



Partners **for**
Innovation



Consequenties van de duurzaamheidsvisies van Milieudefensie voor land- gebruik in de EU

Haalbaarheid van de visie van Milieudefensie op het gebied van voedsel, energie en materialen wat betreft het beslag op Europees landareaal.

Eindrapportage, 3 september 2025

Partners for Innovation | Peter Karsch, Rosa Jager, Lucas Roos Lindgreen en Francisca Demmendaal-Wit

In opdracht van: Milieudefensie | Contactpersoon: Niels Debonne

Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	3
1.1 Achtergrond	3
1.2 Doelstelling.....	3
1.3 Aanpak	3
2. Algemene uitgangspunten	5
2.1 Tijdsperiode en bereik.....	5
2.2 Thema-overstijgende elementen	5
3. Literatuurstudie thema Voedsel.....	7
3.1 Visie Milieudefensie	7
3.2 Afbakening	7
3.3 Huidig landgebruik landbouw Europa	8
3.4 Toekomstig scenario	9
3.5 Toekomstig landgebruik.....	13
3.6 Discussie en conclusie	13
4. Literatuurstudie thema Energie.....	15
4.1 Visie Milieudefensie	15
4.2 Afbakening	15
4.3 Huidig landgebruik energievoorziening Europa	16
4.4 Toekomstig scenario	20
4.5 Toekomstig landgebruik.....	21
4.6 Discussie.....	22
5. Literatuurstudie thema Materialen	24
5.1 Visie Milieudefensie	24
5.2 Afbakening	24
5.3 Huidig landgebruik materialen Europa.....	24
5.4 Toekomstig scenario	26
5.5 Toekomstig landgebruik.....	27
5.6 Discussie en conclusie	28
6. Synthese	30
6.1 Het effect van drie transitie op Europees landgebruik	30
6.2 Conclusie	33
7. References.....	34
Bijlagen	36

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Milieudefensie, opgericht op 6 januari 1971, maakt onderdeel uit van het grootste milieunetwerk ter wereld, het Friends of the Earth International netwerk (FoEI), en kan binnen Nederland gezien worden als een van de invloedrijkste milieuorganisaties. Sinds 2016 richt zij haar activiteiten met name op de klimaatcrisis: de aarde warmt op door de uitstoot van broeikasgassen, maar grote vervuilende bedrijven gaan door met hun gangbare bedrijfsvoering. Milieudefensie maakt zich hard voor een duurzame en (klimaat)rechtvaardige wereld, met een goed leven voor iedereen, een eerlijk verdeling van natuurlijke rijkdommen en een houdbare circulaire economie. Daar is een systeemverandering voor nodig, met transities op het gebied van landbouw, energie en materialen. Milieudefensie heeft voor deze drie transities een toekomstvisie opgesteld, die toelicht waarom deze transities nodig zijn en hoe deze er idealiter uitzien met als uitgangspunt dat het past binnen de Europese grenzen. Om deze visie kracht bij te zetten en daarmee actie te kunnen ondernemen, wil Milieudefensie onderzoeken of haar visie realistisch is voor wat betreft het benodigde landgebruik.

Milieudefensie Nederland heeft Partners for Innovation gevraagd om onderzoek uit te voeren naar de gevolgen van de door Milieudefensie wenselijk geachte transities op het gebied van energie, voedsel en circulariteit voor het in de EU beschikbare landareaal. De onderzoeksvraag is door Milieudefensie als volgt geformuleerd:

“Tot welke Europese landgebruiksveranderingen leiden de toekomstvisies van Milieudefensie en hoe verhoudt zich dat tot het beschikbare Europese landareaal?”

1.2 Doelstelling

Doelstelling is het opstellen van een gedegen rapport, waarin met de best beschikbare literatuur beredeneerd wordt wat de gevolgen zijn voor het landareaal in de EU van de grote transities die Milieudefensie uitdraagt op het gebied van verduurzaming van de landbouw, duurzame energieproductie en circulair materialengebruik. Daarbij is uitgegaan van de omvang en inhoud van die transities conform de betreffende toekomstvisie van Milieudefensie. Dit rapport dient als onderbouwing van de toekomstvisie van Milieudefensie.

1.3 Aanpak

De werkzaamheden zijn verdeeld over verschillende stappen, die hieronder kort zijn toegelicht. De aanpak en resultaten zijn in de volgende hoofdstukken meer in detail beschreven.

Stap 1: Inventarisatie literatuur, uitgangspunten en afbakening

Voor alle drie de thema's is een inventarisatie naar relevante bronnen uitgevoerd. Daarbij zijn drie primaire bronnen geselecteerd die als basis fungeren voor de calculaties in het onderzoek. Daarnaast zijn enkele aanvullende bronnen gebruikt als referentiemateriaal voor bijvoorbeeld definities

en constatering. Voor dit onderzoek gelden algemene, overkoepelende uitgangspunten, die gelden als basis voor alle thema's. Deze zijn samengevat in hoofdstuk 2. Daarnaast is voor elk van de drie thema's een afbakening met specifieke uitgangspunten opgesteld. Deze zijn opgenomen in hoofdstukken 3 t/m 5 voor elk van de betreffende thema's.

Stap 2: Literatuurstudie per thema

Aan de hand van de geselecteerde literatuur is bij elk thema allereerst ingegaan op de belangrijkste uitgangspunten van de betreffende toekomstvisie en afbakening. Vervolgens is ingegaan op de huidige situatie en welke toekomstscenario's worden beschreven in de literatuur, en bediscussieerd wat deze scenario's kunnen betekenen voor het toekomstig landgebruik.

De uitgewerkte literatuurstudies voor de thema's voedsel, energie en materialen zijn opgenomen in respectievelijk hoofdstukken 3 t/m 5.

Stap 3: Synthese

Ter beantwoording van de onderzoeksvraag zijn in hoofdstuk 6 de bevindingen per thema in relatie tot elkaar beoordeeld om tot een overzicht te komen van het totaal benodigde landareaal en wat dat betekent voor de visie alsook voor het toekomstperspectief in het algemeen.

2. Algemene uitgangspunten

Voor dit onderzoek gelden algemene, overkoepelende uitgangspunten, die gelden als basis voor alle thema's. Deze zijn hieronder uitgewerkt.

2.1 Tijdsperiode en bereik

- Wat betreft de tijdshorizon geldt dat in principe is gericht op verkenningen voor de periode tot 2050. Waar mogelijk wordt de data uit de literatuur genormaliseerd dan wel geëxtrapoleerd naar deze tijdsperiode, zodat de uitkomsten vergelijkbare waarden opleveren.
- Het Europese landareaal omvat 27 landen die momenteel zijn aangesloten bij de Europese Unie (zie figuur 2.1 en bijlage 1 voor de lijst met landen). In dit onderzoek gaan wij uit van het landareaal binnen deze EU27.



Figuur 2.1: Kaart met 27 EU-landen (1)

2.2 Thema-overstijgende elementen

- Ruimte voor de natuur is geen expliciet deel van de transitievisies van Milieudefensie. Het is voor Milieudefensie wel nuttig om te kunnen tonen hoeveel land er voor natuur overblijft met de drie toekomstvisies en ook om een inschatting te krijgen van hoe natuur eventueel negatief beïnvloed wordt door de visies.

- Voor alle toekomstvisies van Milieudefensie geldt dat natuurinclusieve oplossingen de voorkeur krijgen. Zo zal een oplossing met multifunctionele bossen de visie van Milieudefensie beter representeren dan een verkenning met grote uitbreiding van plantages / monocultuurbossen

3. Literatuurstudie thema Voedsel

De literatuurstudie voor het thema voedsel gaat allereerst in op de visie van Milieudefensie om het achterliggende gedachtengoed inzichtelijk te maken en de studie af te bakenen. Vervolgens zijn begrippen gedefinieerd, waarna verschillende toekomstscenario's zijn verkend om de visie te kunnen realiseren. Dit resulteert in verschillende calculaties om het effect op het landgebruik in de EU27 te kunnen bepalen. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een discussie en conclusie.

3.1 Visie Milieudefensie

De Voedselvisie van Milieudefensie beschrijft de effecten van ons huidige voedselsysteem, variërend van een oneerlijke handelspositie voor boeren, een slechte gezondheid door ons voedingspatroon, afnemende natuurkwaliteit en klimaatverandering. Daarom pleit Milieudefensie voor 'Eerlijk, gezond en duurzaam voedsel voor iedereen' gebaseerd op een toekomstbestendig voedselsysteem dat binnen de grenzen van de planeet past. Daarbij hoort betaalbaar en gezond voedsel, een eerlijke prijs voor boeren én het nemen van verantwoordelijkheid voor problemen.

Dit kan worden samengevat in de volgende uitgangspunten :

- Landbouwtransitie: voedselproductie met gebruik van fossiele brandstoffen, kunstmest en gewasbestrijdingsmiddelen wordt gestopt. Agro-ecologische landbouw is de norm, gericht op het sluiten van kringlopen, functionele agrobiodiversiteit en gemengde bedrijfsvoering met respect voor mens en planeet.
- Eiwittransitie: ons eetpatroon wordt aangepast door het eten van minder bewerkte producten, vlees en zuivel, en meer groenten, fruit, peulvruchten, noten en granen. Dit verlaagt de uitstoot van broeikasgassen, het areaal landgebruik voor landbouw en draagt bij aan natuurherstel.
- Eerlijke (wereld)handel: wereldwijde voedselzekerheid en -rechtvaardigheid staan centraal, waarbij kennis, innovatieve technologie en kapitaal vrij gedeeld worden. Met goed gereguleerde bedrijven, korte ketens en toereikend verdienmodel kan iedereen van bereikbaar en betaalbaar voedsel worden voorzien. Alle spelers in de korte keten zijn toegewijd aan samenwerking, lokale ontwikkeling en waardering voor het landschap en het voedsel.
- Rechtvaardigheid: grote bedrijven nemen hun verantwoordelijkheid en gebruiken hun miljardenwinsten om zich in te zetten voor eerlijk, gezond en duurzaam voedsel met respect voor mens en planeet. Door gezamenlijk zeggenschap bepalen we hoe het voedsel wordt geproduceerd, verdeeld, gemaakt en geconsumeerd.

3.2 Afbakening

Op basis van de visie over voedsel is het onderzoek afgebakend met het oog op de relatie met landgebruik, dit resulteert in de volgende onderwerpen waar de literatuur op gebaseerd moet zijn dan wel aspecten van moet bevatten:

- Er wordt uitgegaan van een **agro-ecologisch landbouwsysteem** (Zie Box 1). Dit betekent minimaal of geen kunstmest, niet-Europees krachtvoer en pesticiden. Daarbij worden kringlopen (lokaal) gesloten.
- De bevolking past haar eetpatroon aan van dierlijke eiwitten naar ten minste 70% plantaardige eiwitten, en eet minder bewerkte producten, vlees en zuivel, en meer groenten, fruit, peulvruchten, noten en granen. Dit heet de **eiwittransitie** en is in lijn met het Planetary Health Diet (zie Box 2).
- De landbouw is in de wereldhandel gericht op **minder export** en **minder import**. Korte ketens worden gestimuleerd.

