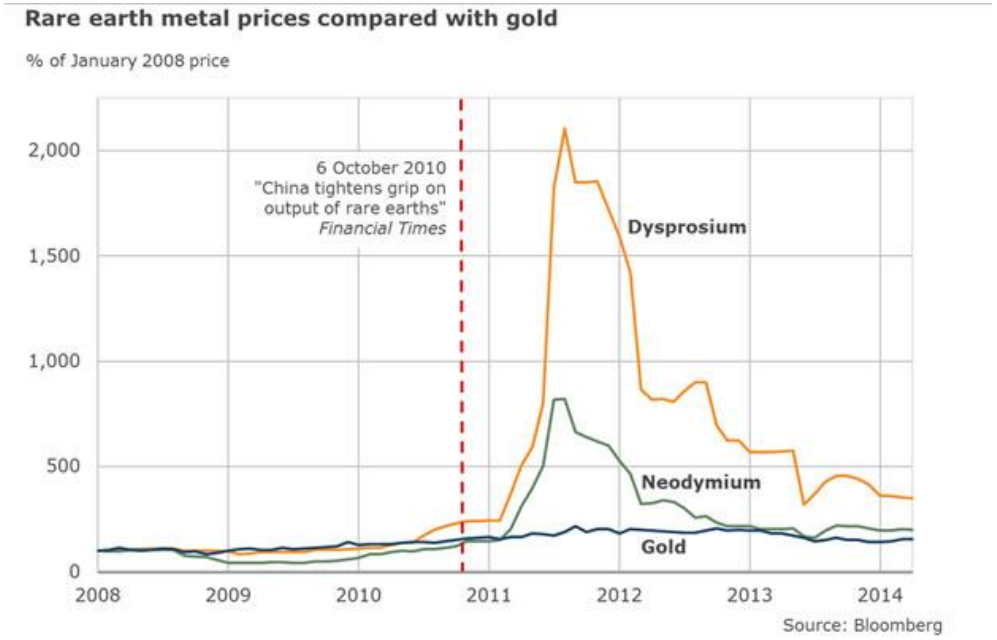
- Marktmacht is goed om schaarste op te vangen?
- Niet echt want beperkt aanbod waardevolle grondstoffen leidt tot welvaartsverlies.
- Afweging twee welvaartsverliezen:
  - (1) schaarste grondstoffen
  - (2) marktmacht
- Voorbeeld: zeldzame aardemetalen
  - cruciaal in duurzame energiesystemen
  - China bijna monopolie voor Dy, Nd, Eu, …

Zeldzame aarde metalen



Zeldzame aarde metalen





Complicatie 3: milieu externaliteiten

- Mijnbouw is vaak sterk vervuilende activiteit
  - Red mud in bauxiet (aluminium) productie
  - Zeldzame aarde productie in China
  - Kwik en zuren in raffinage / extractie ertsen
- Markt prijzen reflecteren milieu externaliteiten niet (marktfaling)
- Vrije markt prijs lager dan maatschappelijke kosten

Complicatie 4: recyclage

- Grondstoffen vervat in duurzame goederen.
- Hoge prijzen grondstoffen maken recyclage uit afval interessanter
- Afval = grondstof
  - Ijzer, staal, koper, aluminium schroot is waardevol
  - Umicore: “Urban Mining” van elektronica afval
  - Machiels: ELFM

Complicatie 4: recyclage

- Recyclage leidt tot hoger aanbod grondstof / materiaal.
- Maar cruciaal is de kwaliteit van recyclage:
  - Re-cycling, down-cycling, up-cycling
- Recyclage heft ook milieu-impacten
  - Meestal minder dan nieuwe materialen (energie)
  - Soms in slechte omstandigheden (Afrika, …)

Complicatie 4: recyclage

- Barrières voor recyclage:
  - Inzameling en sortering van afval is vaak de bottleneck, niet de recyclagetechnologie
  - Informatie asymmetrie: dikwijls moeilijk om kwaliteit afval / gerecycleerd materiaal te garanderen
  - Hoge vaste opstartkosten
  - Concurrentie van producenten nieuwe materialen
  - Te strenge product/kwaliteitstandaarden voor sommige toepassingen, …
  - Onvoldoende prikkels voor *design for recycling* …

Is er behoefte aan overheidsoptreden?

- Omwille van milieu impact van ontginning en raffinage van nieuwe en gerecycleerde materialen? JA!
- Omwille van informatie asymmetrie? JA!
- Omwille van onvoldoende prikkels voor *green design*, *design for recycling* enz.? JA!
- Omwille van nakende uitputting van voorraden van grondstoffen? MISSCHIEN
  - Hangt af van complexe interactie verschillende markt falingen, technologische ontwikkeling, …

Bijdrage SuMMa?

- SuMMa ontwikkelde een flexibel numeriek simulatiemodel voor niet-hernieuwbare grondstoffen
  - Milieu economen UHasselt & KU Leuven
- Vergelijking marktuitkomst vs maatschappelijk optimum
- Bestuderen van beleidsinstrumenten
  - Belastingen, subsidies, normen
- Inclusief complicaties:
  - Prijsafhankelijke reserves
  - Marktmacht
  - Milieu-impacten
  - Recyclage

Steunpunt beleidsrelevant onderzoek 3de generatie

Duurzaam Materialenbeheer

Drs Rob Hoogmartens (UHasselt)

Toepassingen van grondstoffenmodellen in het Steunpunt Duurzaam Materialen Beheer

23 maart 2016

KU LEUVEN Universiteit Antwerpen UNIVERSITEIT GENT universiteit hasselt vito vision on technology

Wanneer is de voorraad van een grondstof uitgeput? Een modelmatige benadering.

Inleiding

Klassiek model

- Extractie van grondstoffen

Semi-klassiek model

- Invulling stortcapaciteit, toepassing EWM

Generiek model

- Verschillende toepassingen

Conclusies

1. Inleiding

Klassiek model

Semi-klassiek model

Generiek model

Conclusies

Uitputting en schaarste staan centraal → Hotelling

Vragen zoals:

Hoe omgaan met eindige voorraden?

Hoe omgaan met eindige capaciteiten?

