

Van Productie tot gebruik: naar minder klimaatimpact van leermiddelen in het onderwijs

Een impactanalyse van productonderdelen in het onderwijs.

versie 3 Mei 2025

Managementsamenvatting

Context en doel van het onderzoek

Het gebruik van leermiddelen in het onderwijs is de afgelopen jaren sterk veranderd door technologische innovaties. Om duurzame leermiddelen en een duurzame leermiddelenketen te bevorderen is de eerste stap het identificeren waar de klimaatimpact zich bevindt. Dit rapport onderzoekt de kwantitatieve klimaatimpact van productonderdelen van een leermiddel per gebruiksjaar: werkboek, leerboek en digitaal gebruik. Door de kwantitatieve onderbouwing biedt dit onderzoek een basis voor een gesprek tussen de leden van de MEVW over beleid met het oog op duurzaamheid tussen (educatieve) uitgeverijen, scholen en andere belanghebbenden.

Methode

Om inzicht te bieden in de klimaatimpact is een systematische opbouw en methode gebruikt om de klimaatimpact van werkboek, leerboek en digitaal gebruik uitgedrukt in CO₂-equivalenten, gedurende de gehele levenscyclus in kaart te brengen. (N.B. de emissiecijfers gerelateerd aan CO₂ zijn ook een sterke indicator voor andere milieu effecten.) Het betreft de klimaatimpact van producten. Dat wil zeggen dat de organisatorische klimaatimpact van uitgeverijen, zoals energieverbruik van kantoren, woon- werkverkeer, zakelijke reizen en algemene bedrijfsvoering niet zijn meegenomen in deze analyse.

De data voor dit onderzoek zijn deels verzameld bij enkele Nederlandse uitgeverijen en in vertrouwen gedeeld. De ontbrekende gegevens zijn aangevuld met waarden uit literatuuronderzoek en aangevuld door de klimaatimpact-experts van New Economy in samenwerking met inhoudelijk experts van MEVW - de brancheorganisatie van (onder andere) educatieve uitgeverijen. Op basis hiervan zijn voorbeeld productonderdelen (bijv. vormgeving en grootte boek) als basisscenario ontwikkeld.

Bevindingen

Uit de studie blijkt dat de de volgende factoren van productonderdelen de meeste impact hebben: materiaal & productie, logistiek, en digitaal gebruik.

- Materiaal en productie draagt significant bij aan de uitstoot van fysieke boeken. Met name bij papierproductie is een flinke impact zichtbaar.
- Logistiek bevat het transport van boeken; van productielocatie naar distributielocatie, tot aan gebruiker.
- Opvallend is de totale impact van een laptop. Deze springt boven de andere factoren (zoals materiaal en logistiek) uit.
- Voor digitaal gebruik is de productie van apparaten, zoals laptops, veruit de grootste bron van uitstoot, met elektriciteitsverbruik als aanvullende factor.

Knoppen om aan te draaien (interventies)

Er zijn drie interventies opgesteld om de impactreductie van de klimaatimpact van een productonderdeel ten opzichte van het basisscenario inzichtelijk te maken. Hiervoor is in overleg met MEVW gekozen voor de volgende drie interventies:

1. Optimalisatie logistiek. Bij deze interventie betreft het een druklocatie in Nederland, waarbij de transportafstand ten opzichte van het basisscenario aanzienlijk wordt gereduceerd.
2. Optimalisatie overproductie. Bij deze interventie is 50% minder overproductie als uitgangspunt genomen voor zowel het werkboek als het leerboek. Dit geeft inzicht in de mogelijke impactreductie die een optimale prognose kan bieden.
3. Optimalisatie digitaal: Bij deze interventie wordt gebruik gemaakt van minder data verbruik, groene stroom, en wordt de levensduur van de laptop verdubbeld.

Conclusie

- Optimalisatie in logistiek en het minimaliseren van overproductie biedt duidelijke kansen voor impactreductie.
- De impact van het productonderdeel digitaal gebruik heeft een significante impact in een gebruiksjaar. Uitgeverijen, het onderwijsveld en kennisinstellingen kunnen dit inzicht benutten om (verdere) digitalisering

in het onderwijs, met als consequentie een hoge(re) klimaatimpact, bespreekbaar te maken en af te wegen tegen andere factoren, zoals leerrendement.

- De keuze en de zwaarte voor verschillende productonderdelen hebben invloed op de klimaatimpact van een leermiddel. Zoals of, en hoeveel digitaal gebruik de systemen vereisen en de tijd die hiervoor nodig is op het digitale apparaat.
- De bevindingen helpen uitgevers, de keten, het onderwijsveld en beleidsmakers om beter geïnformeerde beslissingen te nemen om de klimaatimpact van onderwijsmaterialen te reduceren.

Aanbevelingen

1. Bundel de krachten in de keten. Reductiemaatregelen hebben impact op de (huidige)ketensamenwerking en het business model van organisaties. Digitaal gebruik op scholen neemt bijvoorbeeld toe terwijl de impact van digitaal gebruik met kop en schouder boven andere factoren uitsteekt. Door als educatieve uitgeverijen en scholen samen op te trekken, kunnen gezamenlijk keuzes gemaakt worden die de klimaatimpact van leermiddelen kunnen reduceren, zoals over het (maximale) digitale gebruik, en keuze digitaal apparaat (bijv. laptop of tablet, nieuw versus refurbished, levensduur), waarbij een helder afwegingskader om andere factoren zoals leerrendement mee te nemen gewenst is.
2. Bepaal als speler in de sector aan welke knoppen je zelf kunt draaien. Druklocatie en mate van overproductie is iets waar je als uitgeverij direct mee aan de slag kunt. Start een onderzoek naar de klimaatimpact specifiek voor jouw assortiment en bepaal welke interventies op (korte) termijn uitvoerbaar zijn (zie onderstaande aanbevelingen).

Specifieke aanbevelingen t.b.v. emissiereductie:

1. Kies voor duurzame papiopties met een lagere klimaatimpact zoals FSC-gecertificeerd papier, maar bovenal papier afkomstig van een papierproducent die produceert met een lage milieu-impact. Ga hierover in gesprek met de drukker.
2. Optimaliseer druk- en bindlocaties om transportemissies te verminderen en gebruik efficiënte printtechnologieën.

3. Herzie het ontwerp van educatieve materialen om pagina's te minimaliseren.
4. Onderzoek de mogelijkheid om educatieve materialen volledig herbruikbaar te maken.
5. Minimaliseer softwarebehoefte om lichtere, duurzamer geproduceerde hardware mogelijk te maken.
6. Stimuleer het gebruik van kleine, lichte refurbished laptops of tablets met lage energieconsumptie en moedig energie-efficiëntie aan.
7. Kies laptops met een lange levensduur en overweeg een Product-as-a-Service' voor het vervangen van componenten.

Introductie - Vooronderzoek & impactanalyse

Context

Het gebruik van leermiddelen in het onderwijs is de afgelopen jaren sterk veranderd door technologische innovaties. Om duurzame leermiddelen en een duurzame leermiddelenketen te bevorderen is de eerste stap het identificeren waar de klimaatimpact zich bevindt. Met deze inzichten kunnen individuele ketenspelers reductiemaatregelen formuleren voor hun eigen organisatie, en kan verkend worden welke reductiemaatregelen collectieve bereidheid en actie vereisen.