Box 1: Agro-ecologische landbouw

Bij agro-ecologische landbouw staan lokale omstandigheden, lokale kennis en zeggenschap (autonomie) van de boer centraal. Deze boer heeft inzicht in bodem-, water- en klimaatomstandigheden en kennis van lokale gewassen, kruiden, insecten en het bodemleven. De bedrijfsvoering is gericht op het sluiten van kringlopen, bijvoorbeeld met een gemengd bedrijf, korte ketens en minimaal tot geen gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest (2). Een agro-ecologische boer past de bedrijfsvoering aan om niet tegen, maar met de natuur te werken, o.a. door functionele agrodiversiteit en door de synergie op te zoeken tussen de agro-ecologische elementen, zoals dieren, gewassen, bodem, water en bomen. Agro-ecologie versterkt de economische weerbaarheid van landelijke gebieden op basis van korte keten, en eerlijke en veilige voedselproductie (3).

Een extensief onderzoek heeft 11 principes opgeleverd die ten grondslag liggen aan een agro-ecologisch systeem (3), namelijk: recycling, reductie van input van buitenaf, zoals gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest, en bevordering van zelfvoorzienendheid, gezonde bodem en bodemleven, dierenwelzijn, biodiversiteit, synergie tussen elementen van agro-ecosystemen, economische diversiteit en onafhankelijkheid, co-creatie van kennis, sociale waarden en diëten, eerlijkheid, verbinding tussen producenten en consumenten, beleid op land en natuurlijke grondstoffen, en participatie.

Box 2: Planetary Health Diet (4)

Het 'Planetary health diet' geeft richtlijnen voor de optimale verdeling van de mate waarin verschillende voedseltypen in samenhang kunnen worden geconsumeerd ten behoeve van onze gezondheid en een duurzaam milieu. Het benadrukt een dieet met veel plantaardige producten, zoals granen, fruit, groenten, noten en peulvruchten. Zuivel en vlees vormen in dit dieet nog steeds een belangrijk onderdeel, maar in significant lagere proporties ten opzichte van de plantaardige producten.



3.3 Huidig landgebruik landbouw Europa

Volgens de meest recente (2023) statistieken van Eurostat (5) beslaat het huidige landbouwareaal in Europa 160,9 miljoen hectare (Mha). Hiervan is circa 109,7 Mha (68%) in gebruik als akkerbouw, inclusief permanente teelten, de overige 51,2 Mha (32%) betreft (permanent) grasland.

Het Joint Research Center (JRC) (6) heeft gemodelleerd dat in 2021 ongeveer 66,4 Mha van de Europese (EU-27) beschikbare akkergrond in gebruik was voor eigen consumptie en 27,6 Mha voor export. Voor permanent grasland betrof dit 35,5 respectievelijk 6,9 Mha. Tegelijkertijd leidde de

import van plantaardige en dierlijke producten tot een landbeslag van 49,6 Mha respectievelijk 3,6 Mha buiten de EU.

Uitgaande van een volledig gebruik van het huidig landbouwareaal in 2023 (160,9 Mha) en gelijk gebleven import van plantaardige en dierlijke producten (53,2 Mha) betreft het landgebruik voor ons huidige consumptiepatroon 214,1 Mha¹.

Tabel 2.1: Huidig landgebruik landbouw, import en consumptie in Europa (EU-27) in Mha

Type landgebruik	*Import (2021)	**Eurostat (2023)	Europese consumptie
Akkergrond	49,6	109,7	159,3
Grasland	3,6	51,2	54,8
Landbouwareaal	53,2	160,9	214,1

* JRC (6)

** Utilised agricultural area by categories.

3.4 Toekomstig scenario

Literatuur

Waar mogelijk is literatuur gebruikt die zo goed mogelijk voldoet aan het beantwoorden van de afgeleide onderzoeksvraag voor voedsel, namelijk:

“Tot welke Europese landgebruiksveranderingen leidt de toekomstvisie voor voedsel van Milieudefensie en hoe verhoudt zich dat tot het beschikbare Europese landareaal?”

Hierbij is gelet op (een combinatie van) de volgende invalshoeken overeenkomend met de afbakening, namelijk:

1. een agro-ecologisch voedselsysteem;
2. een gebalanceerd en gezond eetpatroon volgens de verhoudingen tussen dierlijke en plantaardige eiwitten die voortvloeien uit het *Planetary Health* dieet; en
3. minder export en import van voedsel en voedselgerelateerde producten en meer korte ketens.

Op basis hiervan zijn de volgende referenties zijn als meest relevant beoordeeld, waarvan twee studies op basis van complexe modellen op globaal niveau en één studie op basis van cijfers op regionaal niveau:

- 1) Schiavo et al. (2021) An agroecological Europe by 2050: What impact on land use, trade and global food security? (7)

In deze referentie zijn de effecten op zowel landgebruik gemodelleerd voor Europa (EU-27) in 2050 op basis van de volgende relevante uitgangspunten:

- a. Toepassing van agro-ecologische landbouw in Europa (EU-27) door een extensief en gevarieerd akkerbouwsysteem zonder gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest, een gesloten stikstofkringloop door toepassing van

¹ Dit is inclusief plantaardige en dierlijke producten zoals katoen, wol en leder.

- groenbemesters, en extensieve veehouderij (in combinatie met akkerbouw) zonder invoer van sojabonen.
 - b. Verschuiving naar een gezond en gebalanceerd eetpatroon in Europa (EU-27) volgens de aanbevolen voedingswaarden (eiwittransitie of planetary health diet). Dit houdt in een verlaagde calorische inname, minder dierlijke producten, olie en verwerkte producten, en meer fruit en groente, ruwe granen en plantaardige eiwitten.
 - c. Focus op handel (import en export) van 38 geaggregeerde agri-food producten tussen 14 delen van de wereld. Geen focus op korte ketens.
- 2) Rööös et al. (2022) Agroecological practices in combination with healthy diets can help meet EU food system policy targets. (8)

In deze referentie zijn de effecten op onder meer landgebruik gemodelleerd voor Europa (EU-27) in 2050 op basis van de volgende relevante uitgangspunten:

- a. Toepassing van agro-ecologische landbouwpraktijken in Europa (EU-27) door gemengde bedrijfsvoering (akkerbouw en veeteelt), lage input van meststoffen en groenbemesters, lokale grondstoffen en diversiteit van teelten.
 - b. Toepassing van een duurzaam en gezond eetpatroon volgens het EAT-Lancet dieet (Planetary Health Diet) met de nadruk op het verminderen van onnodige voedselconsumptie (verlaagde calorische inname) en overmatige consumptie van dierlijke producten, met name varkens en pluimvee. Er vindt een toename plaats in de consumptie van duurzame, plantaardige producten.
 - c. Toepassing van korte ketens, waarbij de afzet van nationaal of lokaal geproduceerd voedsel op nationaal niveau en in Europa prioriteit krijgt ten opzichte van de afzet naar de rest van de wereld.
- 3) Schön en Böhringer (2023) Land consumption for current diets compared with that for the planetary health diet – How many people can our land feed? (9)

In deze referentie zijn de effecten op landgebruik gemodelleerd voor de regio Hesse in Duitsland op basis van de volgende uitgangspunten:

- a. Streven naar zelfvoorzienendheid door voedselproductie voor zowel de mens als vee in dezelfde regio.
- b. Toepassing van een duurzaam en gezond eetpatroon volgens het EAT-Lancet dieet (Planetary Health Diet) met de nadruk op een verlaagde calorische inname en minder consumptie van dierlijke producten. Er vindt een toename plaats in de consumptie van duurzame, plantaardige producten.
- c. Agro-ecologisch landbouwpraktijken met extensieve veehouderij en 7-jarige gewasrotatie.

In de volgende paragrafen is uitgewerkt wat volgens deze referenties de effecten zijn van de betreffende invalshoeken op Europees landgebruik, gevolgd door een discussie en conclusie.

Scenario's en het effect van agro-ecologische landbouw, gezond dieet en/of korte ketens op landgebruik

In de studie van Schiavo et al. (2021) zijn twee scenario's uitgelicht, die interessant zijn voor dit onderzoek, namelijk:

- a) ALONE_UltrapEU: het effect van de toepassing van agro-ecologische landbouw in Europa (EU-27) in combinatie met het huidige voedingspatroon gebaseerd op verwerkte producten en relatief veel vlees. Dit scenario is in lijn met de visie van Milieudefensie wat betreft landbouwpraktijken, maar niet wat betreft eetpatronen.
- b) ALONE: het effect van de toepassing van agro-ecologische landbouw in combinatie met een gebalanceerd en gezond eetpatroon in Europa (EU-27). Dit scenario is zowel wat betreft landbouwpraktijken als eetpatronen in lijn met de visie van Milieudefensie.

In scenario ALONE_UltrapEU neemt het landbouwareaal in de EU-27 netto met 5 Mha af. Om het huidige eetpatroon te kunnen handhaven, neemt het areaal akkers met 12 Mha af om ruimte te bieden aan weilanden voor vee, die toenemen met 7 Mha. Er vindt een verschuiving plaats naar de teelt van sojabonen en de productie van plantaardige producten wordt verlaagd. De resulterende landbouwproducten uit Europa alleen zijn daarmee onvoldoende om de Europese bevolking te voorzien in het huidige consumptiepatroon. Dit heeft als resultaat dat Europa sterk afhankelijk is van de rest van de wereld voor de aanvullende producten, met name gewassen, en wordt daarmee een grote importeur (toename van 36%). Dit betekent een groot volume aan import vanuit overige werelddelen die hieraan tegemoet moeten komen, waardoor de natuurwaarden en biodiversiteit in die werelddelen hoogstwaarschijnlijk verder onder druk komen te staan.

Voor scenario ALONE geldt dat, als gevolg van de agro-ecologische landbouw en het gezondere eetpatroon, een afname plaatsvindt van zowel het productievolume van plantaardige als dierlijke producten alsook de import van deze producten. Door het gezondere voedingspatroon wordt er van sommige gewassen minder verbouwd (suikerbiet, grassen, raapzaad en tarwe), terwijl het aandeel in fruit, groente, mais en vooral peulvruchten en sojabonen toeneemt. Daarbij verschuift de EU bovendien van netto importeur naar netto exporteur met een zeer lichte toename in export. Met dit gezondere eetpatroon en agro-ecologische productie kan de EU-27 derhalve de Europese bevolking van voedsel voorzien. In de rest van de wereld neemt de productie globaal iets af door de verminderde import vanuit de EU. In totaal is het aandeel landbouwgrond in de EU in 2050 afgenomen met 13 Mha (7%), waarvan 3 Mha (3%) akkerland en 9 Mha (14%) weilanden² ten opzichte van de baseline in 2010.

De studie van Rööß et al. (2022) gaat naast de effecten van agro-ecologische landbouw en een gezonder eetpatroon ook in op het effect van korte ketens op landgebruik. Eén van de vijf onderzochte scenario's voldoet aan deze drie invalshoeken, namelijk:

- c) Local-agroecological-food-systems: het effect van de toepassing van agro-ecologische landbouwpraktijken op 50% van het Europese landbouwareaal, waarbij de biologische stikstoffixatie door groenbemesters wordt gecomplementeerd met kunstmest. Herkauwers zijn belangrijk voor het gemengd bedrijf en worden volledig gevoerd met gras. Begrazing door extensieve veeteelt is gelimiteerd om biodiversiteit te beschermen. Een

² Verschil vermoedelijk door afronding.

gezond eetpatroon (planetary health diet) is geadopteerd, maar met een hoger aandeel aan zuivel en vlees van herkauwers. De handel prioriteert korte ketens, waarbij producten eerst worden afgezet binnen het land, dan binnen de EU en daarna pas wereldwijd.