Beantwoorden adhv economische modellering

Effect van beleidsinstrumenten nagaan

Numerieke simulaties in GAMS

Inleiding

2. **Klassiek model: extractie van grondstoffen**

Semi-klassiek model

Generiek model

Conclusies

Ontginningspraktijken

Economische voordelen vs. negatieve externe aspecten

Strikte afbakening van ontginningsgebieden

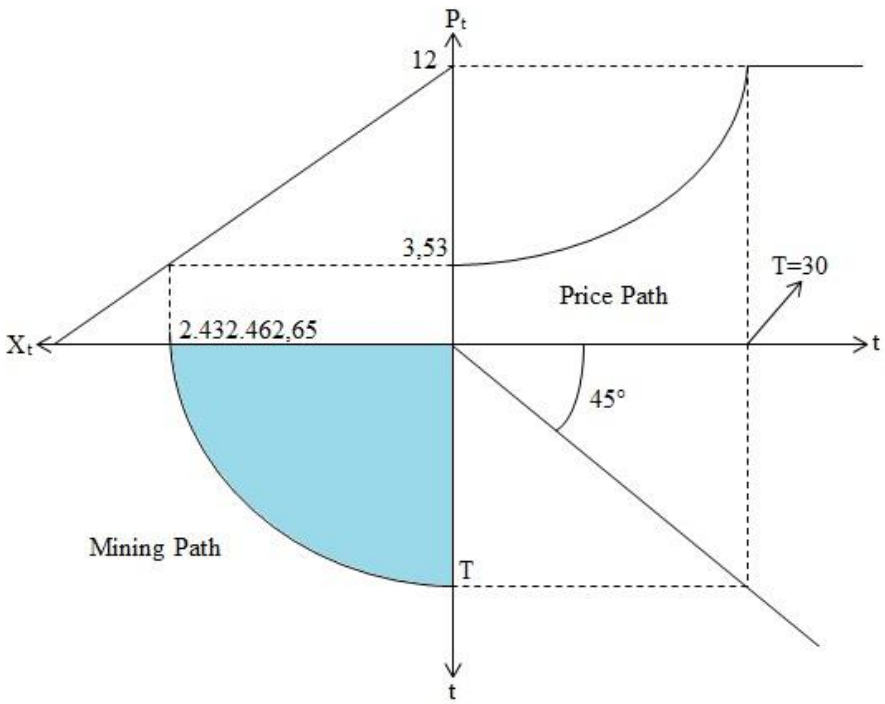
Resterende reserves zijn schaars

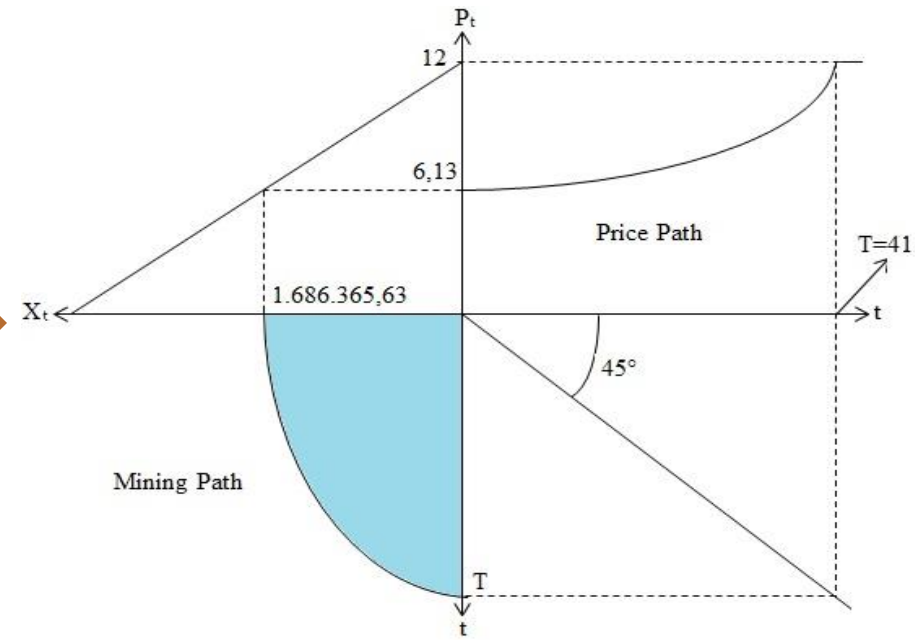
→ Duurzame ontginningspraktijken

Winstmaximalisatie probleem

Welke heffing maximaliseert welvaart?

Bijhorend de optimale extractievolumes





Inleiding

Klassiek model

3. **Semi-klassiek model: stortcapaciteit en EWM**

Generiek model

Conclusies

Eind jaren 60: afvalhoop moest ergens naartoe

→ Stortplaatsen

Jaren 70: attitude tov stortplaatsen verandert

Resultaat: overgebleven capaciteit is beperkt

Oplossingen voor het schaarste probleem:

Stortheffingen en EWM, welk evenwicht?

De simulaties tonen aan:

EWM praktijken gaan uitputting tegen

Stortheffingen hebben nut en een maximum

Optimale heffing hoger bij geen EWM

Praktijk: hogere heffingen of inzetten op EWM

Inleiding

Klassiek model

Semi-klassiek model: stortcapaciteit en EWM

4. **Generiek model**

Conclusies

Verschillende actoren

Consumenten verbruiken consumptiegoed

Aanbieders van primair materiaal

→ Voorraad neemt af over tijd

Aanbieders van ‘substituut’ materiaal

→ geïmporteerd materiaal bvb

Recyclagebedrijven

→ optimaliseren winst dmv recyclagegraad β

Recyclagebedrijven

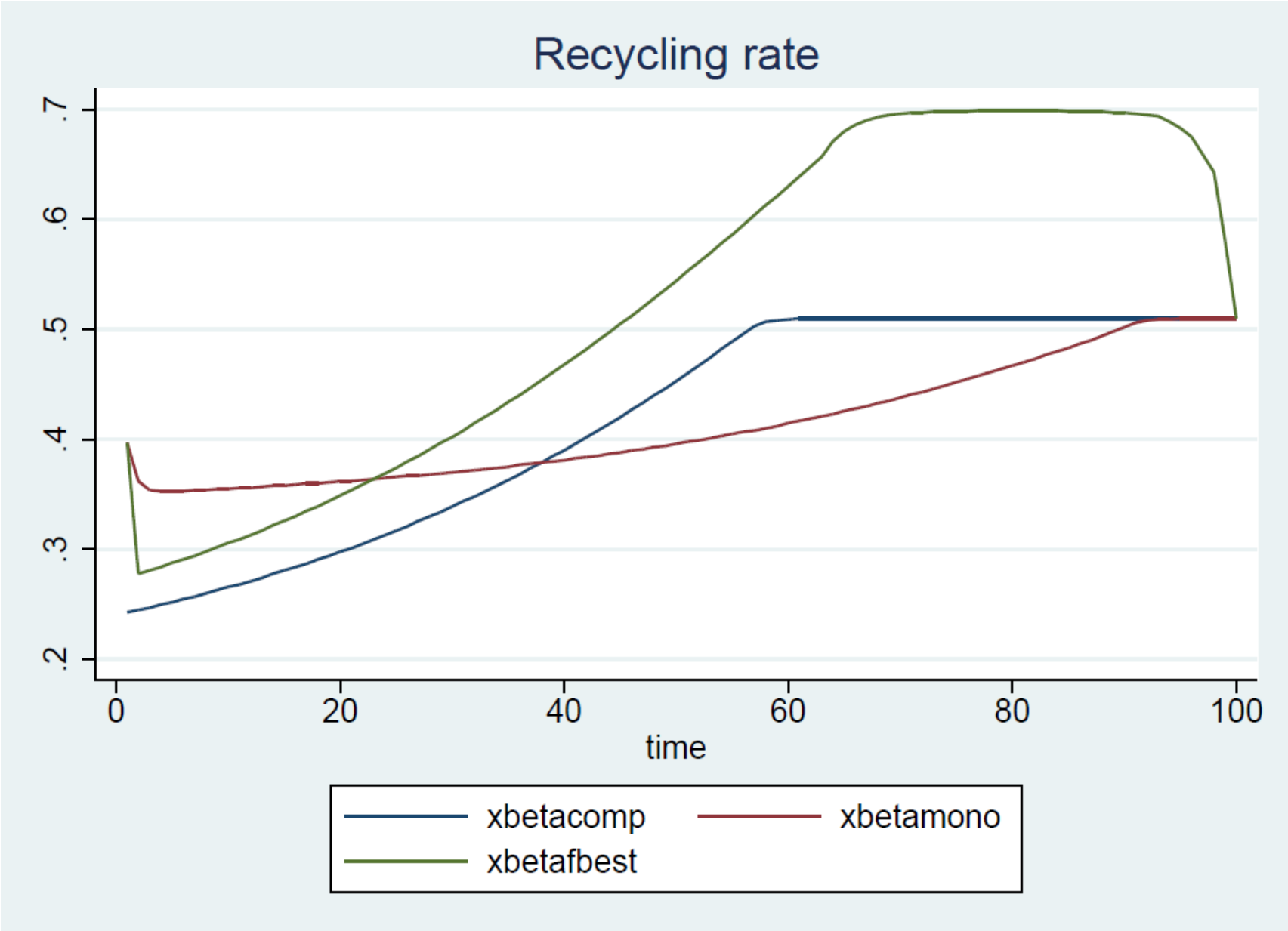
Hogere prijs gerecycleerd materiaal → hogere β

