

Het recyclen van matrassen is matig kosteneffectief

Gebruikte matrassen worden steeds vaker gescheiden ingezameld en gerecycled, wat een lagere CO₂-uitstoot kent. Toch lijkt dit niet altijd verstandig omdat het recyclen van matrassen relatief duur is.

IN HET KORT

- Reductie van CO₂ door recycling in plaats van verbranding kost 138 euro per ton. Dit is hoger dan de ETS-prijs van de CO₂-uitstoot.
- Het via verhoging van de afvalbeheerbijdrage verder inzetten op recycling lijkt daarom weinig doelmatig.
- Totdat recyclingmethoden kosteneffectiever worden, is terugwinnen van energie via afvalenergiecentrales de beste optie.

RAYMOND GRADUS

Hoogleraar aan de Vrije Universiteit Amsterdam

BRAM FABER

Onderzoeker aan de Vrije Universiteit Amsterdam

Het streven naar een circulaire economie leidt tot hoge doelstellingen ten aanzien van recycling (Gradus en Dijkgraaf, 2019) en sinds enige tijd worden ook op het gebied van matrasrecycling aanzienlijke stappen gezet. Dat is belangrijk, want in Nederland gooien consumenten elk jaar ongeveer 1,2 miljoen matrassen weg (USI, 2018).

Recycling van schone en droge matrassen is technisch complex, maar goed mogelijk. Matrassen zijn samengesteld uit meerdere materialen die moeten worden gescheiden alvorens te kunnen worden gerecycled. Uitgaande van schone en droge matrassen zou in de praktijk recycling tot negentig procent mogelijk zijn, waarbij alleen een residufractie wordt verbrand.

Om te kunnen recyclen, moeten matrassen apart worden ingezameld. De afgelopen jaren gebeurt dat steeds vaker: was het percentage apart ingezamelde matrassen in 2013 nog 5,3 procent, in 2020 was het opgelopen naar 51,3 procent. En de verwachting is dat het percentage verder zal oplopen, want in 2021 is in Nederland op vrijwillige basis de uitgebreide producentenverantwoordelijkheid voor matrassen vormgegeven en zijn producenten en importeurs medeverantwoordelijk voor het afvalbeheer van door hen op de markt gebrachte matrassen. Deze uitgebreide producentenverantwoordelijkheid moet ertoe leiden dat in 2028 driekwart van de in de handel gebrachte matrassen apart wordt ingezameld. Schone en droge matrassen (meer dan tien in aantal) moeten daarbij verplicht gerecycled worden; matrassen die niet droog of niet schoon zijn, mogen wel verbrand worden.

Maar is het recyclen wel kosteneffectief? Kunststofrecycling is dat bijvoorbeeld niet. Het verbranden van

kunststof kent weliswaar een hoge CO₂-uitstoot, maar daar staat tegenover dat verbranding ervan relatief veel energie oplevert. Gradus et al. (2017) berekende dat de besparing van één ton CO₂ door kunststofrecycling 178 euro kost. Dat is aanzienlijk hoger dan andere alternatieven om CO₂ te besparen, en hoger dan de prijzen voor de uitstoot van een ton CO₂ op de ETS-veiling. In dit artikel analyseren we de kosteneffectiviteit van recycling van matrassen en gaan we in op de rol die de overheid kan spelen bij het faciliteren van matrasrecycling.

Uitgangspunten

We vergelijken de kosteneffectiviteit ten opzichte van alternatieven zoals windenergie van twee alternatieven: de materialen uit matrassen worden gerecycled, of de matrassen worden verbrand. Van beide alternatieven brengen we de opbrengsten, kosten en de milieu-impact in kaart.

De kosteneffectiviteit wordt bepaald door het verschil in de netto CO₂-uitstoot te delen door het verschil in netto-kosten en deze te vergelijken met de ETS-veilingprijs van een ton CO₂-uitstoot, wat een maat is voor de prijs van andere opties om CO₂-reducties te realiseren.