Het scenario Local-agroecological-food-systems resulteert in een relatief kleine afname in het areaal grasland, omdat herkauwers nog steeds een rol spelen in het eetpatroon en ruimte nodig is voor extensieve veeteelt. De samenstelling van gewassen verandert met een significante toename naar plantaardige eiwitten, met name peulvruchten, en plantaardige oliën. Daarnaast neemt de productie van fruit, groente en noten toe door een verdubbeling van de consumptie in de EU. Bovendien draagt dit scenario dusdanig bij aan overige beleidsdoelen van Europese Commissie, zoals klimaat, gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en biodiversiteit, dat deze ruimschoots worden behaald. In totaal komt 32% akkerland vrij en 13% grasland ten opzichte van de baseline in 2012. De procentuele afnames in landgebruik van dit scenario, toegepast op het vrijwel gelijke landbouwareaal in 2023, komen overeen met 35,1 Mha voor akkerland en 12,6 Mha voor grasland, met in totaal een afname van 47,7 Mha in 2050. Wel blijkt dat niet elk land volledig zelfvoorzienend kan zijn door de verschillende geografische en klimatologische omstandigheden (8) en daardoor is aangewezen op producten uit andere Europese landen.

In de studie van Schön en Böhringer (2023) is de zelfvoorzienendheid met betrekking tot de voedselproductie voor zowel de mens als vee onderzocht voor Hesse, een regio in Duitsland. Vanwege de overeenkomstige visies wat betreft consumptiepatroon (PHD) en agro-ecologische landbouw is deze studie geïncorporeerd in dit onderzoek. Een belangrijke kanttekening is echter dat door de extreme kleinschaligheid deze studie niet 1 op 1 betrouwbaar is te extrapoleren naar de rest van Europa. De bevindingen zijn daarom enkel geëxtrapoleerd ten behoeve van het formuleren van een theoretisch beeld op Europees niveau, maar dienen slechts ter verbeelding. Daarbij zijn twee scenario's uitgelicht, die interessant zijn voor dit onderzoek, namelijk:

- d) Livestock for PHD: het effect op landgebruik met behoud van de hoeveelheid vee die nodig is voor het consumptieniveau behorende bij een gezond eetpatroon (EAT Lancet of Planetary Health Diet).
- e) Livestock for extensive: het effect op landgebruik door een gezond eetpatroon (EAT Lancet of Planetary Health Diet) in combinatie met agro-ecologische praktijken en extensieve veeteelt.

Het scenario Livestock for PHD (d) toont aan dat wanneer alle inwoners van Hesse volgens de Planetary Health Diet zou consumeren, de hoeveelheid benodigde landbouwgrond om het vee te kunnen onderhouden met lokale grondstoffen volstaat en er 14%-65% van de huidige weilanden en 14-47% van de huidige akkers nodig is. In totaal is er voldoende akkergrond over voor gewassen voor menselijke consumptie, inclusief veevoer: in geval van een Planetary Health Diet is 74% van de beschikbare akkergrond nodig. Echter, in dit scenario is de huidige diversiteit van gewassen ontoereikend, bovendien in concurrentie met veevoeder, en worden de weilanden niet efficiënt benut.

In het scenario Livestock for extensive (e) wijzigt het veevoeder naar voornamelijk gras en luzerne, waardoor de productie van vee vermindert, maar wordt een agro-ecologisch landbouwsysteem aangewend die de nodige variatie in gewassen voor menselijke consumptie met zich meebrengt. In het geval van een PHD en extensieve veehouderij is er 89% van de in Hesse beschikbare akkergrond

voor menselijke consumptie én dierlijke consumptie nodig, 84% aan beschikbaar weiland. Dit betekent dat een Planetary Health Diet in combinatie met een agro-ecologisch landbouwsysteem haalbaar is binnen de beschikbare grenzen van Hesse. Met het oog op een theoretische opschaling binnen Europa, zou dit een afname zijn van 12,1 Mha aan akkerland en 8,2 Mha aan weiland, waardoor 87,4% van het beschikbare landbouwareaal in gebruik is. Het landgebruik voor landbouw zou hiermee in totaal 20,3 Mha (12,6%) afnemen.

3.5 Toekomstig landgebruik

Op basis van de scenario's kunnen de volgende relevante uitkomsten worden samengevat:

- De studie van Schiavo et al. (2021) laat zien dat alleen een agro-ecologisch voedselsysteem met behoud van ons huidige consumptiepatroon onhaalbaar is zonder een grote toename in de import van landbouwproducten en Europa daarmee niet zelfvoorzienend kan zijn. Alleen met een agro-ecologisch voedselsysteem in combinatie met een gezond eetpatroon kan Europa zelfvoorzienend zijn en neemt het areaal landgebruik voor landbouw af met 13 Mha.
- De studie van Rööß et al. (2022) voorspelt een grotere afname van het landbouwareaal van 47,7 Mha op basis van een agro-ecologisch voedselsysteem op 50% van het beschikbare landbouwareaal, een EAT-Lancet dieet met iets meer zuivel en vlees én korte ketens (nationaal, EU en dan wereldwijd). Op basis van dit scenario kan eveneens worden geconcludeerd dat Europa zelfvoorzienend kan zijn.
- Ten slotte is de studie van Schön en Böhringer (2023) geprojecteerd op regionaal niveau, maar laat een afname zien van de benodigde hoeveelheid landbouwareaal tot 87,4% op basis van een gezond eetpatroon (EAT Lancet of Planetary Health Diet (4)) in combinatie met agro-ecologische praktijken en extensieve veeteelt. Daarmee kan de regio zelfvoorzienend zijn in de voedselproductie voor zowel haar inwoners als het vee. Opgeschaald naar Europa zou dit een theoretische afname van het landbouwareaal betekenen van 20,3 Mha.

Op basis van de onderzochte studies kan worden geconcludeerd dat:

- 1) De mogelijke winst op landgebruik voor zowel akkerbouw als weilanden door een agro-ecologisch voedselsysteem in combinatie met een gezond consumptiepatroon betreft 13,0 M ha (8,1%) en kan oplopen van 20,3 Mha (12,6%) tot 47,7 Mha (29,6%) wanneer ook korte ketens worden toegepast.
- 2) De EU verschuift van een netto importeur naar netto exporteur en kan op basis van deze scenario's zelfvoorzienend zijn.
- 3) Het toekomstig landgebruik voor landbouw door een agro-ecologisch voedselsysteem in combinatie met een gezond consumptiepatroon bedraagt daarmee $160,9 - 13,0 = 147,9$ M ha tot $160,9 - 47,7 = 113,2$ M ha.

3.6 Discussie en conclusie

De studies van Schiavo et al. (2021) en Rööß et al. (2022) hebben beide (combinaties van) de invalshoeken onderzocht die ten grondslag liggen aan de toekomstvisie over voedsel van Milieudefensie. Daarbij is gebruik gemaakt van complexe modellen, die onder andere biofysische parameters en

wereldhandel in achtnemen, gekalibreerd met gegevens uit verschillende databases. Vanwege het hoge abstractieniveau van deze modelleerstudies is daarom ook gekeken naar de uitkomsten van een aanvullende studie op regionaal niveau, gebruikmakend van actuele cijfers. In de studie van Schön en Böhringer (2023) zijn de effecten van een gezond eetpatroon (EAT Lancet of Planetary Health Diet) in combinatie met agro-ecologische praktijken en het kunnen onderhouden van vee middels extensieve veeteelt op landgebruik en zelfvoorzienendheid onderzocht in Hesse, een regio in Duitsland. De uitkomsten van zowel de globale modelleerstudies als de studie op regionaal niveau laten een vergelijkbaar resultaat zien met betrekking tot het effect op landgebruik, met een toekomstig landgebruik tussen 147,9 en 113,2 Mha. Dit past binnen het huidige landgebruik van 160,9 Mha.

Op basis van bovenstaande conclusies betreft het eindoordeel als volgt:

De toekomstvisie voor voedsel van Milieudefensie, namelijk een agro-ecologisch voedselsysteem in combinatie met een gezond consumptiepatroon, en eventueel korte ketens, past binnen het landgebruik voor landbouw in Europa (EU-27) in 2050. Hierbij is nog geen rekening gehouden met het benodigde toekomstig landgebruik op basis van de visies voor energie en materialen.

4. Literatuurstudie thema Energie

4.1 Visie Milieudefensie

De Energievisie van Milieudefensie is nog in de maak, maar enkele [leidende principes](#) staan wel al op papier en zijn voor intern gebruik te raadplegen. Vraagvermindering is leidend. Milieudefensie heeft voor Nederland het hierna volgende beeld geschetst. Verkenningen die voor Europa een gelijkwaardig beeld vooropstellen passen dus goed bij deze visie.

De Energievisie van Milieudefensie benadrukt de noodzaak van een snelle en rechtvaardige transitie naar een schoon energiesysteem in Nederland, gebaseerd op hernieuwbare energie en een vermindering van energieverbruik en consumptie en kan als volgt worden samengevat:

- Het huidige energiesysteem, gebaseerd op fossiele brandstoffen, veroorzaakt hoge CO₂-uitstoot en draagt bij aan klimaatverandering (10). Dit systeem leidt tot hoge energieprijzen, vooral voor mensen met lage inkomens, terwijl bedrijven in de olie- en gas-industrie recordwinsten boeken (11).
- Eerlijke bijdrage Nederland: om de opwarming van de aarde te beperken tot 1,5 graad, moet Nederland al ver voor 2050 CO₂-neutraal zijn (11). Dit vereist een snelle omschakeling naar hernieuwbare energie en vermindering van energieverbruik en consumptie. Inclusieve en democratische processen zijn nodig voor fundamentele keuzes.
- Rechtvaardigheidsprincipes: een snelle energietransitie moet gebaseerd zijn op rechtvaardigheidsprincipes, waarbij de macht verschuift van private bedrijven naar mensen. Toegang tot betaalbare schone energie is een basisbehoefte en moet voor iedereen gegarandeerd zijn. Een gedecentraliseerd en democratisch energiesysteem is nodig.
- Respect voor natuur en ecosystemen: een hernieuwbaar energiesysteem moet in harmonie zijn met de natuur en binnen de ecologische grenzen van de planeet opereren. Vervuilende energiebronnen die bijdragen aan ontbossing en vervuiling hebben geen plek in een schoon energiesysteem. Dit beschermt de biodiversiteit en waarborgt intergenerationele rechtvaardigheid.