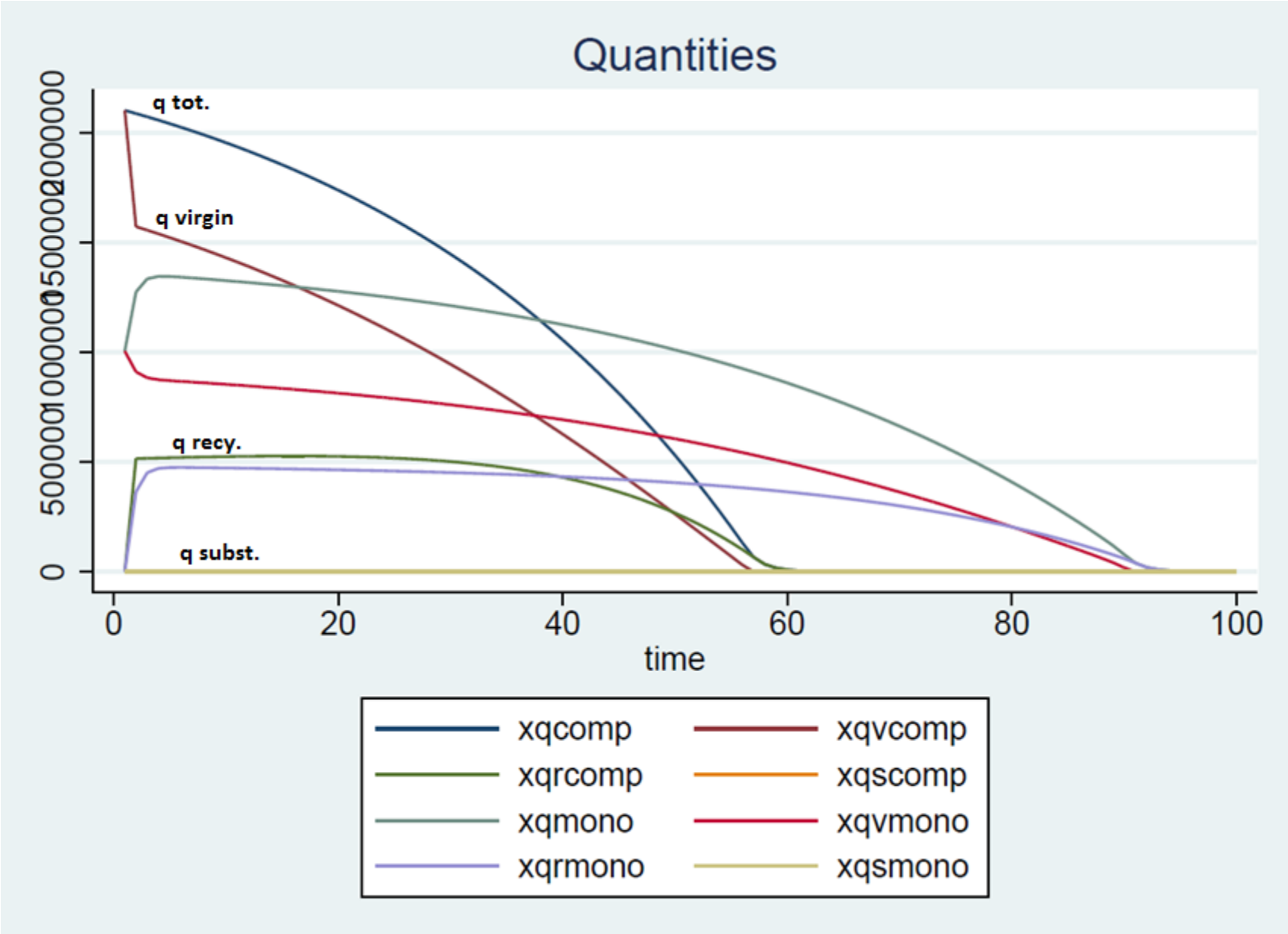
Hogere stortkost → hogere β

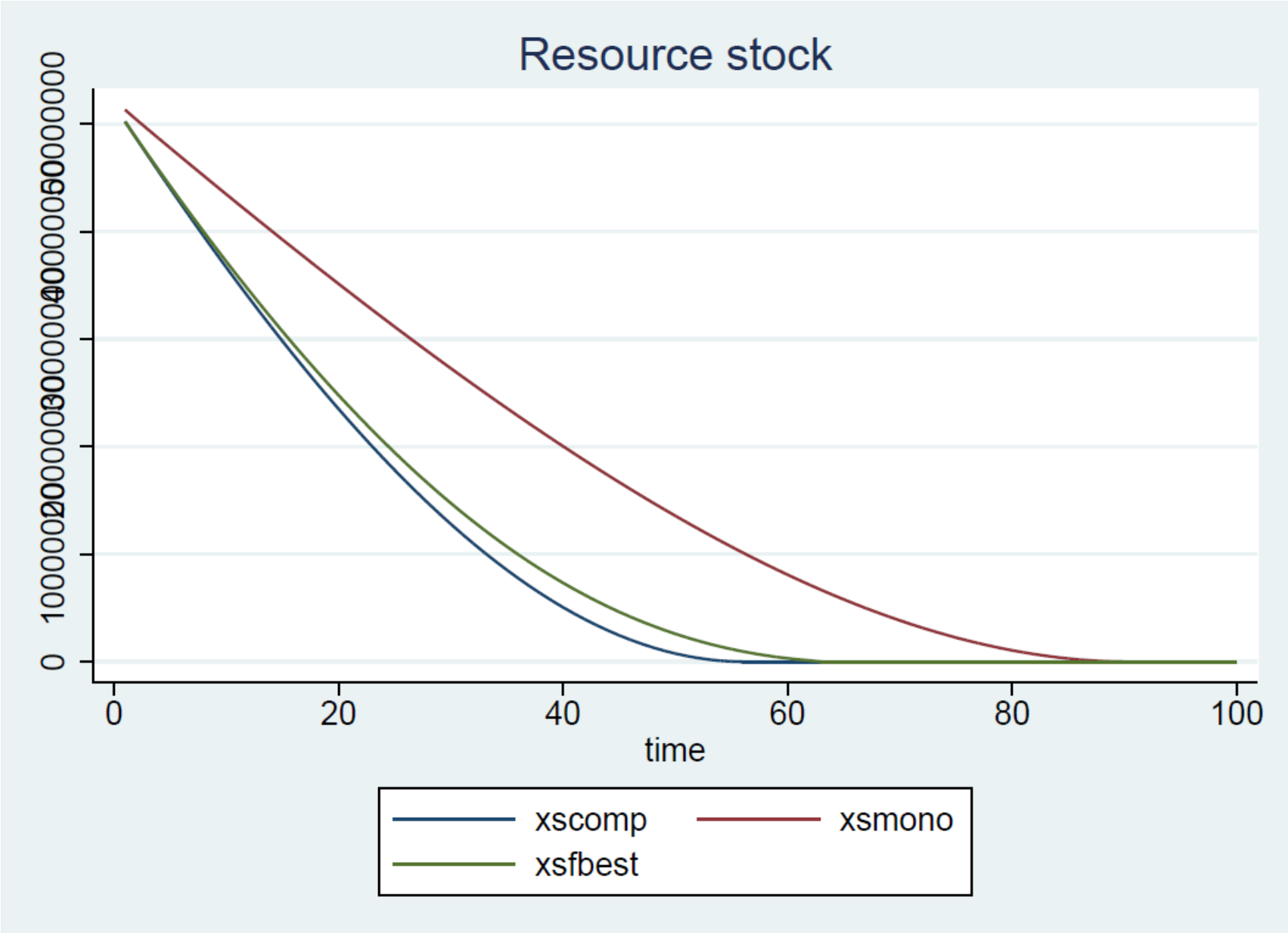
End-of-life in functie van voorbije consumptie