MEVW wil bijdragen aan een duurzame branche. Concreet betekent dat: impactreductie van leermiddelen en een duurzamere leermiddelenketen. Daartoe is het van belang om zicht te krijgen op de factoren die de grootste klimaatimpact hebben. MEVW heeft New Economy gevraagd een onderzoek uit te voeren naar de kwantitatieve impact van productonderdelen van leermiddelen: leerboek, werkboek en digitaal gebruik. Het doel van dit onderzoek is om inzicht te bieden in de klimaatimpact van productonderdelen zodat uitgeverijen beter kunnen begrijpen wat dit betekent voor hun aanbod en om een bredere discussie binnen de keten te starten over (gezamenlijke) acties ten behoeve van verduurzaming van de branche.

Door de kwantitatieve onderbouwing van de CO₂-uitstoot bij de productie en het gebruik van leermiddelen, biedt deze impactanalyse een waardevolle basis voor het voeren van gesprekken in de branche over duurzaamheid en beleid. Deze inzichten kunnen uitgeverijen, scholen en andere betrokkenen helpen om weloverwogen beslissingen te nemen die gericht zijn op het verminderen van de klimaatimpact.



Introductie – Vooronderzoek & klimaatimpact

Inleiding

De afgelopen decennia hebben technologische innovaties geleid tot aanzienlijke veranderingen in het onderwijs. Digitale leermiddelen, het digibord, e-books, chromebooks en online platforms worden steeds populairder en bieden nieuwe mogelijkheden voor interactieve en gepersonaliseerde leerervaringen. Deze verschuiving roept echter vragen op over de milieueffecten van digitale versus fysieke leermiddelen. Fysieke boeken vereisen papierproductie, transport en opslag, wat leidt tot een aanzienlijke klimaatimpact door ontbossing, energieverbruik en CO₂-uitstoot. Tegelijkertijd is de productie van digitale apparaten energie-intensief en bevatten de apparaten schaarse en kritische materialen. Daarbij verbruiken digitale leermiddelen elektriciteit, zowel direct (gebruik) als indirect (exploitatie van datacenters). De discussie over wat het meest duurzame leermiddel is, is complex en afhankelijk van verschillende factoren. Relevanter is het om inzicht te vergaren over de diverse factoren die een rol spelen in een duurzame keuze, zoals de levensduur van apparaten, logistiek, overproductie, recyclingmogelijkheden en de energiemix die wordt gebruikt voor de productie en het gebruik van zowel fysieke als digitale leermiddelen.

Deze studie onderzoekt de kwantitatieve klimaatimpact van productonderdelen van leermiddelen per gebruiksjaar. Hierbij worden factoren meegenomen zoals de hoeveelheid papier, het transport, de levensduur van apparaten, energieverbruik, productieprocessen, en logistieke ketens uitgedrukt in CO₂-equivalent. Door inzicht te krijgen in deze variabelen, kunnen uitgeverijen, scholen en andere belanghebbenden beter geïnformeerde beslissingen nemen om de klimaatimpact van onderwijsmaterialen te minimaliseren en daarover een gericht gesprek te voeren met elkaar, het onderwijsveld en beleidsmakers. De organisatorische klimaatimpact, zoals energieverbruik van kantoren, woon-werkverkeer, zakelijke reizen en algemene bedrijfsvoering zijn niet meegenomen.

Literatuuronderzoek en ontwikkelingen binnen de sector

In het literatuuronderzoek is gebruik gemaakt van publicaties over productonderdelen van leermiddelen, zoals de kwantitatieve klimaatimpact van boeken en papierproductie, en van digitale apparaten, zoals laptops en e-readers.

Papierproductie voor fysieke boeken veroorzaakt ontbossing en milieuverontreiniging (Naicker, 2016). Daarbij draagt transport bij aan de ecologische voetafdruk door brandstofverbruik en emissies (Kang et al., 2021). Uit LCA studies blijkt dan ook dat de productie van het papier, het transport en het drukken en binden de belangrijkste activiteiten zijn om in beschouwing te nemen, aangezien de organisatorische klimaatimpact van de uitgeverij over het algemeen kleiner is dan 10% (zoals energieverbruik kantoorpand, zakelijk reizen, woon-werkverkeer, etc) (Carver & Guidry, 2011, Papier en- karton.nl, 2014).

De klimaatimpact van zowel digitale als fysieke media is afhankelijk van gebruikspatronen, aantal lezers en energiebronnen (Kang et al., 2021). Verschillende onderzoeken tonen bijvoorbeeld aan dat e-readers de uitstoot van broeikasgassen kunnen verminderen, afhankelijk van de gebruiksfrequentie (Amasawa et al., 2017). Echter is ook onderzocht dat de productie van elektronische apparaten een significante impact heeft; het vereist veel grondstoffen en energie, en het gebruik van digitale media heeft een voortdurende energievoorziening nodig (Naicker, 2016; Hischier et al., 2014).

Inzicht in de milieuprestaties van leermiddelen is cruciaal om de branche te verduurzamen. Tegelijkertijd zijn er meerdere factoren die invloed hebben op de afweging voor leermiddelen, zoals welk middel de meeste kennis kan overdragen aan toekomstige generaties. Dit laatste aspect valt buiten de scope van deze analyse, maar is relevant in een breder afwegingskader voor een leermiddel.

Methoden - Klimaat impactanalyse

Om inzicht te bieden in de klimaatimpact is een systematische methode gebruikt om de klimaatimpact van werkboek, leerboek en digitaal gebruik uitgedrukt in CO₂-equivalenten, gedurende de gehele levenscyclus in kaart te brengen. Dit onderzoek volgt een aantal stappen die ook bij LCA-methodologie worden gevolgd en uiteengezet zijn in wereldwijde standaarden, maar beperkt zich tot het uitdrukken van de klimaatimpact gemeten in CO₂-equivalenten van een samengesteld basisscenario. Hierbij wordt de klimaatimpact van de productonderdelen van leermiddelen in kaart gebracht. De organisatorische klimaatimpact van een uitgeverij, zoals bijbehorende energieverbruik van kantoren, woon-werkverkeer, zakelijke reizen en algemene bedrijfsvoering worden hierbij buiten beschouwing gelaten.

De impactanalyse volgt een aantal stappen: doel- en reikwijdtebepaling, inventarisatieanalyse, impactbeoordeling en interpretatie. Onder klimaatimpact valt de uitstoot in CO₂ en CO₂-equivalenten. CO₂-equivalenten zijn andere broeikasgassen zoals methaan en stikstof uitgedrukt in dezelfde eenheid.

Met enkele educatieve uitgeverijen zijn gesprekken gevoerd om een goed beeld te schetsen van de input waarmee in dit rapport gewerkt wordt. Denk hierbij aan aantal pagina's, digitaal gebruik, transportafstanden etc. Dit is aangevuld met waarden uit het literatuuronderzoek en door de klimaatimpact-experts van New Economy in samenwerking met inhoudelijk experts van MEVW, met betrekking tot het uitgeven en produceren van leermiddelen. De uiteindelijke specificaties van de productonderdelen die voor deze analyse gebruikt zijn, zijn fictief.