4.2 Afbakening

In de aanloop naar de uitvoering van deze studie zijn door Milieudefensie operationele doelstellingen geformuleerd die handvatten bieden voor het toekomstige energiesysteem dat volgt uit de energievisie:

- Grosso modo wordt uitgegaan van een derde minder primair energieverbruik, dus circa 2000 PJ, te bereiken op redelijk korte termijn (circa 2035).
- Zo veel mogelijk elektrificeren, idealiter 100%. Op basis van de technische mogelijkheden en enkele andere overwegingen komt Milieudefensie uit op het volgende beeld:
 - Zonne-energie: 125 TWh (450 PJ)
 - Wind op land: 40,6 TWh (146 PJ)
 - Wind op zee: 323,9 TWh (1.166 PJ)

- Tekort van 61,1 TWh (220 PJ): in te vullen met buitenluchtwarmte (8,3 TWh / 30 PJ) en extra wind op zee (resterende 52,8 TWh / 190 PJ) en/of met meer innovatieve bronnen zoals geothermie.
- Geen inzet van biomassa als brandstof in brede zin, dus geen inzet van biomassa voor energieopwekking.
- Geen energie-importen op koloniale wijze; dat houdt ook in dat Milieudefensie uitgaat van stopzetting van import van waterstof (zowel blauw als groen). Gebruik van lokaal (in de EU) geproduceerde waterstof past wel in de Milieudefensie-visie.
- Geen nieuwe kernenergie, bestaande centrales mogen gehandhaafd worden, maar moeten op den duur afgebouwd worden; moeten niet blijven leveren.
- Windenergie: we sluiten wind op land niet uit, maar wind op zee heeft de voorkeur. Scenario's met meer wind op zee liggen dus dicht bij de Milieudefensie-visie. Een beeld hiervan is geschetst in de Klimaat en Energie Verkenning van PBL dd. 2023 (de zogeheten KEV23).
- Het gebruik van EV-accu's als achtervang past bij de Milieudefensie-visie, echter Milieudefensie gaat uit van een afname van het aantal auto's (richtgetal 2 miljoen wagens; zie Gulden Snelweg rapport).
- Milieudefensie gaat uit van een tijdsgebonden, snelle uitfasering van fossiele brandstoffen, met een onmiddellijke stop op de exploratie en ontwikkeling van nieuwe fossiele projecten. Dit is in lijn met wat nodig is voor het halen van anderhalve graden opwarming.
- Combinatie van zon en wind en flexibele achtervang voor constante stroomvoorziening.
- Zon: zo veel mogelijk op daken, zonneweides zijn ook een optie.

Deze operationele doelstellingen, c.q. de invulling van het toekomstige energiesysteem die daar uit volgt wordt zo veel mogelijk als basis gekozen voor de berekening van het toekomstige scenario (paragraaf 4.4) en vervolgens het bijbehorende landgebruik (paragraaf 4.5).

Voor wat betreft de afbakening voor de berekening het huidige landgebruik van het Europese energiesysteem baseren we ons op de meest recente statistieken die daarvoor beschikbaar zijn.

4.3 Huidig landgebruik energievoorziening Europa

Om het huidige landgebruik van de energievoorziening van Europa te becijferen wordt gebruik gemaakt van relevante statistieken (met name van Eurostat) met betrekking tot het huidige energiegebruik per energiebron, gecombineerd met kengetallen over het daaraan gerelateerde landgebruik uit eerdere studies.

Uitgangspunt is derhalve het overzicht van de huidige energiemix in Europa op basis van gegevens van Eurostat. In het onderstaande overzicht is weergegeven hoe de energiemix in Europa er in 2022 (dit is de meest recente complete dataset in Eurostat) uitziet. De gebruikte dataset is bijgevoegd als separaat Excelbestand, hierin zijn tevens de cijfers per EU-lidstaat opgenomen. De cijfers zijn zowel in Mtoe (Million ton oil-equivalent) als in TWh (Terawatt-uur) weergegeven.

Tabel 4.1 Energieverbruik in Europa per bron in 2022 (Eurostat 2024)

Energy source	%	Mtoe	TWh
Solid fossil fuels	11,6%	162,34	1.887,99
Peat and peat products	0,1%	1,28	14,88
Oil shale and oil sands	0,2%	2,94	34,18
Natural gas	21,1%	294,36	3.423,42
Oil and petroleum products (excluding biofuel portion)	36,8%	514,08	5.978,69
Renewables and biofuels	17,9%	249,81	2.905,25
Non-renewable waste	1,0%	14,39	167,40
Nuclear	11,1%	155,48	1.808,25
Total	100,0%	1.396,68	16.243,43

Eveneens op basis van Eurostat-gegevens (% per energiebron in totaal) is een verdere onderverdeling gemaakt van de 249,81 Mtoe die afkomstig is van hernieuwbare bronnen:

Tabel 4.2 Energie uit hernieuwbare bronnen in Europa, 2022 (Eurostat, 2024)

Energy from renewable sources	%	Mtoe	TWh
Wind on shore	32,8%	81,9	952,8
Wind off shore	4,5%	11,3	131,3
Hydro	29,7%	74,2	863,2
Solar photovoltaic	17,7%	44,3	515,4
Solar thermal	0,4%	1,0	11,3
Biofuels (liquid/gaseous/solid)	14,2%	35,6	414,0
Geothermal	0,6%	1,4	16,1
Total	100,0%	249,7	2904,0

(NB in de totalen ontstaat een klein afrondverschil)

Berekening landgebruik met de gegevens van omrekenfactoren uit UNECE, 2022

Op basis van de gegevens uit deze twee tabellen, in combinatie met de omrekenfactoren uit het rapport 'Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment' (UNECE, 2022 (12)) is in de volgende tabel een inschatting gemaakt van het landgebruik dat is gekoppeld aan de huidige energiemix in Europa. Verwaarloosbaar kleine energiebronnen (voor wat betreft het landgebruik) zijn hieruit weggelaten. Dit betreft de energiebronnen peat/peat products, oil shale and oil sands, oil and petroleum products en non-renewable waste.

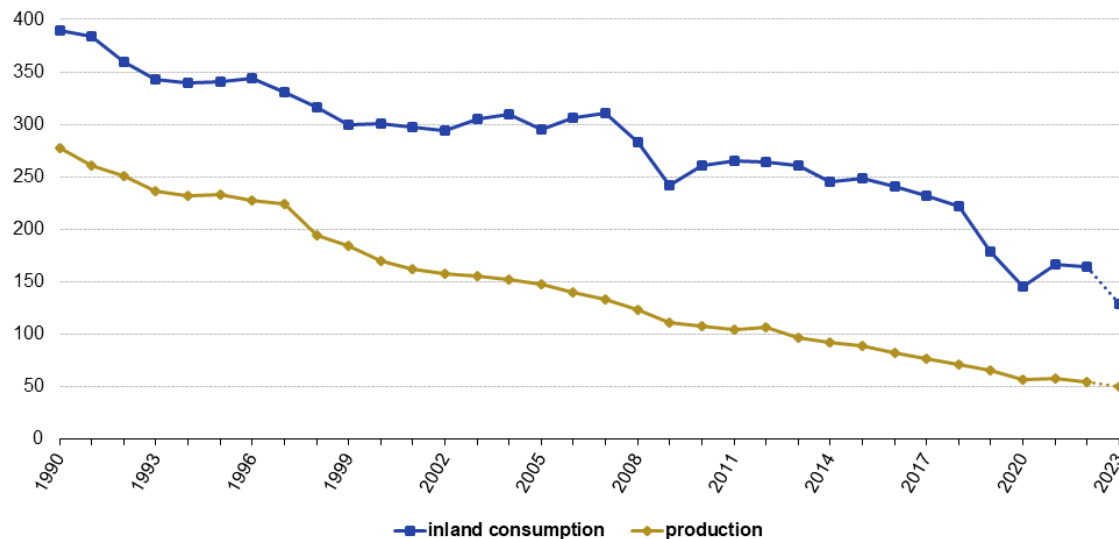
Tabel 4.3 Landgebruik van de huidige energiemix in Europa, 2022 (Eurostat 2024, UNECE 2022)

Energy source	TWh	ha/TWh	ha x 1.000		
			Median	Minimum	Maximum
Solid fossil fuels*	1.887,99	1500	2.832	1.699	4.531
Natural gas	3.423,42	100	342	171	1.369
Nuclear	1.808,25	30	54	18	72
Wind on shore	952,77	40**	38	19	48
Hydro	863,16	3.300***	2.848	2.072	3.539
Solar photovoltaic	515,38	812****	418	278	783
Biofuels*****	413,95		3.700	3.700	3.700
Total	9.864,91		10.234	7.957	14.043

* Solid fossil fuels: hierbij gaat het om het ruimtebeslag van de winning van steenkool en bruinkool binnen en buiten Europa (ruim 60% hiervan wordt geïmporteerd, hiervan vindt het ruimtebeslag derhalve buiten Europa plaats).

Inland consumption and production of hard coal, EU, 1990-2023

(million tonnes)



Note: Dashed lines represent cumulated monthly data.

Source: Eurostat (online data code: nrg_cb_sff, nrg_cb_sffm)

eurostat 

**Voor wind op land wordt het directe landgebruik van de turbines aangehouden, niet het totale projectareaal waarop de windmolens worden geplaatst (hiervoor wordt een omrekenfactor gehanteerd die kan variëren tussen de 840 en 24.700 ha/TWh). Aangezien vrijwel altijd sprake is van meervoudig landgebruik is het in onze optiek realistisch te rekenen met de directe ‘footprint’ van de turbines. Een kanttekening hierbij is dat de inzet van wind op land beperkingen met zich mee kan brengen voor andere vormen van landgebruik (zoals woningbouw) met name in dichtbevolkte gebieden als Nederland.

***Voor grootschalige waterkrachtcentrales (> 660 MW) is het relatieve landgebruik per TWh beduidend lager (1.400 ha/TWh), echter aangezien data over precieze geïnstalleerde capaciteit ontbreekt en het aantal waterkrachtcentrales van deze schaal in Europa zeer beperkt is, gaan we uit van het gemiddelde landgebruik voor kleine- en middelgrote waterkrachtcentrales. De studie ‘Hydropower pressure on European rivers- the story in numbers’ (Schwarz, U., 2019 (13)) geeft een overzicht van het aantal waterkrachtcentrales in Europa per capaciteitsklasse (dat aangeeft dat 1,9% van het aantal bestaande centrales een capaciteit heeft > 100

MW) en bevestigt het beeld dat kleinere centrales een relatief grote impact hebben, in grondbeslag en in schade voor de biodiversiteit.

****Voor het landgebruik gekoppeld aan zon-PV is er van uitgegaan dat 60% op daken is geïnstalleerd en de resterende 40% op de grond op basis van gegevens van de Europese brancheorganisatie Solar Power Europe (14).

*****Voor landgebruik voor de productie van biobrandstoffen is geen omrekenfactor beschikbaar in het rapport van de UNECE. Het landgebruik is daarom gebaseerd op een studie van 'The Carbon and Food Opportunity Costs of Biofuels in the EU27 plus the UK' van het Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (Fehrenbach, H. et al, 2023 (15)). Deze studie maakt een inschatting van landgebruik benodigd voor de inzet van vloeibare en gasvormige biobrandstoffen.

Voor de inzet van houtige en andere vaste biomassa wordt aangenomen dat het om reststromen van onder andere bosbouw en houtindustrie gaat, en het primaire landgebruik derhalve niet aan opwekking van bio-energie kan worden toegeschreven. Hier worden in verschillende publicaties kanttekeningen bij geplaatst (onder andere "EU bioenergy policy: debunking the myths on forest biomass" (16)). Hierbij wordt onder andere gesteld dat stammen die ook geschikt zijn voor houtproductie verstookt worden in energie-installaties. Een rapport van JRC (The use of woody biomass for energy production in the EU (17)) schat in dat het voor elektriciteitsproductie ingezette hout voor ca. 20% uit stammen bestaat, echter stelt ook dat niet kan worden vastgesteld welk deel daarvan eventueel voor de productie van timmerhout zou kunnen worden ingezet. Hoewel niet kwantificeerbaar op basis van ons bekende studies kan worden gesteld dat het aannemelijk is dat een deel van het voor bosbouw ingezette landgebruik dient te worden toegerekend aan energieopwekking.