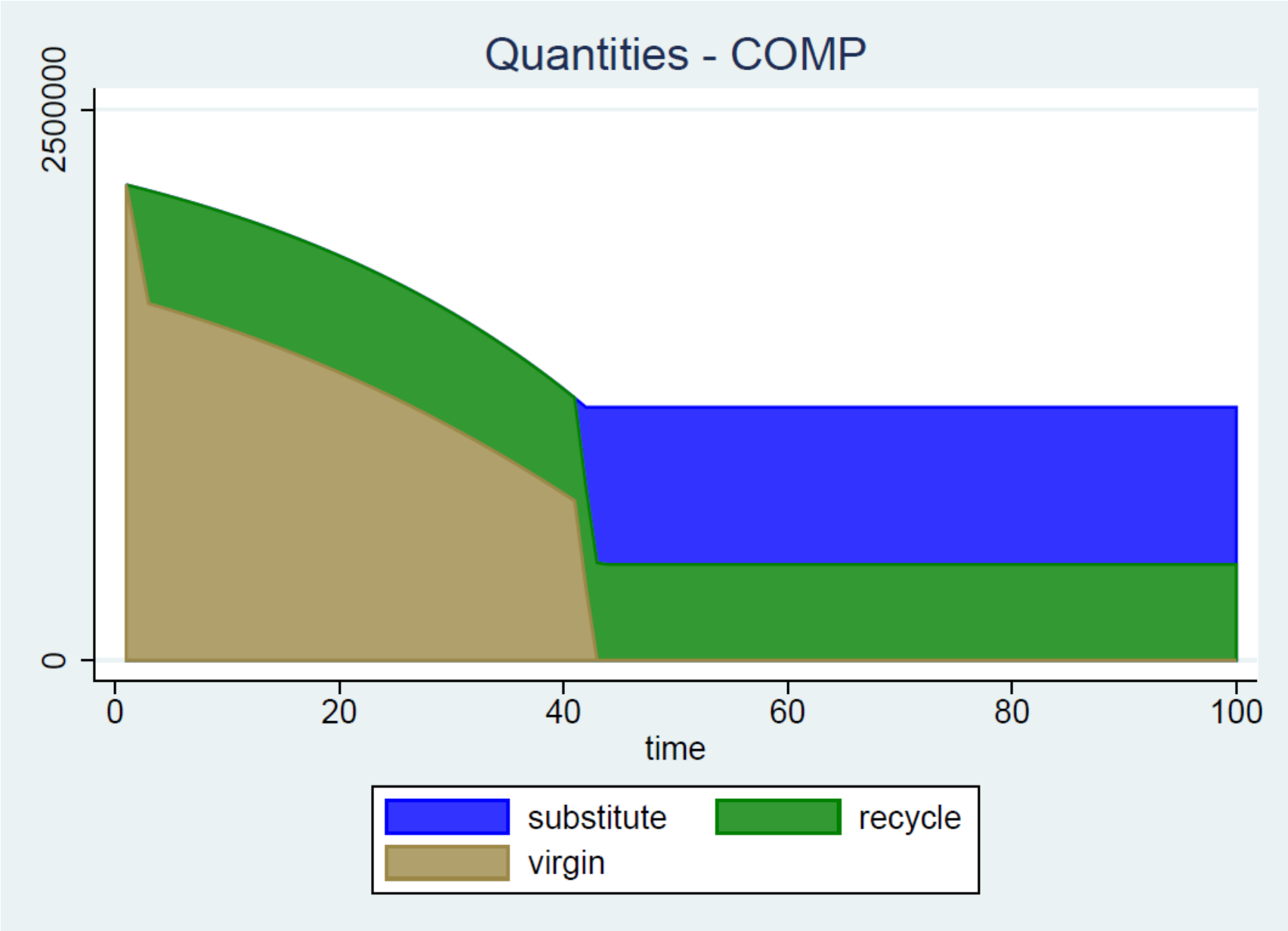
Opties

- Niet-duurzaam model: $w_t = q_t \quad w_t = q_{t-1}$
- Meer duurzaam model: $w_t = \frac{1}{4} q_{t-1} + \frac{1}{4} q_{t-2} + \frac{1}{2} q_{t-3}$
- Meer duurzaam model: $w_t = \alpha \, IUS_{t-1}$


Recycling rate
.2
.3
.4
.5
.6
.7
0
20
40
60
80
100
time
xbetacomp
xbetamono
xbetafbest


Quantities
q tot.
q virgin
q recy.
q subst.
0
500000
1000000
1500000
2000000
0
20
40
60
80
100
time
xqcomp
xqvcomp
xqrcomp
xqscomp
xqmono
xqvmono
xqrmono
xqsmono


Resource stock
0
10000000
20000000
30000000
40000000
50000000
0
20
40
60
80
100
time
xscomp
xsmono
xsfbest


Quantities - COMP
2500000
0
0
20
40
60
80
100
time
substitute
recycle
virgin

Inleiding

Klassiek model

Semi-klassiek model: stortcapaciteit en EWM

Generiek model

5. **Conclusies**

Economische modellen zijn zogenaamde ‘road maps of reality’

Brugfunctie tussen theorie en praktijk

Identificeren van duurzame praktijken

Nagaan van effecten van beleidsinstrumenten

Bijdragen aan debat rond circulaire economie

Veralgemeenbaarheid van inzichten

Steunpunt beleidsrelevant onderzoek 3de generatie

Duurzaam Materialenbeheer

Prof. Karel Van Acker (KU Leuven)

Voorspelling toekomstige afvalstromen

23 maart 2016

KU LEUVEN Universiteit Antwerpen UNIVERSITEIT GENT universiteit hasselt vito vision on technology

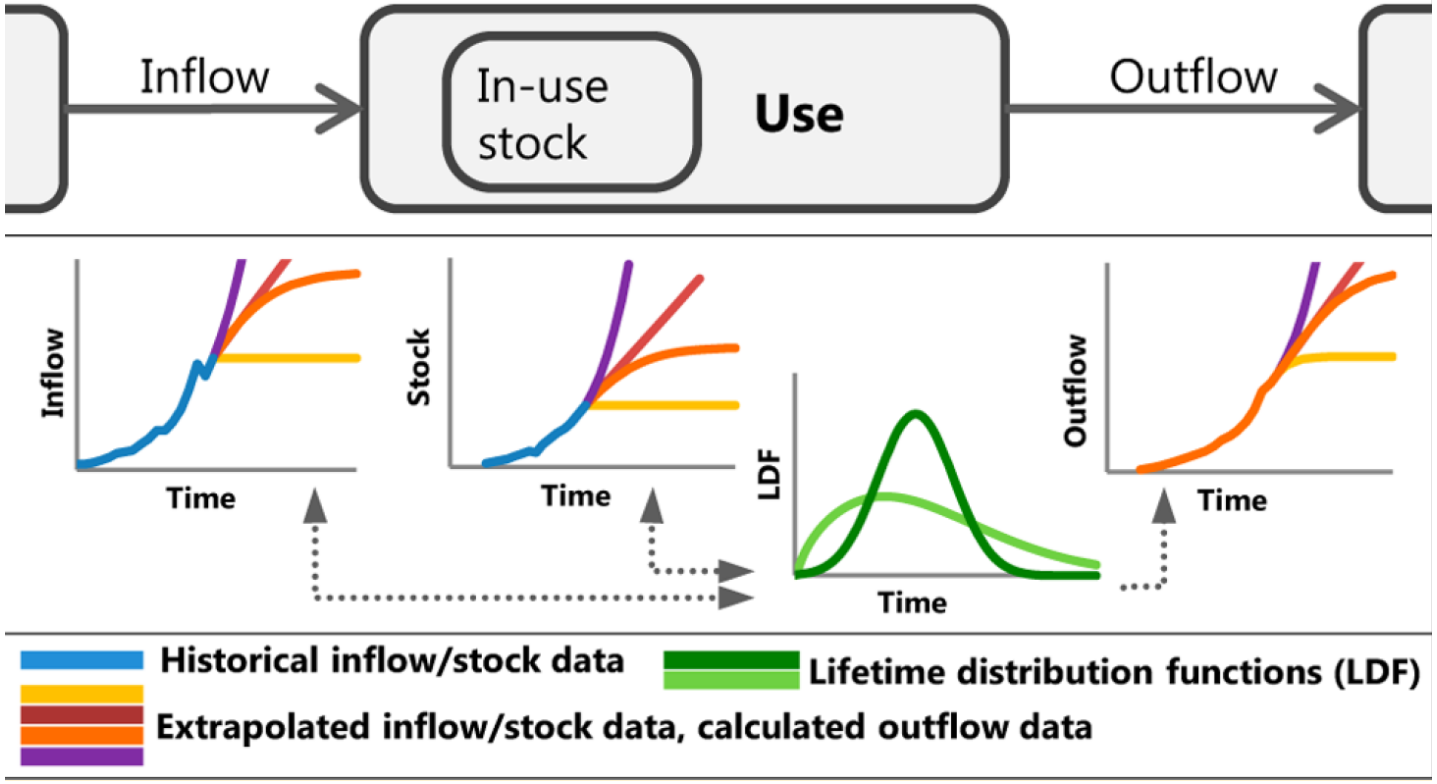
Hoe voorspellen welke toekomstige afvalstromen zijn?