Bij een LCA wordt om de impact te berekenen gebruik gemaakt van industrie of sectorstandaarden. In de praktijk kan de impact dus lager zijn door specifiekere input. Binnen dit onderzoek is voor de data met klimaatimpactfactoren gebruik

gemaakt van wetenschappelijke literatuur, de openbare database IDemat van TU Delft (ecocostsvalue.com), CO₂-emissiefactoren.nl en Paper Profiles van verschillende papierproducenten. De resultaten zijn berekend in Excel.

1. Doel- en Reikwijdtebepaling

De functionele eenheid - de maatstaf waarmee de milieuprestaties van de productonderdelen van leermiddelen wordt vergeleken - is afgestemd met een aantal uitgeverijen en betreft het gebruik van een leermiddel voor een hypothetisch vak door één leerling gedurende één schooljaar. De systeemgrenzen - wat wel en wat niet wordt meegenomen in de analyse - zijn op de volgende pagina in Figuur 1 afgebakend. Alle variabelen (energie, materialen, transport, afval) binnen de stippellijn zijn direct meegenomen, terwijl variabelen buiten de stippellijn op basis van indirecte data uit literatuur zoveel mogelijk zijn aangevuld om tot een volledige analyse te komen. Ter illustratie: de klimaatimpact van de productie van een laptop is meegenomen met gebruik van wetenschappelijke literatuur en milieu-gerelateerde informatie van internationale producenten.

In dit onderzoek wordt de klimaatimpact van drie productonderdelen van leermiddelen geanalyseerd. Dit betreft:

1. Werkboek (eenjarige levensduur)
2. Leerboek (4 jaar hergebruik)
3. Digitaal gebruik

Het verschilt per educatieve uitgeverij welk productonderdeel of combinatie van productonderdelen binnen hun aanbod valt. Door de impact van deze drie productonderdelen inzichtelijk te maken krijgt een educatieve uitgeverij inzicht wat de potentiële klimaatimpact van hun leermiddelenaanbod is. Om de klimaatimpact per aangeboden leermiddel van een specifieke uitgeverij aan te tonen, is gedetailleerde en volledige informatie vanuit een educatieve uitgeverij nodig.

Methoden - Klimaat impactanalyse

2. Inventarisatieanalyse

In de inventarisatiefase worden gegevens verzameld over grondstoffen, energieverbruik, emissies en afvalstromen voor de productie van papier en elektronica. Dit omvat ook informatie over transportafstanden en -middelen, evenals het energieverbruik tijdens het gebruik van digitale leermiddelen en de exploitatie van datacenters door gebruik van online educatie.

Papierproductie

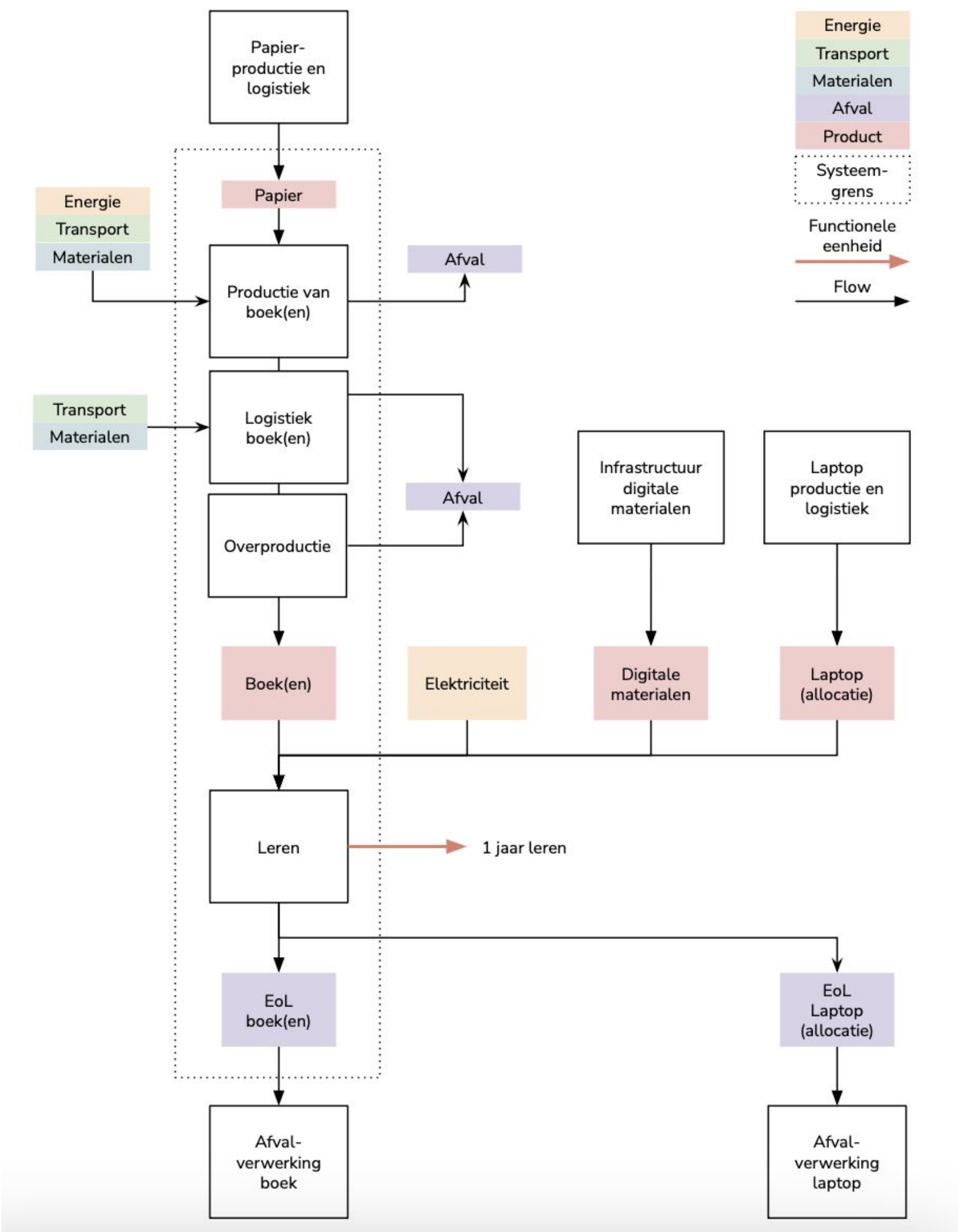
Data m.b.t. papierproductie is uitgevraagd bij de papierproducenten. Additioneel is op basis van de aangeleverde informatie een uitvraag gedaan naar land van herkomst en de exacte Paper Profiles met daarin relevante klimaatimpact van paper mills, overige milieucertificaten en kwaliteit van het papier.

Boekproductie

Voor de productie van het boek is rekening gehouden met additionele materialen (lijm, inkt en andere materialen voor kaft en binding) en de benodigde energie (elektriciteit, gas en/of andere brandstoffen voor productie). De informatie over leerboek en werkboek in het basisscenario is op basis van het gemiddelde van geleverde informatie van twee uitgeverijen over hun boeken (aantal pagina's, gewicht kaft, gewicht papier etc).