Het totale landgebruik gekoppeld aan het energieverbruik in de Europese Unie bedraagt volgens deze berekening ruim 10 miljoen hectare. Kanttekening daarbij is dat kleinere energiebronnen (zoals geothermie) hier vanwege het ontbreken van betrouwbare informatie niet in zijn meegenomen. In de tabel is tevens de berekening opgenomen voor het minimum en maximum landgebruik, eveneens op basis van de omrekenfactoren uit UNECE (2022) (12) en Ritchie, H. (2022) (18). Het minimum komt dan uit op een kleine 8 miljoen hectare, het maximum op ruim 14 miljoen hectare. Aangezien het bij de 'median' waarde om een meer gewogen gemiddelde (gelijk aantal waarden onder en boven de median waarde) gaat, kan worden aangenomen dat deze waarde tot de meest betrouwbare berekening leidt.

Berekening landgebruik met de gegevens van omrekenfactoren uit Lovering, 2022

Naast de rapportage van UNECE die in bovenstaande berekeningen is gebruikt, is tijdens de inventarisatiefase besloten naar een tweede bron te kijken waarin eveneens omrekenfactoren zijn berekend voor het landgebruik van verschillende energiebronnen: het onderzoeksrapport 'Land-use intensity of electricity production and tomorrow's energy landscape' (Lovering, J. et al, 2022 (19)).

De berekening van landgebruik op basis van deze omrekenfactoren is weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 4.4 Landgebruik van de huidige energiemix in Europa, 2022 (Eurostat, 2024; Lovering, 2022)

Energy source	TWh	ha/TWh	ha x 1.000 Median
Solid fossil fuels	1.887,99	1.000	1.888
Natural gas	3.423,42	410	1.404
Nuclear heat	1.808,25	7,1	13
Wind on shore*	952,77	130	124
Hydro	863,16	650	561
Solar photovoltaic	515,38	800	412
Biofuels**	413,95		3.700
Total	9.864,91		8.102

*Lovering et al. geeft eveneens een waarde voor de directe footprint van de turbines (in de tabel opgenomen: 130 ha/TWh) en wanneer het totale projectareaal wordt meegerekend (12.000 ha/TWh), ook hier is weer gerekend met de direct footprint.

**Ook in deze studie is geen waarde voor biofuels opgenomen, derhalve wordt wederom gebruik gemaakt van Fehrenbach et al, 2023.

Op basis van deze berekening komen we op een totaal beslag op landgebruik van ruim 8 miljoen hectare, ofwel ongeveer op de minimumwaarde die op basis van de omrekenfactoren van UNECE kan worden berekend. De belangrijkste oorzaken van deze lagere waarde liggen in de omrekenfactoren voor solid fossil fuels en (vooral) waterkracht, waarbij opvallend is dat voor wind op land en aardgas juist een beduidend hogere factor wordt gehanteerd. Het belangrijkste verschil wordt veroorzaakt door de omrekenfactor voor waterkracht (3.300 ha/TWh volgens UNECE versus 650 ha/TWh volgens Lovering et al. (2022)). Door Lovering et al. (2022) wordt aangegeven dat voor deze energiebron de onzekerheid in de berekening het grootst is: *“In all scenarios, the uncertainty is dominated by the standard deviation in the LUIE of hydroelectric, which is large due to the regional variability of hydroelectric resources”*.

4.4 Toekomstig scenario

Voor het toekomstscenario is de belangrijkste referentie het ‘Paris Agreement Compatible Scenarios for Energy Infrastructure’ (verder: ‘PAC-scenario’). Dit scenario sluit op de meest belangrijke punten (o.a. reductie van energiegebruik en doelstellingen voor hernieuwbare energiebronnen) goed aan bij de visie van Milieudefensie. Een nieuwe versie van het PAC-scenario (PAC 2.0) is verschenen in november 2024 (20).

Het PAC 2.0 scenario heeft de volgende uitgangspunten:

1. Ambitieuze vermindering van de vraag door duurzame veranderingen in levensstijl mogelijk te maken, met circulariteit en technologische innovatie - terwijl ruimtelijke behoeften, primair materiaalgebruik en het stimuleren van investeringen in infrastructuur.
2. Overgang naar een 100% hernieuwbaar energiesysteem door te investeren in hernieuwbare energie en flexibiliteit van het energiesysteem - met inbegrip van netwerken en energieopslag die aanzienlijk moeten toenemen, wat leidt tot een hoge mate van elektrificatie, en uitfasen van fossiele- en kernenergie in 2040.
3. Versnelling van de integratie van energiesystemen, waarbij renovaties van gebouwen worden gekoppeld met warmtepompinstallaties en installaties voor hernieuwbare stadsverwarming.

4. Een verschuiving naar een duurzaam transportsysteem ondersteunen, met een kleiner en geëlektrificeerd wagenpark, beter openbaar vervoer (trein, bus) en een groter aandeel fietsen en lopen.
5. Groene transformatie van de industrie, waarbij het gebruik van primaire materialen wordt verminderd en circulariteit wordt bevorderd.

Alle bovengenoemde acties leiden tot aanzienlijke verminderingen van broeikasgasemissies en meer koolstofverwijdering, namelijk:

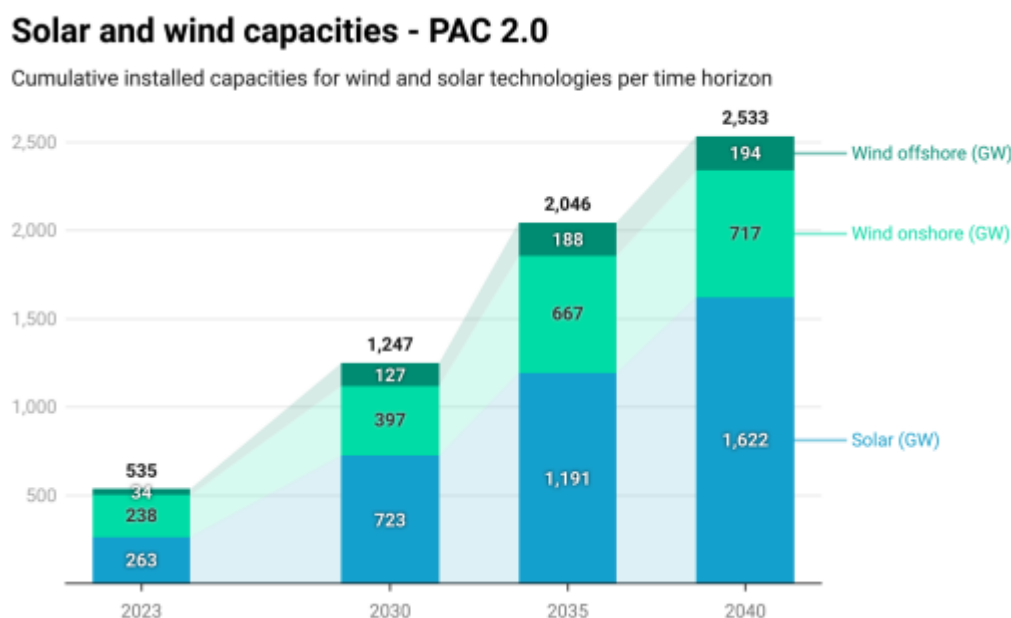
- 65% reductie in bruto emissies en 72% netto emissiereducties in 2030;
- 82% reductie van bruto emissies en 91% netto emissiereducties tegen 2035;
- 92% reductie van bruto emissies en 102% netto emissiereducties tegen 2040.

Specifiek voor wat betreft de besparing van energie en implementatie van hernieuwbare bronnen richt PAC 2.0 zich op de volgende doelstellingen:

- 20,7% reductie van de vraag naar energie in 2030 en 42,8% reductie in 2040, vergeleken met de prognoses van het PRIMES 2020-referentiescenario (21). Dit geeft aan dat de huidige energie-efficiëntiedoelstelling van de EU van 11,7% ruim kan worden overtroffen.
- Een jaarlijkse toename van de inzet van duurzame energiebronnen (voornamelijk wind- en zonne-energie) met +38-59%, ten opzichte van de geïnstalleerde capaciteit in 2023 (of verdrievoudiging ten opzichte van het EU27-gemiddelde tussen 2020-2022), waarbij meer dan 1,25 TW aan geïnstalleerde capaciteit in 2030 en 2,5 TW in 2040 wordt gerealiseerd.

4.5 Toekomstig landgebruik

De energiemix in 2040 ziet er op basis van de modellering in het PAC 2.0 rapport (20) als volgt uit:



Figuur 4.1 Geïnstalleerde capaciteit zonne- en windenergie conform het PAC 2.0 scenario

Dit komt neer op een energiemix bestaande uit 64% zonne-energie, 28,3% wind op land en 7,7% wind op zee. Wat betreft het totale energiegebruik gaat PAC 2.0 uit van de volgende getallen:

Tabel 4.5 Energiesysteem conform PAC 2.0 (20)

2040 pathway (PatEx)						
Total energy use	Unit	2015	2020	2030	2035	2040
Primary energy consumption	TWh	15587	15586	9945	7026	5707
	Mtoe	1340	1340	855	604	491
Final energy consumption (FEC)	TWh	10830	10572	7974	6488	5354
	Mtoe	931	909	686	558	460
Renewable energy sources (RES) over FEC	%	16%	19%	52%	76%	104%
Electrification rate	%	26%	26%	43%	60%	80%
Total GHG emissions (incl. carbon removals)	MtCO _{2e}	3300	3120	1110	373.2	-100.3

Het beslag op landgebruik kan, gebruikmakend van de omrekenfactoren uit respectievelijk UNECE, 2022 en Lovering et al, 2022 als volgt worden berekend:

Tabel 4.6 Landgebruik van de energiemix in Europa in 2040 cf. PAC 2.0

Energy source	TWh	UNECE	Lovering et al		
		ha/TWh	ha x 1.000	ha/TWh	ha x 1.000
Zonne-energie (waarvan 60% op daken)	3.428	812	2.784	800	2.743
Wind op land	1.516	40	61	130	197
Wind op zee	410				
	5.354		2.844		2.940

Het landgebruik in dit scenario wordt op basis van de beide gehanteerde sets omrekenfactoren worden bepaald op respectievelijk 2,8 en 2,9 miljoen hectare.

Hierbij valt allereerst op dat de waarden zeer dicht bij elkaar liggen (Lovering et al, 2022 geeft een 3,4% hogere waarde dan UNECE, 2022). De beduidend hogere omrekenfactor voor wind op land heeft door het relatief lagere aandeel in de energiemix weinig impact op het totaal en wordt enigszins gecompenseerd door de iets lagere omrekenfactor voor zon PV.

4.6 Discussie

De belangrijkste onzekerheden in het huidige landgebruik voor de energievoorziening liggen in de omrekenfactoren voor waterkracht en de berekening van de footprint van wind op land. Meer zekerheid over het berekende areaal kan worden verkregen door nader onderzoek naar het landgebruik voor deze twee energiebronnen.

Het huidige landgebruik gerelateerd aan energie in Europa (tussen de 8 en 14 miljoen ha) wordt in het PAC 2.0 scenario aanzienlijk gereduceerd (naar een kleine 3 miljoen ha). Deze reductie wordt voornamelijk gerealiseerd door de drastische vermindering van energiegebruik die in dit scenario wordt voorzien.