- Cruciaal is betere kennis van de stocks aan materialen in producten, leeftijd en levensduur
- Stocks zijn moeilijk te bepalen. Strategieën zijn:
  - Top-down benadering: wat is de netto in- en uitstroom.
    - Instroom gebaseerd op productie- en invoercijfers
    - Uitstroom gebaseerd op ofwel afvalcijfers, ofwel verwachte levensduur
  - Bottom-up benadering: directe schatting van de stock aan materialen, door enquêtering over hoeveelheid producten, samenstelling, …

- Opmerking: de uitdagingen zijn erg verschillend indien we het hebben over stocks van goederen met een lange levensduur, verbuiksgoederen met korte levensduur, of gestort afval

Dynamische stofstroomanalyses

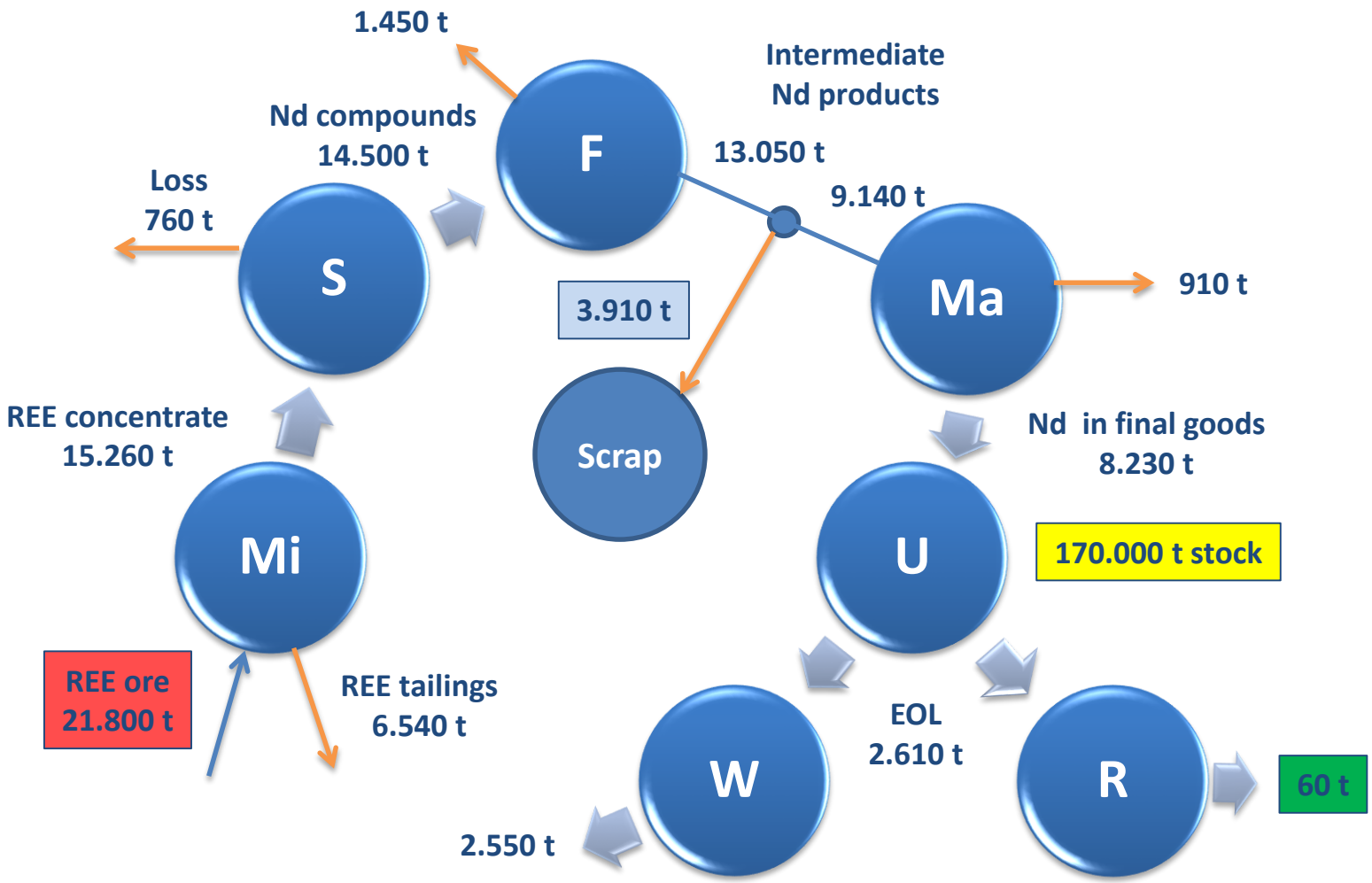
De meeste stofstroomanalyses (MFA) zijn statische analyses. Een MFA wordt **dynamisch** indien het gedrag van een system beschrijft over een bepaalde periode.



Müller, 2014

Globale MFA voor Neodymium

(statisch, 2014)