Boekdistributie

Voor de boekdistributie is gekeken naar het logistieke model. Leerboeken die worden hergebruikt hebben een ander distributiemodel dan leerboeken die eenmalig worden benut. Het logistieke model is gevalideerd in een interview met Centraal Boekhuis. Daarbij is voor het basisscenario een gemiddelde transportafstand berekend op basis van de afstand van boekproductielocatie in Azië, naar het distributiecentrum en verdeeld over alle scholen in Nederland naar rato van het aantal leerlingen.



Figuur 1: Leermiddelen, functionele eenheid en systeemgrenzen

Methoden - Klimaat impactanalyse

Daarnaast zijn additioneel benodigde verpakkingsmaterialen meegenomen, zoals plastic wrapping, kartonnen dozen en houten pallets. Het totaal is in tonkilometers berekend.

Boekgebruik

Voor gebruik van het boek worden de volgende boeken meegenomen:

1. Werkboek (eenjarige levensduur)
2. Leerboek (herbruikbaar, tot 4 jaar)

Tegenwoordig wordt in het onderwijs ook digitaal lesmateriaal aangeboden. Om de impact van het digitale gebruik te berekenen is in het basisscenario uitgegaan van de volgende inschatting: een laptop wordt voor circa 60% gebruikt voor schoolwerk, deze gaat 4 jaar mee en 10% daarvan kan worden toebedeeld aan 1 lesvak. Dit houdt in dat een leerling gemiddeld 10 vakken volgt per jaar. Deze inschatting is gebaseerd op een onderzoek van het Trimbos (2022) waarbij er is gekeken naar de totale tijdsbesteding van kinderen tussen de 12 en 18 jaar.

Voor gebruik van stroom door laptops is in het basisscenario additioneel rekening gehouden met het gemiddeld gebruik per week door scholieren - circa 30 minuten gemeten per vak per week - gebaseerd op daadwerkelijk gemiddeld gebruik zoals vermeld door drie Nederlandse uitgeverijen (dit verschilt sterk per vak en docent). Daarbij is de energiemix in het Nederlandse elektriciteitsnet als emissiefactor gehanteerd.

Einde levensfase

Als laatste stap zijn ook de afvalstromen meegenomen in de analyse. Uit praktijkervaring in de papier recyclingindustrie blijkt dat papier circa 7x gerecycled kan worden.

Daarom is berekend dat 86% van de afvalstromen als papier gerecycled wordt (voor andere doeleinden dan schoolboeken) en de overige 14% wordt verbrand via traditionele afvalverwerking met energierterugwinning.

Overproductie

In het basisscenario wordt uitgegaan van een overproductie van het werkboek van 10%, en een overproductie van het leerboek van 10%. Deze percentages zijn in overleg met MEVW vastgesteld. Het betreft een fictief uitgangspunt.

3. Impactbeoordeling

Deze fase kwantificeert de klimaatimpact, zoals broeikasgasemissies. Denk daarbij niet alleen aan koolstofdioxide maar ook aan bijvoorbeeld uitstoot van methaan. Deze broeikasgassen zijn uitgedrukt in CO₂-equivalenten. Directe data zijn zoveel als mogelijk verzameld bij leveranciers (bijv. distributeur). Daar waar geen data beschikbaar was, is gebruik gemaakt van industriegemiddelden uit klimaatimpact databases (zoals Idemat, ontwikkeld door TU Delft) en milieu-impactinformatie uit het literatuuronderzoek.

4. Interpretatie: basisscenario en interventies

In deze fase worden de resultaten getoond en geanalyseerd om de belangrijkste bronnen van klimaatimpact te identificeren. Dit is een analyse van het basisscenario. Onzekerheden worden beoordeeld en gevoeligheidsanalyses worden uitgevoerd om de robuustheid van de resultaten te waarborgen. Naast het basisscenario is de impactreductie mogelijkheid van 3 interventies in kaart gebracht:

1. Optimalisatie logistiek: Druklocatie Nederland
2. Optimalisatie overproductie: Halvering overproductie: werkboek 5% en leerboek 5%.
3. Optimalisatie digitaal: vermindering dataverbruik, overstap op groene stroom & levensduurverlenging laptop.

Resultaten Werkboek en leerboek - inventarisatie

De tabel rechts is een weergave van de gebruikte input voor productonderdelen voor werkboeken en leerboeken in het basisscenario. Inputs zijn bijvoorbeeld de benodigde materialen, logistiek, verpakkingen en afval. Voor alle productonderdelen is weergegeven welke input is benut en welke eenheid is gebruikt om tot de totale functionele eenheid (1 leerling voorzien van 1 lesmethode voor 1 jaar) te komen. Daarbij is wel van belang dat een aantal aspecten hierop van invloed zijn zoals bijvoorbeeld de levensduur van het leerboek (4 jaar) waardoor productie gerelateerde impacts worden verdeeld over meerdere jaren.

In figuur 2 is te zien wat de input verschillen zijn waarmee in dit rapport de impact wordt uitgedrukt. Het leerboek bevat relatief weinig papier per functionele eenheid t.o.v. het werkboek. De voornaamste reden hiervoor is dat aan is genomen dat het leerboek 4x wordt hergebruikt. Voor het basisscenario is hiermee aangenomen dat de benodigde logistiek en daarmee vervoersbewegingen en verpakkingsmaterialen wel toeneemt. Het kan zijn dat deze distributie vervalt in het geval scholen zelf de distributie voor hergebruik verzorgen. In dat geval zal de impact lager zijn dan wat in dit basisscenario als uitgangspunt is opgenomen.

Voor het logistieke aspect zijn de belangrijkste variabelen in figuur 4 gepresenteerd.

Productonderdeel	Onderdeel	Input Basisscenario	Eenheid
Werkboek	Afmetingen	297x210	mm
	Aantal pagina's, werkboek	240	paginas
	Gewicht papier, werkboek	80	g/m2
	Oppervlakte, werkboek	0.062	m2
	Gewicht kaft, werkboek	190	g/m2
	Levensduur, werkboek	1	
Leerboek	Afmetingen	297x210	mm
	Aantal pagina's, leerboek	240	paginas
	Gewicht papier, leerboek	90	g/m2
	Oppervlakte, leerboek	0.062	m2
	Gewicht kaft, leerboek	300	g/m2
	Levensduur, leerboek	4	jaar
Verpakkingen & productieafval	Productieafval van boeken	2%	
	Hoeveelheid kartonverpakking per boek	0.05	kg
	Hoeveelheid plasticverpakking per boek	0.05	m2
	Hoeveelheid plastivwrap per leerboek	0.15	
Logistiek	Afstand zeevaart drukkerij - distributiecentrum	18000	km
	Afstand vracht drukkerij - distributiecentrum	100	km
	Afstand vracht distributiecentrum - school	100	km
Overproductie	Werkboek	10%	
	Leerboek	10%	

Figuur 2. Inventarisatie input Basisscenario werkboek en leerboek.