Verschil en overeenkomsten tussen het PAC 2.0 scenario voor Europa (paragraaf 4.5) en de toekomstvisie van Milieudefensie voor Nederland (paragraaf 4.1):

- De energiemix (verhouding tussen zon PV, wind op land en wind op zee) verschilt aanzienlijk tussen beide scenario's (PAC 2.0: 64%/28,3%/7,7%; Milieudefensie 23%/7%/59% - resterende

11% op te vullen door kleine bronnen als geothermie). Hier klinkt de specifieke situatie van Nederland met veel druk op ruimtegebruik en een wat lager dan gemiddeld potentieel voor zon-PV in door.

- Zowel PAC2.0 als de toekomstvisie van Milieudefensie gaan uit van volledige elektrificatie van de energievoorziening.
- In geen van beide scenario's wordt gekozen voor waterkracht, in verband met de negatieve impacts o.a. op biodiversiteit en natuur.
- In beide scenario's ligt een sterke nadruk op het reduceren van het totale energieverbruik.

5. Literatuurstudie thema Materialen

5.1 Visie Milieudefensie

De visie van Milieudefensie over de industrie is gebruikt als leidraad voor dit hoofdstuk. In deze visie gelden de volgende uitgangspunten, die van toepassing zijn voor het thema materialen:

- Het verminderen van primaire grondstoffen.
- Het uitfasen van materialen uit fossiele grondstoffen.
- Efficiënt gebruik van materialen die reeds in gebruik zijn in de maatschappij.
- Hoogwaardige toepassing van biobased materialen.

5.2 Afbakening

De maakindustrie omvat een breed palet aan typen materialen en sectoren. Het is binnen de scope van dit onderzoek niet haalbaar om al deze sectoren en materialen in detail te analyseren. Met het oog op de onderzoeksvraag, namelijk om landgebruiksveranderingen te bepalen ten gevolge van de toekomstvisie en hoe dit zich verhoudt tot het beschikbare Europese landareaal, is er daarom voor gekozen om de focus te leggen op materialen met een significante impact op landgebruik. Wat betreft materialen zijn dit vooral biobased materialen, waarvan de grondstoffen afkomstig zijn uit de veeteelt, tuinbouw, landbouw of bosbouw, waarvoor aanzienlijke hoeveelheden landoppervlak is vereist. Daarnaast beperkt de scope zich tot de toepassingen van biobased materialen die het grootste landgebruik met zich meebrengen. Daarbij is gekozen voor twee sectoren die niet alleen een hoog materiaalverbruik kennen, maar ook grote mogelijkheden bieden voor de inzet van biobased materialen als alternatief voor fossiele grondstoffen: de bouwsector en de chemische industrie. In de bouw worden bijvoorbeeld vezelgewassen, zoals hennep en olifantsgras, gebruikt voor isolatie, plaatmateriaal en dakbedekking, en worden aanzienlijke hoeveelheden hout gebruikt voor constructiedelen. In de chemie wordt onder andere suikerriet en maïszetmeel gebruikt als basis voor kunststoffen en worden plantaardige oliën gebruikt als basis voor verf en cosmetica.

5.3 Huidig landgebruik materialen Europa

Omrekenfactoren

Binnen deze studie is het niet haalbaar om voor alle gewassen ten behoeve van biobased materialen het aandeel landgebruik te achterhalen. Daarom is ervoor gekozen om te werken met algemene omrekenfactoren, die de massa van het geproduceerde materiaal koppelen aan de benodigde hoeveelheid land.

Er zijn aparte omrekenfactoren voor materialen uit de bosbouw en land- of tuinbouw, omdat deze verschillende opbrengsten per hectare hebben. Ook zijn er verschillende omrekenfactoren voor de verschillende sectoren, omdat de opbrengst per hectare sterk verschilt afhankelijk van de toepassing. Voor isolatiemateriaal kan bijvoorbeeld alleen de vezel van de plant worden gebruikt, terwijl voor chemische toepassingen in sommige gevallen uitsluitend de zaden, waaruit olie wordt gewonnen, geschikt zijn.

Omrekenfactor hout in de bouw

Afhankelijk van het type hout en het type beheer wordt er tussen de 5 en 10 m³ hout per hectare per jaar geproduceerd (22). Het soortelijk gewicht van droog (gereed) hout ligt tussen de 0,3 en 0,8 ton per m³ (23). Deze factor is van belang om te bepalen hoeveel ha bos nodig is voor de uiteindelijke vraag naar hout. Uitgaande van een gemiddelde productie van 7,5 m³ per hectare en een gemiddelde dichtheid van 0,5 ton per m³ komt dit neer op een productie van **3,75 ton droog hout per hectare per jaar** en **0,27 hectare per ton droog hout**.

Omrekenfactor gewassen in de bouw

Voor de toepassing van biobased materialen in de bouw wordt uitgegaan van een combinatie van verschillende gewassen. De opbrengst per hectare varieert sterk tussen de toegepaste gewassen, zoals vezelhenneep (24) (10 ton per hectare per jaar), bamboe (15 ton per hectare per jaar), vezelvlas (1,4 ton vezel per hectare per jaar), olifantsgras (25) (20 ton per hectare per jaar). Door een gemiddelde te nemen van deze waarden wordt in dit onderzoek **11,6 ton droge biomassa per hectare per jaar** gehanteerd en **0,09 hectare per ton droge biomassa**.

Omrekenfactor hout en gewassen in de chemische sector

Voor de chemische sector is de studie van het European Joint Research Centre (JRC) (26) als uitgangspunt gebruikt. Deze bron is gekozen wegens de hoge betrouwbaarheid en grondigheid van de Europese Commissie. Hierin worden tien verschillende producten uit de chemische sector gecombineerd, waaronder zowel hout als andere biobased materialen, zoals suiker, zetmeel en plantaardige oliën. Deze studie komt uit op een gemiddeld landgebruik van **0,51 hectare per ton product**, wat neerkomt op ongeveer **2 ton product per hectare per jaar** (26). Hoewel de specifieke cijfers voor hout en andere gewassen niet afzonderlijk worden gepresenteerd, blijkt uit de studie dat de productgroepen die grotendeels uit hout bestaan gemiddeld een benodigd grondoppervlak van 0,49 hectare per ton hebben. Dit suggereert dat hout verreweg het grootste deel van het landoppervlak voor de chemische sector verbruikt..

Huidig materiaalgebruik in de bouwsector

De cijfers over het totale materiaalgebruik in de bouw in Europa lopen uiteen. Enerzijds stelt Metabolic (2023) (27) dat de bouw in Europa jaarlijks *1094 Mton* materiaal per jaar vergt. Daarentegen stelt de European Environmental Agency (EEA) (28) dat ongeveer een derde van de Europese materiaalconsumptie voor de bouw is bestemd. Dit komt neer op 2.200 Mton, uitgaande van een Europees materiaalverbruik van 6.600 Mton in 2023 (Eurostat (2024)) (29). Het verschil in waarden is waarschijnlijk toe te schrijven aan de gehanteerde scope en in hoeverre materialen toegekend zijn aan de bouwsector. Voor de berekeningen in dit onderzoek wordt een afgerond gemiddelde van deze twee waarden gebruikt, namelijk **1.500 Mton**.

Cijfers over het aandeel biobased materiaal van het algemene materiaalgebruik in de bouw voor Europa zijn niet gevonden. Daarom worden in deze berekeningen gegevens van Nederland gebruikt en geëxtrapoleerd naar het materiaalgebruik voor de bouw in Europa. In Nederland is momenteel 2,1% van de bouwmaterialen biobased (30), waarvan 2% afkomstig van hout en 0,1% van overige gewassen. Op basis van de algemene materiaalconsumptie van 1.500 Mton per jaar, betreft het aandeel biobased materialen **31,5 Mton**, waarvan **30 Mton** hout en **1,5 Mton** overige gewassen.

Huidig materiaalgebruik in de chemische sector

In de chemische sector wordt het materiaalgebruik binnen de EU geraamd op 310 Mton per jaar (31), waarvan 3% uit biobased materiaal bestaat (26). Dit komt neer op 9,3 Mton biobased materiaal (zowel hout als andere gewassen).

Huidig landgebruik voor materialen

Om het landgebruik voor de productie van deze biobased materialen te berekenen zijn de omrekeningsfactoren gehanteerd uit paragraaf 5.4. Voor de bouwsector geldt 0,27 hectare per ton hout en 0,09 hectare per ton overige gewassen, en voor chemische producten 0,51 hectare per ton. Dit leidt tot het volgende geschatte landgebruik:

Tabel 5.1 Huidig landgebruik voor materialen

Sector	Totaal (Mton)	Grond categorie	Aandeel massa biobased materiaalverbruik in Europa (%)	Biobased materiaalverbruik in Europa (Mton)	Benodigde oppervlakte biobased materiaal (M ha)
Bouw	1500	Hout	2	30	8,1
		Overige gewassen	0,1	1,5	0,1
Chemie	310	Hout + Overige gewassen	3	9	4,5

5.4 Toekomstig scenario

In de toekomstvisie voor materialen van Milieudefensie is het gebruik van virgin fossiele grondstoffen volledig uitgefaseerd. Dit houdt in dat fossiel-gebaseerde grondstoffen uitsluitend geproduceerd mogen worden uit gerecyclede materialen (recycalaat) en verder vervangen worden door biobased alternatieven. Biobased materialen worden daarbij op hoogwaardige wijze ingezet, met nadruk op toepassingen die hun maximale waarde benutten. Daarnaast wordt sterk ingezet op een circulaire omgang met materialen, waardoor de afhankelijkheid van nieuwe, niet-hernieuwbare grondstoffen aanzienlijk wordt vermindert.

Toekomstig materiaalgebruik in de bouwsector

In het rapport van Copper8 (30) worden verschillende strategieën onderzocht voor een duurzamere bouwsector in Nederland, waarvan een aantal aansluit op de visie van Milieudefensie:

- De strategie “opstoppen en transformeren” reduceert materiaalgebruik door het vernieuwen van huidige gebouwen in plaats van het bouwen van nieuwe gebouwen. Het scenario voorziet een besparing van materiaalgebruik van 19,4%.
- De strategie “hoogwaardig hergebruik” reduceert primair materiaalgebruik door hergebruik van materialen. Het scenario voorziet een besparing van primair materiaalgebruik van 4%.
- De strategie “biobased bouwen” reduceert het materiaalgebruik in massa met 11,7% door het gebruik van lichtere materialen.

Wanneer bovenstaande strategieën worden toegepast, is de totale reductie van materiaalgebruik 35%. Met het oog op het algemene materiaalgebruik van de bouwsector in Europa van 1.500 Mton, zou deze reductie neerkomen op een materiaalgebruik van **975 Mton**.

Naast de strategieën die effect hebben op de reductie van materiaalgebruik, gaat de strategie gericht op biobased bouwen uit van een groei in het gebruik van biobased bouwmaterialen. In het rapport wordt bepaald dat uiteindelijk 30% van de jaarlijkse Europese woningvraag gerealiseerd kan worden met hout. Deze 30% van de bovengenoemde 975 Mton betekent dat er in 2050 **293 Mton** hout toegepast wordt in woningen. In het rapport van Copper8 worden overige biobased materialen niet genoemd; daarom wordt de huidige verhouding tussen hout- en biobased bouwmaterialen in Nederland gehanteerd, namelijk van 95% hout en 5% overige biobased materialen. Dit resulteert in **14 Mton** aan overige biobased materialen die in 2050 in de bouw gebruikt zullen worden.