Aannames energiebalans

Tabel 1 specificeert de belangrijkste beschikbare gegevens en bronnen die gebruikt zijn in de kosteneffectiviteitsanalyse. We gaan daarbij uit van dertig megajoule per kilogram en een gemiddeld gewicht van twintig kilogram.

Bij het verbranden gaan we uit van de kosten en efficiëntie van een Nederlandse afvalenergiecentrale. Nederlandse afvalenergiecentrales maken gebruik van de modernste technologie, die de meeste luchtverontreinigende stoffen zoals SO₂ en NO_x filtert (Gradus et al., 2017). We schatten deze kosten en efficiëntie op basis van de gemiddelde rendementen van Nederlandse afvalenergiecentrales zoals aangegeven door de gemeente Utrecht, die in lijn zijn met actuelere cijfers (CE Delft, 2016; 2022).

Bij recycling ontstaat er een verlies aan warmte en elektriciteit dat anders door de afvalenergiecentrale zou worden teruggewonnen en geproduceerd. De verbranding van matrassen levert immers drie keer meer energie op in vergelijking met de verbranding van restafval (Morris, 1996). We waarden deze gemiste energie-inhoud tegen marktprijzen uit 2021.

Aannames verwerking

Omdat het volume van gescheiden ingezamelde matrassen laag is, leidt dit vooralsnog tot hoge kosten per eenheid ingezamelde matrassen. Auping stelt dat een afvalbeheer-

Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt door Koninklijke Auping. De auteurs zijn verantwoordelijk voor de inhoud van dit onderzoek



bijdrage van 12,50 euro per nieuw verkocht matras nodig is om 75 procent recycling te bereiken. Deze bijdrage, die bovenop de prijs van een matras komt, wordt door fabrikanten geïnd en afgedragen aan de Stichting Matrasrecycling Nederland (MRN).

Voordat de matrassen verbrand kunnen worden, dienen deze versneden en zonodig van metalen ontdaan te worden. In het verbrandingsscenario wordt daarom rekening gehouden met een daling van de hoeveelheid gerecycleerd of secundair materiaal.

Als matrassen moeten worden verbrand, worden deze vervoerd via de reguliere inzamelinfrastructuur. Er circuleren verschillende cijfers en veronderstellingen wat betreft de kosten van inzamelen, transport en verwerken van matrassen (USI, 2016; 2018).

Voor de verbranding van matrassen bedragen de transportkosten vier euro per ton en de inzamelingskosten zeventig euro per ton. Voor het transport naar de verbrander wordt er een afstand van honderd kilometer gehanteerd (vijftig heen, vijftig terug), en is, in lijn met eerder onderzoek, de gehanteerde prijs voor wegtransport vier eurocent per kilometer (data (2021) via de app Idemat). De zeventig euro per ton voor matrasverbranding is gehanteerd op basis van eerder onderzoek (Gradus et al., 2017), en wordt bevestigd in gesprekken met een expert. In totaal komt dit neer op 74 euro per ton.

Voorts wordt er uitgegaan van de materiële samenstelling van een gemiddeld matras zoals beschreven door USI (2018). De aanname voor de 'traditionele' verwerking van pur is dat het schuim voor de ene helft hoogwaardig kan worden gerecycleerd tot 'geagglomereerd schuim' (*bonded foam*), en voor de andere helft laagwaardig moet worden gerecycleerd. Daarnaast worden de schrootprijzen voor oud roestvrijstaal van de *London Metal Exchange* over het jaar 2020 gehanteerd, om een indicatieve prijs voor het roestvrijstaal uit de gerecyclede matrassen vast te stellen.

Kosteneffectiviteitsanalyse matras recycling

In tabel 2 worden de kosten en opbrengsten van 1 ton (afgedankte) matrassen gegeven voor de recycling van matrassen en de terugwinning van energie uit de bestanddelen van matrassen in een afvalenergiecentrale.