Resultaten Digitaal gebruik - inventarisatie

De tabel rechts is een weergave van de productonderdelen voor digitaal. Inputs zijn bijvoorbeeld gebruik en energie. Voor alle productonderdelen zijn verschillende hoeveelheden aangegeven wat benodigd is (bijv. aandeel laptop gebruik), en weergegeven in welke eenheid om tot de totale functionele eenheid (1 leerling voorzien van 1 lesmethode voor 1 jaar) te komen. Daarbij is wel van belang dat een aantal aspecten hierop van invloed zijn zoals bijvoorbeeld de levensduur van de laptop (4 jaar) waardoor productie gerelateerde impacts worden verdeeld over meerdere jaren. Voor digitaal gebruik is uitgegaan van 5000MB per gebruiksjaar per vak, uitgaande van het gebruik van verschillende media, zoals video (instructie), online oefeningen etc. Dit kan per vak verschillen en betreft een maximaal uitgangspunt.

In figuur 3 is te zien wat de input is voor digitaal waarmee in dit rapport de impact wordt uitgedrukt.

Productonderdeel	Onderdeel	Input Basisscenario	Eenheid
Digitaal	MBs per week	125	MB
	Aantal schoolweken	40	
	Laptopgebruik per jaar	20	uur
	Elektriciteitsverbruik laptop	50	W
Laptop	Laptop levensduur	4	jaar
	Aandeel laptopgebruik voor school van totaal laptopgebruik	0.6	
	Aandeel laptopgebruik per vak van totaal laptopgebruik voor school	0.1	

Figuur 3. Inventarisatie input Basisscenario digitaal gebruik.

Resultaten – inventarisatie (logistiek)

De reis van het boek vanaf de productiefaciliteit naar de scholen begint met het transport tussen de fabriek, waar de boeken geproduceerd worden, en het distributiecentrum in Nederland. Het verschilt waar uitgeverijen hun boeken laten drukken. Voor het basisscenario is uitgegaan dat deze fabriek in China (Shenzen) staat en per schip vervoerd wordt naar de Nederlandse haven, om vervolgens per vrachtwagen naar het distributiecentrum te worden gebracht met een maximale belasting van meer dan 20 ton*.

Op basis van bovenstaand scenario is de emissiefactor per ton aan vervoerde leermiddelen bepaald. Deze emissiefactor zal worden toegepast om te bepalen wat de impact is van het transport van een nieuw geproduceerd boek van productielocatie tot en met de school voor het werkboek, en voor het leerboek.

In dit scenario wordt aangenomen dat het distributiecentrum zich in Culemborg bevindt. Vanuit het distributiecentrum worden de boeken met een vrachtwagen met een maximale belasting van minder dan 10 ton naar verschillende scholen in verschillende regio's vervoerd. De gemiddelde afstand tussen Culemborg en de grootste steden in elke Nederlandse provincie bedraagt ongeveer 88 km. Dit is gewogen op basis van het aantal leerlingen in elke regio. Deze gemiddelde afstand wordt afgerond op 100 km om rekening te houden met extra gereden kilometers tussen de verschillende scholen.

Voor de distributie t.b.v. hergebruik is in het basisscenario van het leerboek 3 keer een retourstroom vanaf de school naar het distributiecentrum toegepast.

* De te alloceren emissies kunnen in werkelijkheid groter uitvallen door indirecte emissies uit scope 3, zoals het ontgassen van containers bij internationaal haventransport. Dit valt echter buiten de scope van dit onderzoek.

Regionale kerncijfers Nederland

Bron: CBS

Leerlingen voortgezet onderwijs

Regio's	Perioden	aantal	% van totaal	Grootste stad	Afstand vanaf Culumburg
Groningen (PV)	2022	28244	3%	Groningen	190
Fryslân (PV)	2022	36071	4%	Leeuwarden	170
Drenthe (PV)	2022	26692	3%	Emmen	180
Overijssel (PV)	2022	65475	7%	Enschede	150
Flevoland (PV)	2022	26605	3%	Almere	40
Gelderland (PV)	2022	114597	12%	Nijmegen	90
Utrecht (PV)	2022	80440	9%	Utrecht	10
Noord-Holland (PV)	2022	154463	17%	Amsterdam	50
Zuid-Holland (PV)	2022	201367	22%	Rotterdam	60
Zeeland (PV)	2022	19077	2%	Terneuzen	180
Noord-Brabant (PV)	2022	133184	14%	Eindhoven	90
Limburg (PV)	2022	47923	5%	Maastricht	180
Totaal		2269827			88

Figuur 4. Distributie leermiddelen, gemiddelde afstand Culemborg tot school in Nederland.

Resultaten – inventarisatie emissiefactoren

Figuur 5 biedt een gedetailleerd overzicht van CO₂-emissiefactoren voor verschillende producten en activiteiten, uitgedrukt in kilogram CO₂-equivalent per eenheid. De data beslaat een breed scala aan materialen en processen, variërend van de productie en logistiek van papier tot de milieueffecten van digitale materialen en transport. Deze gegevens zijn verzameld uit verschillende bronnen zoals wetenschappelijke literatuur, Idemat, producenten en CO2emissiefactoren.nl.

Er is een selectie gemaakt op basis van representativiteit. Daarbij zijn er meerdere bronnen overwogen en is er geselecteerd op het jaartal van onderliggende onderzoek of emissiefactor, de kwaliteit van het onderzoek, en de representativiteit voor een gemiddelde in de sector.

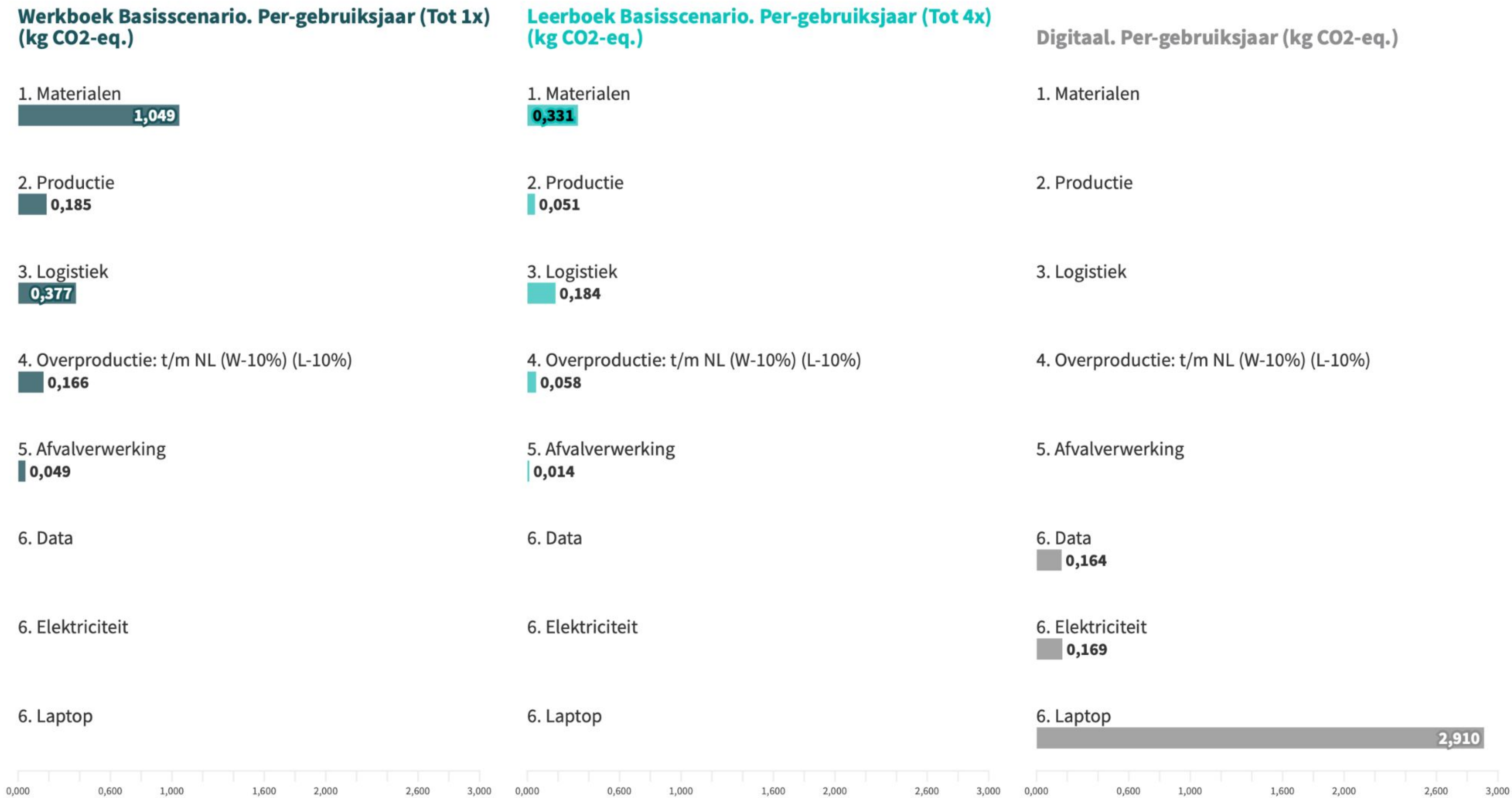
Ter illustratie, voor de laptop is een MacBook Air ‘15 inch van Apple gehanteerd. Echter wordt er op de scholen veelal met Chromebooks gewerkt. De meest recente LCA die gevonden werd van een Chromebook dateerde echter uit 2019 en had een 20% hogere impact dan de meer recente LCA van Apple (2024), de Chromebook LCA werd daarom minder representatief bevonden.