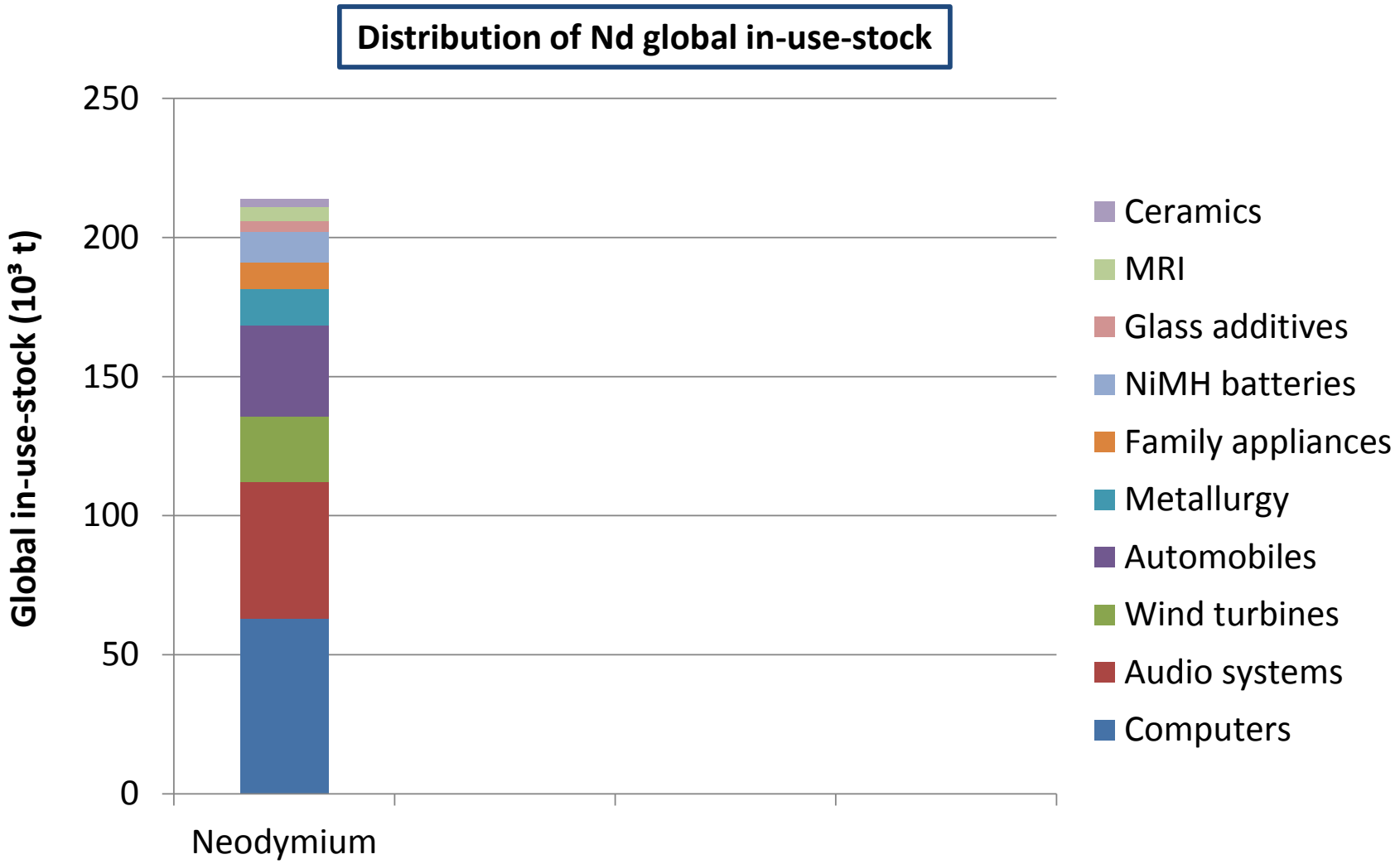


Dionysios Kontoulis, KU Leuven

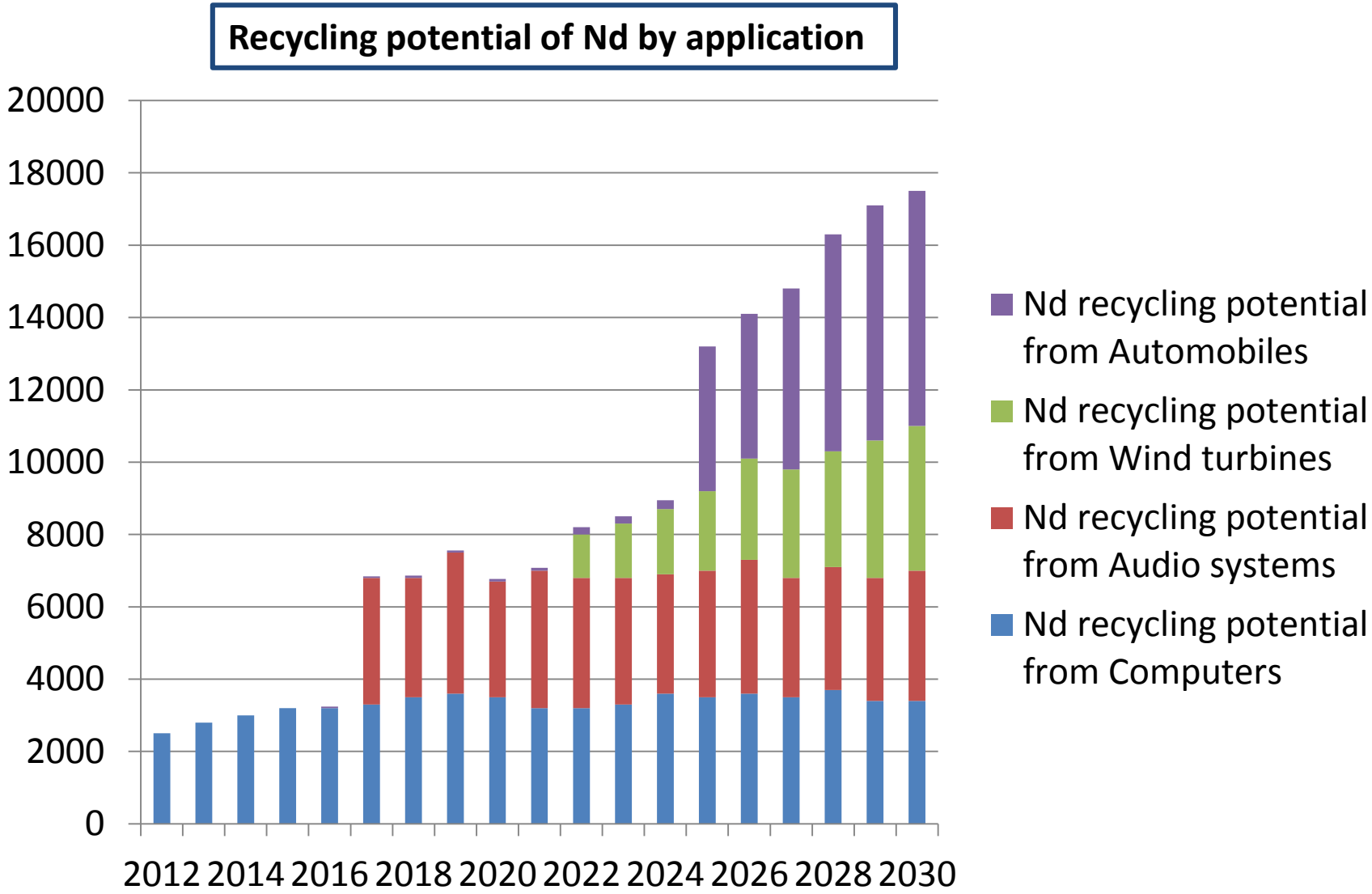
Samenvatting globale MFA voor zeldzame aarden

REO	Mining	Scrap	In-use stock	Recycling
Neodymium	*21.800 t*	*3.910 t*	*170.000 t*	*60 t*
Dysprosium	*2.260 t*	*400 t*	*12.250 t*	*0 t*
Europium	*300 t*	-	*620 t*	*12 t*
Terbium	*450 t*	-	*1.185 t*	*12 t*
Yttrium	*18.040 t*	-	*36.000 t*	*190 t*

In welke toepassingen zit Neodymium gestockeerd?



Wanneer komt Neodymiun op de afvalmarkt?