Kerngegevens van de kosteneffectiviteitsanalyse TABEL 1

Input	Eenheid	Bron	
Energie-inhoud matras	30	MJ/kg	Morris (1996)
Afvalverbranding			
Inzamelingskosten restafval	70	€/ton	Gradus et al. (2017)
Exploitatie- en kapitaalkosten verbranding	125	€/ton	100–150 bandbreedte volgens expert
CO ₂ -uitstoot elektriciteitsproductie	0,49	kg/kWh	Gemeente Utrecht
CO ₂ -uitstoot warmteproductie	36,2	kg/GJ	Gemeente Utrecht
Recycling			
UPV: Inzamelvergoeding (incl. transport)	375	€/ton	Auping
UPV: Verwerking	250	€/ton	Auping
Vermarketing			
Laagwaardige recycling pur	-34	€/ton	Auping
Hoogwaardige recycling pur 'geagglomereerd schuim'	50	€/ton	Auping
Reguliere recycling verenstaal	1.100	€/ton	LME (2021): gemiddelde prijs 2020
Transport			
Afstand naar verbrander/sorteerder NL	100	km	Aanname: 2 keer 50 kilometer, leeg heen om op te halen en vol terug om de matrassen weg te brengen
CO ₂ wegtransport	0,073	kg/ton/km	Data (2021) via de app Idemat
Kosten wegtransport	0,043	€/ton/km	Data (2021) via de app Idemat
Prijzen			
Elektriciteit	98,67	€/MWh	Calculatie 2021 gemiddelde elektriciteitsprijzen op de EPEX-beurs (bandbreedte tussen 93,60 en 103,75)
Warmte en stoom	0,0148	€/kWh	Ministerie van EZK (EZK, 2021)

ESB

Kosten van inzameling en transport

Ten eerste wordt er rekening gehouden met de kosten voor inzameling en verwerking. De inzamelings- en transportkosten voor van ander afval gescheiden matrassen liggen aanzienlijk hoger dan voor gewoon afval. Dit is toe te schrijven aan het feit dat de dichtheid van matrassen aanzienlijk lager is dan die van gemengd afval. Met andere woorden: voor matrassen is per ton méér vervoer nodig dan voor afvalstromen met een grotere dichtheid. Bovendien hebben de meeste gemeenten een aparte infrastructuur voor inzamelputten

Nettokosten van recycling en verbranding

TABEL 2

2a. Nettokosten van recycling en verbranding van 1 ton matrassen in euro per ton

	Recycling	Verbranding
Inzameling (incl. transport)	375	74
Verwerking	250	125
Opbrengsten	-203	-124
Inkoop energie	112	
Inkoop materiaal matrassen		234
Totaal	533	309

2b. CO₂-uitstoot van recycling en verbranding in ton CO₂ per ton (gescheiden) matrassen

	Recycling	Verbranding
Terugwinning energie	0,27	2,67
Recycling	0,16	
Transport	0,02	0,01
Opportunitsemissies energie	0,76	
Opportunitsemissies matrassen		0,16
Totaal	1,21	2,83

ESB

Verskil in kosten van CO₂-reductie tussen recycling en verbranding van matrassen

TABEL 3

	Kosten verschil (€)	CO ₂ -uitstoot-verskil (t)	Kosten voor CO ₂ -reductie (€/t)
Berekening kosteneffectiviteit (uit tabel 2)	224	1,62	138
Variant 1: CO ₂ -neutrale vervangende energie	224	2,39	94
Variant 2: Dubbele verwerkingskosten verbranding	99	1,62	61
Variant 3: Afvalbeheerbijdrage van € 10	120	1,62	74
Variant 4: Recyclingpercentage 75%	245	1,35	181

ESB

of huis-aan-huis-inzameling van matrassen. Deze infrastructuur vergt een forse investering vooraf en regelmatig extra inzamelkosten voor vrachtwagens en werknemers.

Aangaande matrasrecycling bedragen de inzamelings- en transportkosten 375 euro per ton, waarbij er 325 euro gereserveerd is voor de logistiek en vijftig euro voor de Stichting MRN (Auping, 2021). Dit wordt bekostigd uit de afvalbeheerbijdrage.