Voor papier is in deze analyse voor het basisscenario gekozen voor Woodfree uncoated, bleached, FSC papier afkomstig uit China.

Product	kg CO2-eq/eenheid	Eenheid	Impact factor	Impact factor (bron)
Papierproductie	0.755	kg	Woodfree uncoated, bleached, FSC (China)	April 2025 Papier info (data 2022-23)
Afstand papierlogistiek	500	km		
Impact productie en logistiek	0.482	kg		
Laptop	194	stuk	Computer laptop, 15 inch display	Apple
Elektriciteit	0.337	kWh	Stroom (onbekend)	Co2emissiefactoren
Printen	0.012	m2	Printing per m2, 100%, offset, conventional	Idemat 2024
Plastic verpakking	0.096	m2	film LDPE 50 mu	Idemat 2024
Karton verpakking	0.575	kg	Board (solid) and recycled paper (test liner and fluting)	Idemat 2024
Plastic wrap	0.084	m2	film PP 50 mu	Idemat 2024
Afvalverwerking papier en verpakkingen	0.040	kg	Papier en karton Verbranding met energierugwinning (NL AVI)	CE Delft
Digitale materialen (1MB)	0.0000328	ton		Zie info www.cloudcarbonfootprint.org/ (2024)
Transport vrachtwagen >20 ton	0.212	tkm	Vrachtwagen > 20 ton	Co2emissiefactoren
Transport zee	0.012	tkm	Zeevaart, gemiddeld	Co2emissiefactoren
Transport vrachtwagen <10 ton	0.363	tkm	Vrachtwagen < 10 ton	Co2emissiefactoren

Figuur 5. Overzicht van CO₂-emissiefactoren voor verschillende producten en activiteiten

Resultaten - klimaatimpact productonderdelen (Basisscenario) (kg CO₂-eq)



Figuur 6. Resultaten klimaatimpact basisscenario productonderdelen.

Resultaten - klimaatimpact productonderdelen werkboek en leerboek (Basisscenario) (kg CO₂-eq)

Figuur 7 bevat een overzicht van de resultaten van de klimaatimpact van de productonderdelen werkboek en leerboek. De top 3 van impact van het werkboek en het leerboek betreft materiaal, logistiek en productie.

Materiaal & productie

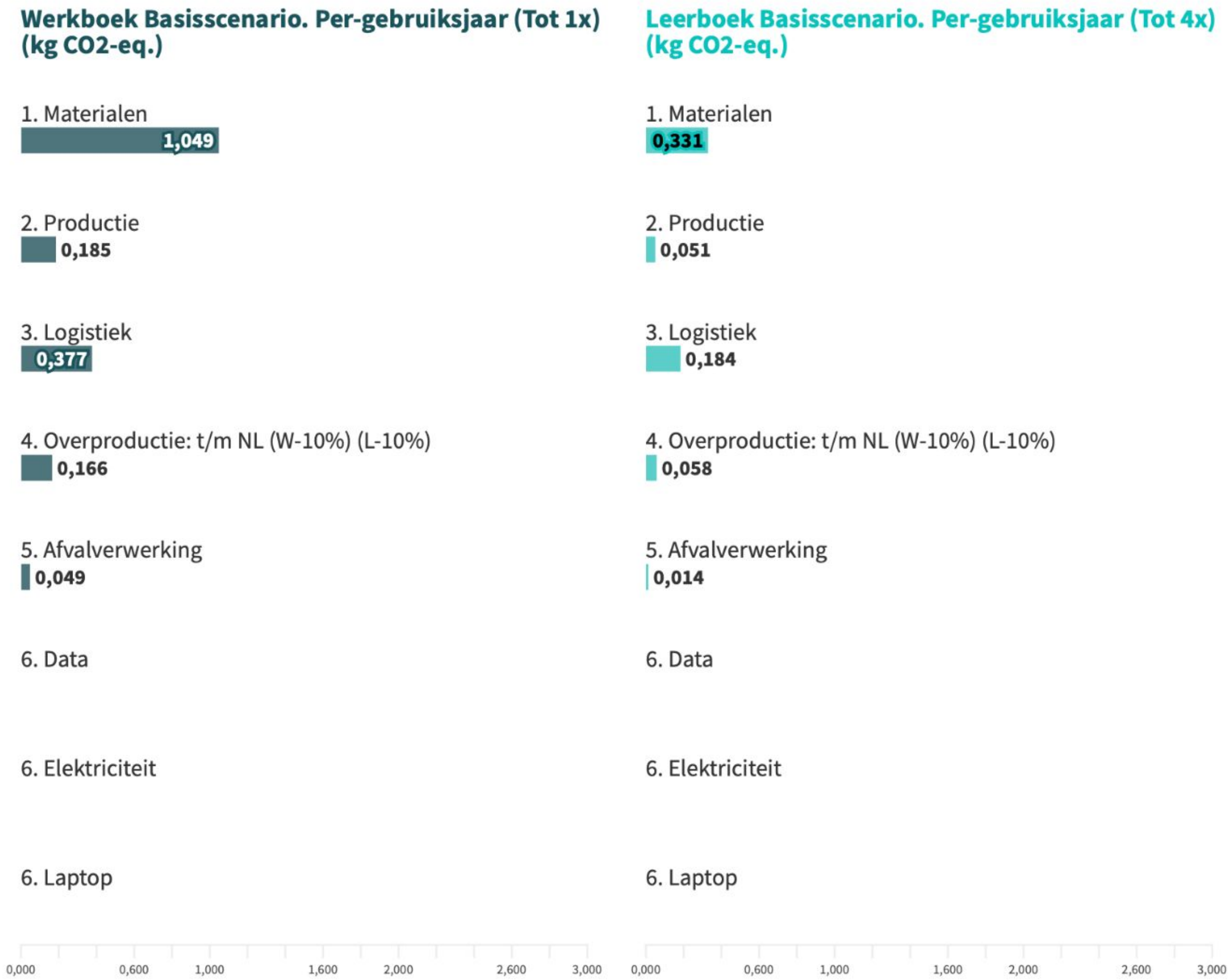
Het materiaal & productie van het werkboek heeft een grotere impact dan bij het leerboek. Dit heeft te maken met het feit dat leerboeken in het basisscenario 4x worden hergebruikt, wat een aanzienlijke impactreductie creëert.