Kunststof afval van TVs in België

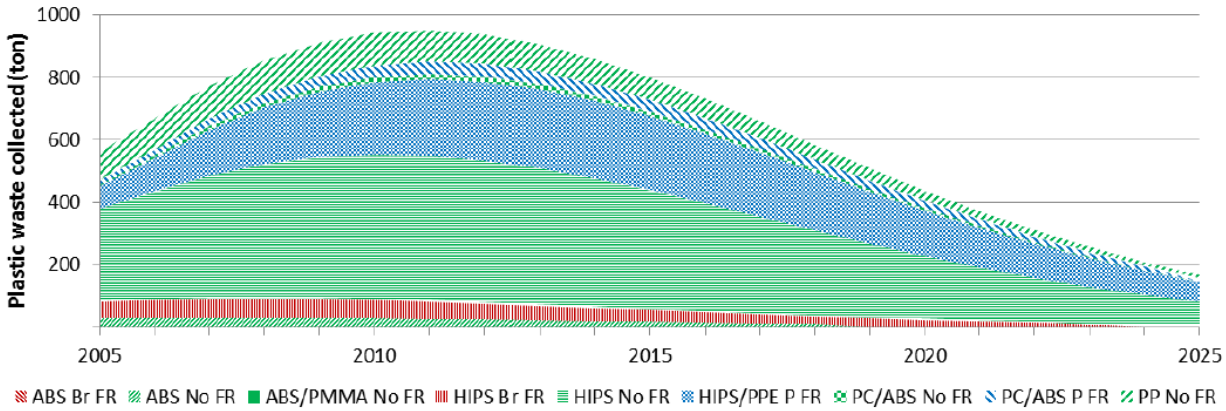


Figure 28 Forecasted annual amount of plastics from CRT TVs collected for EoL treatment in Belgium

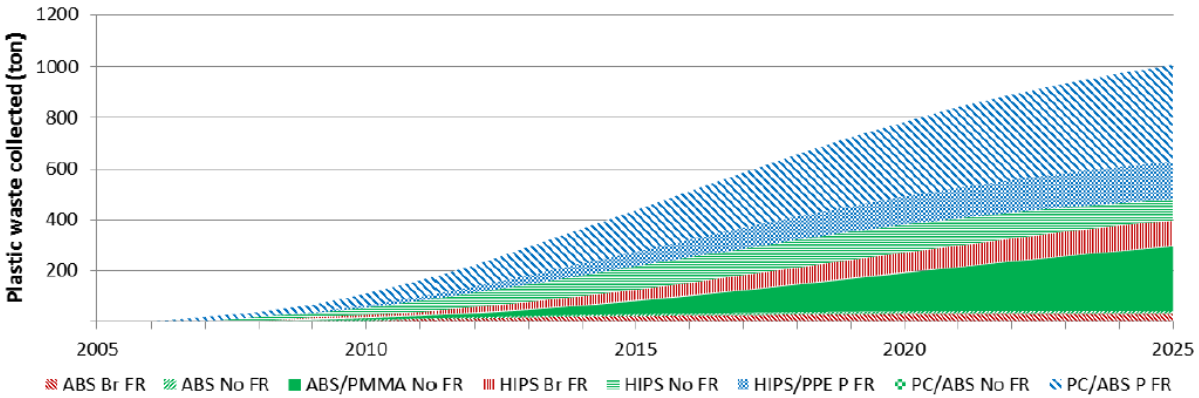


Figure 29 Forecasted annual amount of plastics from FPD TV collected for EoL treatment in Belgium

PhD Jef Peeters, KU Leuven, 2015

Kunststof afval van TVs in België

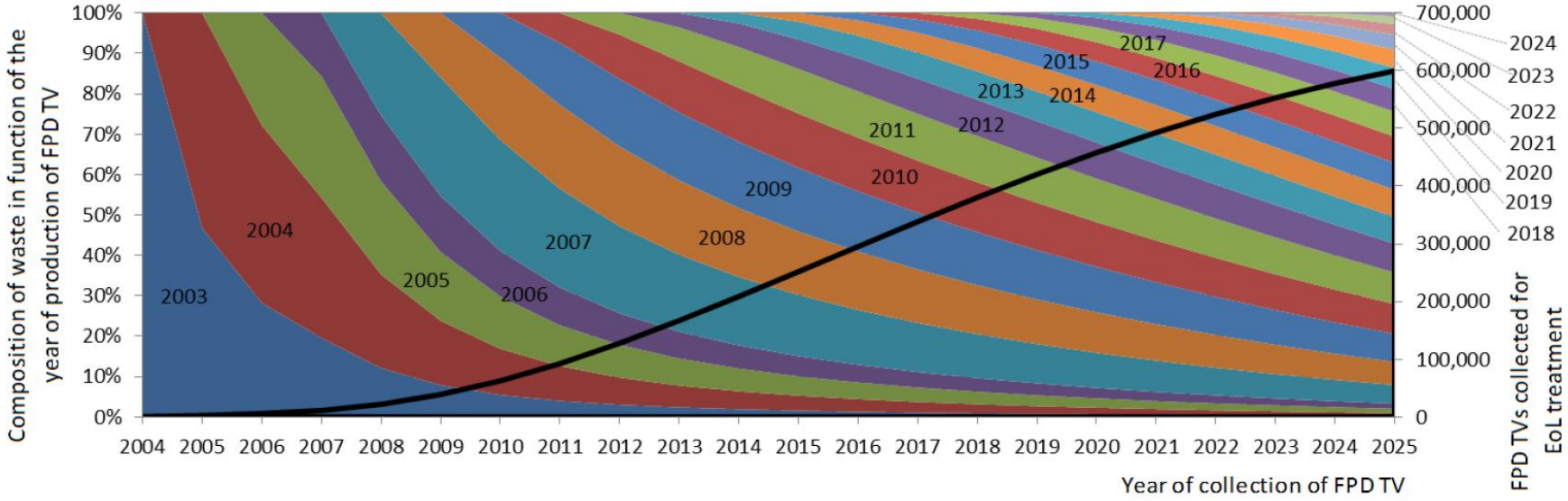


Figure 32 Year of production of the FPDs TV (in legend) that will be collected for recycling (in the year on the horizontal axis)

PhD Jef Peeters, KU Leuven, 2015

Besluit

- Dynamische MFA zijn een goed instrument om toekomstige stromen afval te voorspellen
- Grote onzekerheden, vooral in het bepalen van de huidige stocks
- Werkt vooral voor zeer specifieke stromen met gekende markten en regionaal afgebakend

Met dank aan

Vlaanderen
verbeelding werkt

SAMEN MAKEN WE
MORGEN MOOIER
OVAM

En aan de leden van de stuurgroep, adviesgroep, onderzoeksgroepen van de promotoren, de partners, de universiteiten en VITO, …

steunpuntsumma.be

Prof. dr. ir. Karel Van Acker
coordinator KU Leuven Materials Research Centre
c/o department MTM
Kasteelpark Arenberg 44 - bus 2450, BE-3001 Leuven, Belgium
T: +32 16 321271; M: +32 476 210957
E: Karel.VanAcker@kuleuven.be