Toekomstig materiaalgebruik in de chemische sector

Om een schatting te maken van het toekomstig materiaalgebruik in de chemische sector, is gekeken naar de verwachte groei. Tussen 2018 en 2025 werd een groei verwacht in het gebruik van biobased materialen van 3,6% per jaar bij een business-as-usual (BAU) scenario (JRC, 2019). Op basis van de 9,3 Mton aan huidig biobased materiaalgebruik en deze jaarlijkse groei van 3,6%, zal dit aandeel toenemen tot **23 Mton** in 2050. Dit zou betekenen dat het huidige aandeel biobased feedstock in de chemische sector (zie ook paragraaf 5.3) groeit van 3% naar 8%. Dit is ver verwijderd van de visie van Milieudefensie, waarin fossiele grondstoffen worden uitgefaseerd. Dit scenario wordt daarom gezien als ‘conservatief’ scenario.

Naast het conservatieve scenario hebben wij ook een ‘ambitieuw’ scenario opgesteld. Dit scenario is gebaseerd op een onderzoek van Schipfer et al. (2017) (32) met als scope de Europese industrie, waarin wordt uitgegaan van een vervanging van 70% van de fossiele feedstock door biobased feedstock. Op basis van 9,3 Mton aan huidig biobased materiaalgebruik, die gelijkstaat aan een aandeel van 3% van het materiaalgebruik in de chemische sector, en een toename van dit biobased aandeel naar 70%, komt dit neer op **217 Mton**.

5.5 Toekomstig landgebruik

Toekomstig landgebruik in de bouwsector

Uitgaande van de veronderstelling dat 30% van de jaarlijkse Europese woningvraag gerealiseerd zal worden met hout (293 Mton), en uitgaande van een gemiddelde opbrengst van 3,75 ton per hectare, resulteert dit in een benodigde oppervlakte van **78 miljoen hectare voor bosbouw**. Voor 14 Mton overige biobased materialen, met een opbrengst van 10 ton per hectare, is vervolgens een oppervlakte van **1,4 miljoen hectare landbouwgrond** nodig.

Toekomstig landgebruik in de chemische sector

In de conservatieve benadering wordt uitgegaan van een toekomstig materiaalgebruik van 23 Mton (zie paragraaf 5.4), uitgaande dat 8% van de benodigde input voor de chemische industrie afkomstig is van biobased bronnen. Uitgaande van een gemiddelde opbrengst van 2 ton per hectare, resulteert dit in een benodigde oppervlakte van **11,9 miljoen hectare bosbouw- en landbouwgrond**.

In het ambitieuze scenario is het toekomstig materiaalgebruik berekend op 217 Mton in de veronderstelling dat 70% van de benodigde input voor de chemische industrie afkomstig is van biobased bronnen. Uitgaande van een gemiddelde opbrengst van 2 ton per hectare, resulteert dit in een benodigde oppervlakte van **109 miljoen hectare bosbouw- en landbouwgrond**.

Tabel 5.2 Toekomstig landgebruik voor materialen

Sector	Totaal (Mton)	Grond categorie	Aandeel massa biobased materiaalverbruik in Europa (%)	Biobased materiaalverbruik in Europa (Mton)	Benodigde oppervlakte biobased materiaal (Mha)
Bouw	975	Hout	30	293	78,0
		Landbouw	1,4	14	1,4
Chemie	310	Hout + landbouw (conser vatief)	8	23	11,9
		Hout + landbouw (ambiti-eus)	70	217	108,5

5.6 Discussie en conclusie

Discussie

Binnen dit deelonderzoek zijn enkele beperkingen aan bod gekomen. Ten eerste hebben de sectoren 'bouw' en 'chemie' een overlap in landgebruik, waardoor ze niet als volledig onafhankelijke sectoren gezien kunnen worden. Als gevolg van de beperkte scope van dit onderzoek is hier wel vanuit gegaan, wat zorgt voor een overschatting van het benodigde ruimtegebruik. Naar inschatting zal dit een marge zijn van minder dan 1% van de totale hoeveelheid landgebruik; voor de bouwsector gaat het grotendeels om hout, en voor chemie juist met name om gewassen voor productie van biopolymeren, zoals suikerriet of mais. Desalniettemin kan het niet uitgesloten worden dat er overlap plaatsvindt, dus wordt er uitgegaan van een foutmarge van 1%. Daarnaast zorgt de keuze om omrekenfactoren te hanteren voor een afname in detail. Deze factoren zijn gebruikt vanwege het beperkte aantal studies die binnen dezelfde scope en tijdsspanne een inschatting maken van veranderingen in landgebruik. Hierbij zijn enkele vereenvoudigingen noodzakelijk. Materialen afkomstig van landbouwgrond verschillen bijvoorbeeld sterk in opbrengst per hectare, en vaak worden rest-materialen uit andere productieprocessen ingezet. Hierdoor kan het benodigde grondoppervlak worden ingezet voor meerdere eindproducten.

De inschatting voor het toekomstscenario voor de chemische sector is gebaseerd op een business-as-usual scenario. De eventuele krimp van de productie in deze sector door bijvoorbeeld circulariteit is niet meegenomen in de berekening, aangezien de gebruikte onderzoeken hier geen rekening mee houden. Een additioneel onderzoek naar circulariteit valt buiten de scope van dit onderzoek.

Dit onderzoek biedt een grove inschatting van het benodigde landgebruik op basis van beschikbare gegevens en inzichten uit andere studies. Het geeft een eerste indicatie dat een aanzienlijk deel

van het Europese landbouwareaal in de visie van Milieudefensie gebruikt zal worden voor een materialentransitie. Het onderzoek kan verder worden uitgebreid door meer bronnen, sectoren, materialen en gedetailleerde uitwerkingen van de visie te gebruiken.

Conclusie

Voor de bouwsector geldt dat er naar inschatting een huidig landgebruik is van 8,3 Mha, waarvan 8,1 Mha voor hout en 0,2 Mha voor overige materialen. Deze hoeveelheden omvatten het gehele aandeel van biobased materiaal dat in de bouw gebruikt wordt. In het toekomstscenario (2050) zal dit naar inschatting een omvang hebben van 79,4 Mha, waarvan 78,0 Mha voor hout en 1,4 Mha voor overige materialen.

Voor de chemiesector geldt een huidig landgebruik van 4,5 Mha om de sector te voorzien van bio-based materiaal. Er is een inschatting gemaakt voor een conservatief en een ambitieus toekomstscenario. In het conservatieve scenario zal het landoppervlak gegroeid zijn naar 11,9 Mha. In het ambitieuze scenario is dat 108,5 Mha.

6. Synthese

Dit hoofdstuk dient ter beantwoording van de onderzoeksvraag, zoals geformuleerd door Milieudefensie:

“Tot welke Europese landgebruiksveranderingen leiden de toekomstvisies van Milieudefensie en hoe verhoudt zich dat tot het beschikbare Europese landareaal?”.

Daartoe zijn eerst de bevindingen van de onderzoeken naar de effecten op landgebruik door de transitie voedsel, energie en materialen bij elkaar gebracht met betrekking tot landgebruiksveranderingen. Vervolgens zijn deze getallen in perspectief gezet ten opzichte van het beschikbare Europese landareaal.

6.1 Het effect van drie transitie op Europees landgebruik

Uitkomsten onderzoek Voedsel, Energie en Materialen

Voedsel

Op basis van de onderzochte studies voor voedsel kan worden geconcludeerd dat:

- De mogelijke winst op landgebruik voor zowel akkerbouw als weilanden door een agro-ecologisch voedselsysteem in combinatie met een gezond consumptiepatroon betreft 13,0 Mha (8,1%) en kan oplopen van 20,3 Mha (12,6%) tot 47,7 Mha (29,6%) wanneer ook korte ketens worden toegepast.

Energie

Op basis van de onderzochte studie voor energie kan worden geconcludeerd dat:

- Het huidige landgebruik gerelateerd aan energie in Europa (tussen de 8 en 14 miljoen ha) wordt in het PAC 2.0 scenario aanzienlijk gereduceerd naar een 2,8 tot 2,9 Mha op basis van de gehanteerde sets omrekenfactoren.
- Deze reductie wordt voornamelijk gerealiseerd door de drastische vermindering van energieverbruik die in dit scenario wordt voorzien.

Materialen

Op basis van de onderzochte studie voor materialen kan worden geconcludeerd dat:

- Het huidige landgebruik voor de bouwsector wordt ingeschat op 8,3 Mha, waarvan 8,1 Mha voor hout en 0,2 Mha voor overige materialen.
- In het toekomstscenario (2050) zal het landgebruik voor de bouwsector naar inschatting een omvang hebben van 79,4 Mha, waarvan 78 Mha voor hout en 1,4 Mha voor overige materialen.
- Voor de chemiesector geldt een huidig landgebruik van 4,5 Mha om de sector te voorzien van biobased materiaal.
- In het conservatieve scenario zal het landoppervlak zijn toegenomen naar 11,9 Mha. In het ambitieuze scenario is dat 108,5 Mha.

Tabel 6.1: Landgebruik door voedsel, energie en materialen

Landgebruik	Huidig landgebruik (Mha)	Toekomstig landgebruik minimaal (Mha)	Toekomstig landgebruik maximaal (Mha)
Voedsel	160,9	113,2 (-47,7)	147,9 (-13,0)
Energie	8,0 tot 14,0	2,8 (-5,2 tot -11,2)	2,9 (-5,1 tot -11,1)
Materialen	12,8	91,4 (+ 78,6)	187,9 (+175,1)
<i>Bouwsector</i>	8,3	79,4 (+71,1)	79,4 (+71,1)
<i>Chemiesector</i>	4,5	11,9 (+ 7,4)	108,5 (+ 104,0)

De toekomstvisies voor voedsel en energie leiden tot een afname van landgebruik voor deze transitie. Echter, voor de materialentransitie geldt dat er aanzienlijk meer land nodig is om aan de vraag te kunnen voldoen. In de volgende paragraaf is onderzocht of deze verschuivingen in landgebruik passen binnen het Europese landareaal.

Toekomstig landgebruik in Europa door de transitie voedsel, energie en materialen

De transitie voor voedsel, energie en materialen zullen moeten plaatsvinden binnen de landsgrenzen van de EU27 en zullen daarbij mogelijk met elkaar concurreren voor hetzelfde land.

Huidige situatie

Het huidige landgebruik in EU27 is gebaseerd op de meest recente data van Eurostat (2018) (33) en is weergegeven in figuur 6.1.

Tabel 6.1: Overzicht huidige landbedekking Europa: EU27 (Eurostat 2018)

Landbedekking	2018 Mha	2018 %
Landbouw	*160,9	39,0
Bosbouw	148,2	35,9
Ongebruikte en verlaten gebieden	61,2	14,8
Bewoond gebied en diensten	23,4	5,7
Landgebruik met zware milieu-impact	16,2	3,9
Overig	2,6	0,6
Totaal landgebruik	412,5	100,0%

*Waarde o.b.v. meest recente data uit Eurostat (2023) (5)

Het effect op landgebruik van de voedseltransitie wordt verrekend met het aandeel landbouw, terwijl het effect op landgebruik van de materialentransitie met name invloed heeft op het aandeel bosbouw. Ten slotte zal de energietransitie invloed hebben op het aandeel bewoond gebied en diensten.