Logistiek

In het basisscenario is uitgegaan van een drukker in China. Voor het leerboek is in het basisscenario meegenomen dat hergebruik leidt tot extra vervoersbewegingen tussen school - distributiecentrum.

Overproductie

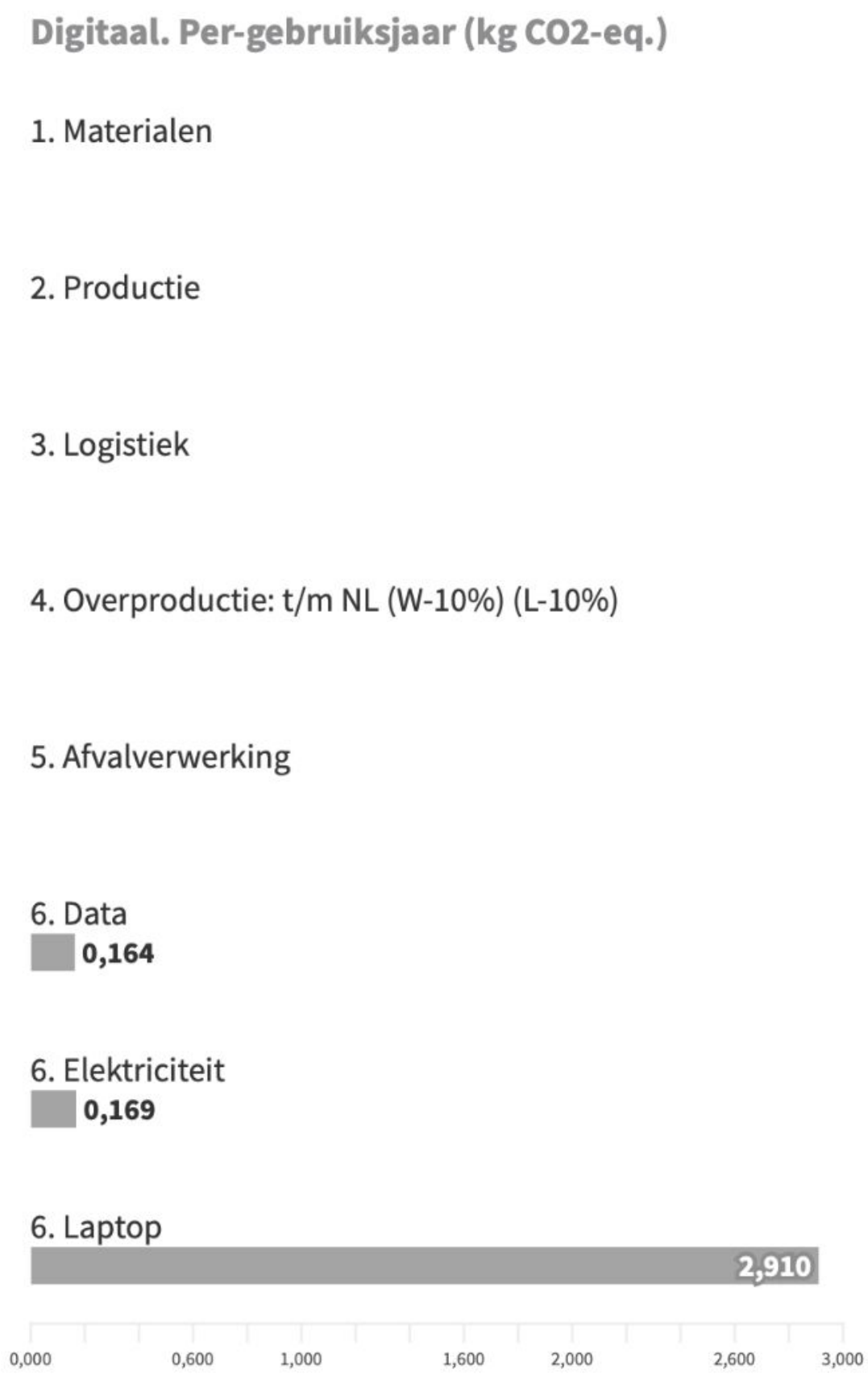
Voor het basisscenario is uitgegaan van een overproductie van 10%(werkboek) en 10%(leerboek).



Figuur 7. Resultaten klimaatimpact basisscenario productonderdelen werkboek en leerboek.

Resultaten - klimaatimpact productonderdeel digitaal gebruik (Basisscenario) (kg CO₂-eq)

De klimaatimpact van het productonderdeel digitaal gebruik is significant (figuur 8). Opvallend is de totale impact ten behoeve van de productie van een laptop. Gezien de aanname dat een laptop 4 jaar meegaat, voor 60% wordt gebruikt voor schoolwerk en dat 10% daarvan toe te schrijven is naar een vak met een dataverbruik van maximaal 5000MB per jaar, blijft er dus nog steeds bijna 3 kg CO₂-eq over die toe kan worden gewezen aan de productie van een laptop.



Figuur 8. Resultaten klimaatimpact basisscenario productonderdeel digitaal gebruik.

In perspectief: Impact vergelijking

Om de klimaatimpact van verschillende productonderdelen van leermiddelen in perspectief te plaatsen, is een vergelijking gemaakt met activiteiten die tot de verbeelding spreken. Dit helpt om de impact beter inzichtelijk en tastbaar te maken. In onderstaande tabel wordt deze vergelijking weergegeven, waardoor de relatieve milieu-impact van leermiddelen beter te duiden is. Hierbij wordt alleen de directe impact meegenomen, zoals de impact van de verbruikte energie of brandstof, en niet de impact van de productie van bijvoorbeeld een laptop om te streamen, of de productie van het vliegtuig. Deze zogenoemde scope 3 impact* is in de regel vele malen groter: 80-90%.

1 vak 1 gebruiksjaar	Werkboek (1,826 kg)	Leerboek (0,6384 kg)	Digitaal (3,2425 kg)	Schoolperiode (10 vakken 4 jaar)
Km vliegen	~15.88 km	~5.55 km	~28.20 km	~1,985 km
Gram rundvlees	~67.63 gram	~23.64 gram	~120.09 gram	~8,455 gram (~8.46 kg)
Video/tv streamen	~50.72 uur	~17.73 uur	~90.07 uur	~6,341 uur (~264 dagen)
Video spelletje spelen	~36.52 uur	~12.77 uur	~64.85 uur	~4,566 uur (~190 dagen)

*Indirecte emissies die ontstaan als gevolg van activiteiten van het bedrijf maar uit bronnen die niet worden beheerd door het bedrijf. Voor meer informatie, zie het [Greenhouse Gas Protocol](#).