Kosten van verwerking

Ten tweede worden de netto-verwerkingskosten afgeleid door de totale verwerkingskosten van matrassen te verminderen met de inkomsten. Wij corrigeren voor de inkomsten uit de verkoop van secundaire materialen in het geval van matrasrecycling, en de inkomsten uit het opwekken van energie in het geval van verbranding van matrassen. De netto-verwerkingskosten van matrasrecycling zijn aanzienlijk hoger dan die van verbranding, en bedragen 250 euro per ton matrassen voor de optie recycling (uitgaande van de recycling van pur en verendaal), terwijl de verwerkingskosten 125 euro per ton bedragen voor de optie verbranding. De opbrengsten van de verkoop van pur en verendaal bedraagt 203 euro. De kosten en opbrengsten van verbranding zijn gebaseerd op verbrandingskosten van 125 euro, afgezet tegen de inkomsten van 124 euro (bestaande uit opgewekte elektriciteit voor 83 euro en opgewekte warmte voor 41 euro). Samenvattend bedragen de totale (monetaire) kosten 422 euro per ton matrassen als ze gerecycled worden, terwijl de kosten voor energierugwinning uit matrassen op 75 euro per ton komen.

Opportunitetskosten

Ten derde houden we rekening met de opportunitetskosten van matrasrecycling in het geval van de verbranding van matrassen, en omgekeerd met de opportunitetskosten van een energierugwinning uit matrassen bij de recycling ervan. Indien matrassen worden gerecycled kunnen de matrassen immers niet worden gebruikt om te verbranden, en andersom. Daarmee gaan inkomstenderingen gepaard.

Het energietekort bij matrasrecycling is gelijk aan 112 euro per ton – de energiewaarde van gerecyclede matrassen die anders zouden zijn gebruikt voor energierugwinning bij een terugwinpercentage van negentig procent. Bij verbranding van matrassen ontstaat er een tekort aan het volume secundaire materialen (gerecyclede matrassen). De waarde van gerecyclede matrassen die verloren gaat door verbranding, bedraagt 234 euro per ton.

De netto-kosten van een ton recycling van matrassen zijn dus aanzienlijk hoger dan voor de energierugwinning. De totale kosten voor recycling van matrassen bedragen 533 euro per ton, en voor energierugwinning 309 euro per ton, hetgeen resulteert in een verschil van 224 euro per ton.

De CO₂-uitstoot bij verbranding en recycling

Op basis van de huidige Nederlandse verbrandingstechnologie levert één ton matrassen 2,67 ton CO₂ op (Retourmatras, 2016). Aangezien tien procent van de gescheiden matrassen volgens aanname wordt verbrand, levert het scheiden van één ton matrassen via energierugwinning 0,27 ton CO₂ op. De recycling van matrassen is een geavanceerd industrieel proces waarbij er ook CO₂ vrijkomt, vooral vanwege het energieverbruik. Op basis van onderzoek (Retourmatras, 2016) gaan we ervan uit dat recycling van een ton matrassen 0,16 ton CO₂ kost. Zo wordt stoom van 60 °C gebruikt om micro-organismen te inactiveren bij het recyclen van pur. Daarnaast veroorzaakt het transport van matrassen enige CO₂-uitstoot, hoewel deze relatief beperkt is.

De opportunitsemissies zijn gebaseerd op de meest gebruikelijke productie van energie of secundaire materialen. Voor elektriciteit is dit gebaseerd op de gemiddelde energiemix in Nederland, inclusief hernieuwbare en conventionele productie. Voor de opwekking van warmte is het meest gangbare alternatief het gebruik van gasturbines. Wij gaan ervan uit dat de alternatieve emissies voor secundaire materialengranulaat de typische emissies zijn die gepaard gaan met matrasrecycling op industriële schaal, aangezien geen enkel ander proces deze kwaliteit van materiaalhergebruik kan genereren.