Toekomstige situatie

Naar verwachting zal het aandeel bebouwde oppervlakte, zoals bebouwing en infrastructuur, over de jaren toenemen met 711 km² per jaar, dit zal met name ten koste gaan van landbouwgrond (34). Uitgaande van een stabiele toename zal de bebouwde oppervlakte zijn toegenomen en het landbouwareaal afgenomen met 1,6 Mha in 2050.

Tabel 6.2 toont het landgebruik in 2050 op basis van de effecten op landgebruik van de transitie voor voedsel, energie en materialen. Daarbij is ook rekening gehouden met de verschuiving van landgebruik door de verwachte toename aan bebouwde oppervlakken.

Tabel 6.2: Overzicht toekomstig landbedekking Europa (EU27) inclusief toe- en afnames voor voedsel, energie en materialen in 2050

Landbedekking	2050 BAU Mha (%)	2050 Minimaal Mha (%)	2050 Maximaal Mha (%)	2050 Ge- mid- deld Mha	2050 Gemiddeld %
Landbouw	159,3 (38,6)	111,6 (27,1)	146,3 (35,5)	129,0 ±24,5	31,3 ±5,9
Bosbouw	148,2 (35,9)	226,8 (55,0)	323,3 (78,4)	275,1 ±68,2	66,7 ±16,5
Ongebruikte en verlaten gebieden	61,2 (14,8)	61,2 (14,8)	61,2 (14,8)	61,2 ±0,0	14,8 ±0,0
Bewoond gebied en diensten*	25,0 (6,1)	*16,8 (4,1)	**16,9 (4,1)	16,9 ±0,1	4,1 ±0,0
Landgebruik met zware milieu-impact	16,2 (3,9)	16,2 (3,9)	16,2 (3,9)	16,2 ±0,0	3,9 ±0,0
Overig	2,6 (0,6)	2,6 (0,6)	2,6 (0,6)	2,6 ±0,0	0,6±0,0
Totaal	412,5 (100,0)	435,2 (105,5)	566,5 (137,3)	500,9 ±92,8	121,4 ±22,5
Totaal beschikbaar land	412,5 (100,0)	412,5 (100,0)	412,5 (100,0)	412,5 ±0,0	100,0 ±0,0
Vershil	0,0	+22,7 (5,5)	+154,0 (37,3)	+88,4 ±92,8	+21,4 ±22,5

*Gebaseerd op een gemiddelde afname van 8,2 Mha o.b.v. een huidige landgebruik van 8 tot 14 Mha naar 2,8 Mha.

**Gebaseerd op een gemiddelde afname van 8,1 Mha o.b.v. een huidige landgebruik van 8 tot 14 Mha naar 2,9 Mha.

Op basis van de uitgangspunten uit de toekomstvisies van milieudefensie, de geselecteerde literatuur en de gemaakte aannames in de analyse van dit onderzoek blijkt dat de transitie van voedsel en energie land vrij maken, terwijl voor de materialentransitie geldt dat er aanzienlijk meer land voor de productie van biobased materialen en met name hout nodig is. Deze veranderingen in landgebruik zorgen voor een minimaal tekort van 22,7 Mha of 5,5% van het Europese landareaal van 412,5 Mha in met name het bosbouwgebied. Het maximale tekort betreft 154,0 Mha ofwel 37,3%, met een gemiddelde van 88,4 Mha en 21,4%. Een belangrijke kanttekening is dat in het onderzoek aannames zijn gedaan: in het minimale geval is de afwijking slechts 5,5% en gezien deze aannames kan in dit geval niet de conclusie worden getrokken dat de transitie niet passen. Wel blijft overeind dat het conservatieve scenario van het thema materialen een significante toename (circa factor 7) laat zien in landgebruik, waardoor deze transitie als aandachtspunt kan worden aangeduid. Op basis van deze getallen blijkt dat het huidige Europese landareaal enkel toereikend kan zijn als het gebruik van biobased materialen aanzienlijk getemperd wordt. Deze productievermindering zou ook in lijn zijn met de beoogde materialentransitie van Milieudefensie, maar vereist aanvullend onderzoek.

6.2 Conclusie

De transities van voedsel en energie zorgen voor een reductie in het benodigde landareaal. Voor voedsel is dit met name terug te leiden door een verschuiving naar een gezond eetpatroon met meer plantaardige ingrediënten en agro-ecologische praktijken. Hierdoor worden kringlopen (bij voorkeur regionaal) gesloten en is minder landbouwgrond nodig voor veevoeder, waardoor het landbouwareaal worden ingezet voor directe menselijke consumptie. De afname aan landgebruik voor energietransitie is met name toe te kennen aan de inzet op verminderd verbruik. Anderzijds laat de transitie van materialen juist een aanzienlijke toename zien in de benodigde hoeveelheid hout voor de bouwsector, alsook in de chemiesector wanneer wordt uitgegaan van het ambitieuze scenario.

Echter, een belangrijke kanttekening is dat in het onderzoek aannames zijn gedaan: in het minimale geval is de afwijking slechts 5,5% en gezien deze aannames kan in dit geval niet de conclusie worden getrokken dat de transities niet passen. Gezien de significante toename aan landgebruik in de bosbouw voor biobased materialen kan deze transitie als aandachtspunt worden aangeduid. De resultaten van dit onderzoek geven de indruk dat de benodigde veranderingen in landgebruik om tegemoet te kunnen komen aan de drie toekomstvisies van Milieudefensie met betrekking tot de transities voedsel, energie en materialen enkel haalbaar zijn binnen het Europese landareaal in 2050 als de vraag naar en productie met biobased materialen gematigd wordt. Het effect van deze productievermindering vereist aanvullend onderzoek.

7. References

1. **EU.** EU countries. [Online] 2025. https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/eu-countries_en.
2. **Milieudefensie.** *Voedselvisie: Eerlijk, gezond en duurzaam voedsel voor iedereen.* 2024.
3. *Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review.* **Wezel et al., A.** s.l. : Alexander Wezel, Barbara Gemmil Herren, Rachel Bezner Kerr, Edmundo Barrios, Andre Luiz Rodrigues Goncalves, Fergus Sinclair, 2020, Agronomy for Sustainable Development.
4. **EAT-Lancet.** The planetary health diet. [Online] 2019. <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/the-planetary-health-diet-and-you/>.
5. **Eurostat.** Utilised agricultural area by categories. [Online] 2023. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00025/default/table?lang=en&category=t_agr.t_apro.t_apro_cp.
6. **JRC.** European Commission, Joint Research Centre, De Laurentiis, V., Orza, V. and Sala, S., Modelling the land footprint of EU consumption, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/967058, JRC137757>. [Online] 2024.
7. **Schiavo et al., M.** *An agroecological Europe by 2050: What impact on land use, trade and global food security?* s.l. : HAL, 2021. Working Papers hal-03421017.
8. *Agroecological practices in combination with healthy diets can help meet EU food system policy targets.* **Röös et al., E.** 2022, Science of the total environment.
9. *Land consumption for current diets compared with that for the planetary health diet – How many people can our land feed?* **Böhringer, Schön en.** 2023, Sustainability.
10. <https://www.ipcc.ch/ar6-syr/> . [Online]
11. Reuters. Oil and gas industry earned \$4 trillion last year, says IEA chief. [Online] 2023. <https://www.reuters.com/business/energy/oil-gas-industry-earned-4-trillion-last-year-says-iea-chief-2023-02-14/>.
12. **UNECE.** *Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment.* 2022.
13. *Hydropower pressure on European rivers- the story in numbers.* U., Schwarz. 2019.
14. SolarPowerEurope. Annual rooftop and utility scale installation in the EU. [Online] <https://www.solarpowereurope.org/advocacy/solar-saves/fact-figures/annual-rooftop-and-utility-scale-installations-in-the-eu>.
15. Fehrenbach H., et al. *The Carbon and Food Opportunity Costs of Biofuels in the EU27 plus the UK.* s.l. : Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, 2023.
16. EU bioenergy policy: debunking the myths on forest biomass. [Online] <https://www.wwf.eu/?9519941%2Fmythbuster-forest-biomass>.
17. Camia, A., Giuntoli, J., Jonsson, R., Robert, N., Cazzaniga, N. E. et al. *The use of woody biomass for energy production in the EU, Publications Office.* 2021.

18. Ritchie, H., Roser, M. and Rosado, P. Renewable Energy. Our World in Data. [Online] 2022. <https://ourworldindata.org/renewable-energy>.
19. Lovering, J. et al. *Land-use intensity of electricity production and tomorrow's energy landscape*. 2022.
20. Europe, CAN. *PAC 2.0*. 2024.
21. JRC. Modelling Inventory and Knowledge Management System of the European Commission (MIDAS). [Online] 2024. <https://web.jrc.ec.europa.eu/policy-model-inventory/explore/models/model-primes/policy-support/>.
22. Institute, European Forest. Wood production maps for European forests. [Online] 2025. <https://efi.int/knowledge/maps/woodproduction>.
23. Britannica. Properties of wood. [Online] 2025. <https://www.britannica.com/science/wood-plant-tissue/Properties-of-wood>.
24. Dronten, CAH. *Verslag vezelhenne*. 2002.
25. —. *Teelthandleiding vezelhenne*. 2017.
26. JRC. *Insights into the European market for bio-based chemicals*. 2019.
27. Metabolic. Circular Buildings Coalition paves the way for a circular transition in the European built environment. [Online] 2023. <https://www.metabolic.nl/news/circular-buildings-coalition-paves-the-way-for-a-circular-transition-in-the-european-built-environment/>.
28. EEA. Renovations, sustainable building materials can boost Europe's green transition. [Online] 2024. <https://www.eea.europa.eu/en/newsroom/news/renovations-sustainable-building-materials#:~:text=More%20than%2030%25%20of%20the,35%25%20of%20greenhouse%20gas%20emissions..>
29. Eurostat. Material flow accounts statistics - material footprints. [Online] 2024. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Material_flow_accounts_statistics_-_material_footprints#:~:text=For%202022%2C%20the%20material%20footprint,6.6%25%20of%20world-wide%20material%20extraction..
30. Copper8. *Woningbouw binnen planetaire grenzen*. 2023.
31. Eurostat. *Chemicals production and consumption statistics*. 2023.
32. Schipfer et al AA. 2017.
33. Eurostat. Land cover overview by NUTS 2 region. [Online] 2018. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/lan_lcv_ovw/default/table?lang=en&category=lan.
34. EEA. Land en bodem in Europa - steeds verder oprukkend stadsbeton? [Online] <https://www.eea.europa.eu/nl/ema-signalen/signalen-2019/artikelen/land-en-bodem-in-europa#:~:text=Land%20en%20bodem%20in%20Europa%20%E2%80%93%20steeds%20verder,tot%20kleinere%20oppervlakken%2C%20met%20nadelige%20gevolgen%20voor%20ecosystemen..>

Bijlagen

BIJLAGE 1: Lijst EU-landen³

België
Bulgarije
Cyprus
Denemarken
Duitsland
Estland
Finland
Frankrijk
Griekenland
Hongarije
Ierland
Italië
Kroatië
Letland
Litouwen
Luxemburg
Malta
Nederland
Oostenrijk
Polen
Portugal
Roemenië
Slovenië
Slowakije
Spanje;
Tsjechië
Zweden

³ Bron: www.rijksoverheid.nl