Uit tabel 2b volgt dat, bij de optie energierugwinning 1,62 ton per ton matrassen, de CO₂-emissies hoger zijn dan die bij recycling. Dit verschil wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de hogere CO₂-emissies bij de verbranding van matrassen. Door het verschil in kosten en het ver-

schil in CO₂-emissies tussen beide opties te gebruiken, kan de kosteneffectiviteit van de matrascyclus worden uitgedrukt in een CO₂-prijs. Op basis van onze analyse stellen wij vast dat de schaduwprijs van één ton CO₂-reductie, door middel van de recycling van matrassen, in het basis-scenario gelijk is aan 138 euro per ton CO₂.

Gevoeligheidsanalyse

Omdat de (matige) kosteneffectiviteit van het recyclen van matrassen afhankelijk is van de gedane aannames, worden de aannames op vier punten enigszins aangepast. Tabel 3 toont de resultaten van de vier varianten. Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat de conclusie van matige kosteneffectiviteit in alle varianten blijft staan.

In de eerste variant wordt er verondersteld dat de vervangende energie hernieuwbare energie is zonder CO₂-emissies (dus volledig CO₂-neutraal). Hierdoor daalt de bijbehorende CO₂-uitstoot van 0,45 ton per ton matrassen naar 0 ton per ton matrassen. In dit geval neemt het emissieverschil dus toe, maar blijven de kosten gelijk en daalt de kosteneffectiviteit naar 94 €/t CO₂.

De tweede variant betreft het hanteren van hogere verwerkingskosten voor de verbranding van matrassen. Mulder (2018) geeft aan dat de werkelijke kosten voor het verwerken van matrassen bij verbranding hoger zijn dan de gehanteerde zeventig euro per ton. Daarbij wordt ook de verbrandingsbelasting meegenomen. Tevens wijst Mulder (2018) erop dat als matrassen verbrand worden, ander restafval vanwege bestaande contracten dient te worden geweigerd. Omdat de energiebalans van restafval 10 MJ/kg bedraagt, zou er, voor iedere ton matrassen, drie ton restafval geweigerd worden. Het is echter gebruikelijk dat er een kosteneffectiviteitsanalyse plaatsvindt in economische termen en deze kortetermijn-capaciteitsrestricties niet meeneemt. De tweede variant doet dat wel en gaat uit van een verhoging van de verwerkingskosten tot 250 euro per ton. Hierdoor daalt de kosteneffectiviteit naar 61 euro per ton CO₂.

In de derde variant wijzigen we de veronderstellingen rondom het verwerken en inzamelen van matrassen; dit zou immers een lagere afvalbeheerbijdrage kunnen rechtvaardigen. De Stichting MRN gaat voornamelijk uit van een afvalbeheerbijdrage van 8,65 euro (exclusief btw) (IenW, 2021). Overigens kan het bestuur van MRN een hogere afvalbeheerbijdrage afspreken, omdat bijvoorbeeld de transportkosten oplopen of omdat gemeenten meer kosten maken. Wij gaan er in de derde variant vanuit dat de afvalbeheerbijdrage maximaal tot 10,47 euro (inclusief btw) wordt verlaagd. Dit zou de kosteneffectiviteit doen dalen naar 76 euro per ton CO₂.

Tot slot wordt er een vierde variant doorgerekend, met een lager hergebruik van matrassen dan negentig procent. Vooral in de grote steden zien we dat een aanzienlijk deel van de matrassen vervuild of nat is, waardoor deze alsnog verbrand moeten worden (Van Zoelen, 2021). Een geraadpleegde expert gaf aan dat in de regio Utrecht 20 tot 25 procent van de matrassen zodanig vervuild is dat ze alsnog verbrand moeten worden. Vergelijkbare cijfers zijn er voor Rotterdam en Den Haag. Door het verbranden van een kwart van de matrassen stijgen de kosten voor CO₂-reductie naar 181 euro per ton, 43 euro meer dan het basisscenario.

Conclusie

De kosteneffectiviteit van het terugwinnen van energie uit matrassen is matig. Als we alle factoren meenemen, blijkt dat de besparing van één ton CO₂ via matrascyclus 138 euro kost. Dit is iets lager dan plasticrecycling, maar aanzienlijk hoger dan een alternatief om CO₂ te besparen, zoals windenergie. Uit een gevoeligheidsanalyse blijkt dat deze conclusie in alle varianten blijft staan.

Afvalenergiecentrales bieden op dit moment dus een kosteneffectieve route om energie terug te winnen uit matrassen. Deze optie dient niet geheel te worden uitgesloten. Ook verdient het aanbeveling om het (volledig) circulair maken van matrassen aan nader onderzoek te onderwerpen, omdat bij hergebruik van alle materialen er meer aandacht nodig is voor het inactiveren van micro-organismen en er bij recycling dus meer energie nodig is (RIVM, 2021).

Voor het kosteneffectief recyclen van matrassen is het dus van groot belang om het energiegebruik en de kosten naar beneden te brengen. De kosten zouden lager zijn als voorkomen wordt dat matrassen aan de straat gezet worden. Vooral in de grote steden is een groot deel van de matrassen vervuild of nat, waardoor deze alsnog verbrand moeten worden. Dit leidt tot een nog lagere kosteneffectiviteit. Daarom is het van belang dat fabrikanten stimuleren dat bij de bezorging van een nieuw matras het oude matras meteen wordt meegenomen. Echter, omdat veel mensen hun oude matras bewaren – voor logés bijvoorbeeld – is het de vraag of dit voldoende oplevert.

Het verder verhogen van de afvalbeheerbijdrage, om het recyclen op een nog hoger niveau te brengen, lijkt weinig doelmatig – en zadelt de consumenten met een hogere prijs op zonder dat hier welvaartswinst tegenover staat.

Literatuur

- CE Delft (2016), *Ketenemissies warmtelevering – Directe en indirecte CO₂ emissies van warmtetechnieken*. Te vinden op www.ce.nl
- CE Delft (2022), *Emissiekengetallen elektriciteit*. Te vinden op www.ce.nl
- EZK (2021) *Regeling vaststelling voorschotverlening duurzame energieproductie en klimaattransitie*. Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
- Gradus, R. en E. Dijkgraaf (2019) *Afvalbeleid kan doelmatiger*. ESB, 104(4770), 68–70.
- Gradus, R., P. Nillesen, R. van Koppen en E. Dijkgraaf (2017) *A cost-effective analysis for incineration or recycling of Dutch household plastic waste*. *Ecological Economics*, 135, 22–28.
- IenW (2021) *Kennisgeving van het algemeen verbindend verklaren van de overeenkomst inzake de afvalbeheerbijdrage voor matrassen*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Staatscourant 49806.
- Morris, J. (1996) *Recycling versus incineration: an energy conservation analysis*. *Journal of Hazardous Materials*, 47(1-3), 277–293.
- Mulder, A. (2018) *Matrascyclus: een kans om niet te laten liggen*. ABN Amro Rapport, oktober.
- RetourMatras (2016) *CO₂-vergelijking*. Te vinden op www.retourmatras.nl.
- RIVM (2021) *Recycling van matrassen: analyse van risico's van verwerking en nieuwe toepassingen*. RIVM-briefrapport, 2021-0131.
- USI (2016) *Op weg naar een circulaire matrascyclus: verkenning van de matrascyclus en de mogelijkheden voor het sluiten van de matrascyclus in de Regio Utrecht-Amsterdam*. Utrecht Sustainability Institute, Cirkelregio Utrecht. Te vinden op www.cirkelregio-utrecht.nl.
- USI (2018) *De matrascyclus: cijfers, drempels en kansen voor circulaire matrassen*. Utrecht Sustainability Institute, Alliantie Cirkelregio Utrecht. Te vinden op www.cirkelregio-utrecht.nl.
- Zoelen, B. van (2021) *Fabrikanten gaan betalen voor oude matrassen: maar niet die vieze natte uit Amsterdam*. *Het Parool*, 23 augustus.