Resultaten - interventies

Materiaalkeuze

De productie van papier heeft een significante impact. Hoewel FSC-gecertificeerd papier bijdraagt aan verantwoord bosbeheer, betekent dit niet automatisch een lagere klimaatimpact. De CO₂-uitstoot van papier wordt vooral bepaald door het productieproces en de opwek van het energieaanbod (bijv. hernieuwbaar of fossiel). Een uitgebreide toelichting hierop is te vinden in bijlage 1. In figuur 9 is de impact van verschillende papiervarianten zichtbaar gemaakt.

Interventies

In overleg met MEVW zijn drie interventies opgesteld om zicht te krijgen op de impactreductie van de klimaatimpact van een productonderdeel ten opzichte van het basisscenario. Twee interventies zijn gericht op leerboek en werkboek. Een derde interventie is gericht op digitaal. In figuur 9 zijn de resultaten van interventie 1 en 2 zichtbaar.

Interventie 1: Optimalisatie logistiek

Deze interventie brengt het impactverschil in kaart tussen drukken in Nederland en drukken in China. Voor het werkboek leidt dit tot een impactreductie van ongeveer tweederde, terwijl voor het leerboek het verschil circa eenderde bedraagt.

Interventie 2: Optimalisatie overproductie

In deze interventie is inzichtelijk gemaakt wat het impactverschil is als de overproductie van het werkboek 5% betreft, en het leerboek 5%.

De uitwerking van deze twee interventies betekent niet dat bij andere onderdelen geen impactreductie te behalen valt. Keuzes in ontwerp kunnen ook een aanzienlijke bijdrage leveren.

Werkboek | interventie 1+2 Per-gebruiksjaar (Tot 1x) (kg CO₂-eq.)

1. Materialen (FSC China)
1,049

Materialen (FSC Scandinavië)
0,978

Materialen (100% recycled Europa)
1,033

Materialen (100% recycled China)
1,250

2. Productie
0,185

3. Logistiek | **aandeel v.a. china**
0,126 | 0,251

4. Overproductie:(W-5%) (L-5%) | **(W-5%) (L-5%)**
0,083 | 0,083

Leerboek | interventie 1+2 Per-gebruiksjaar (Tot 4x) (kg CO₂-eq.)

1. Materialen (FSC China)
0,331

Materialen (FSC Scandinavië)
0,308

Materialen (100% recycled Europa)
0,325

Materialen (100% recycled China)
0,395

2. Productie
0,051

3. Logistiek | **aandeel v.a. china**
0,1225 | 0,613

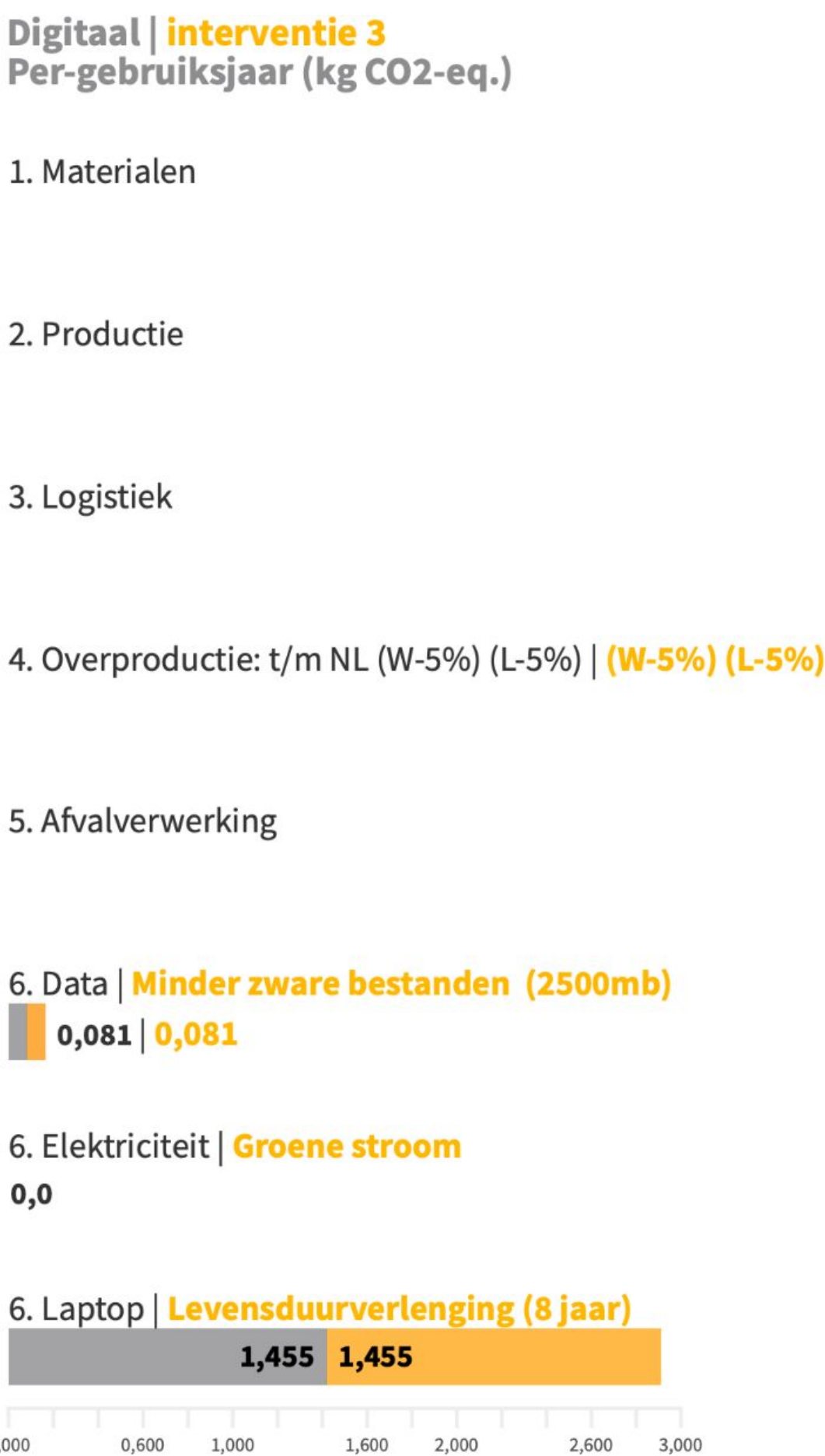
4. Overproductie:(W-5%) (L-5%) | **(W-5%) (L-5%)**
0,029 | 0,029

Figuur 9. Resultaten klimaatimpact basisscenario + Interventie 1 & 2.

Resultaten - interventies

Interventie 3: Optimalisatie digitaal

In deze interventie is gekozen voor volledige groene stroom. Hiermee vervalt de impact van de voorheen verbruikte energie impact volledig. Als tweede element is het gebruik van minder zware bestanden aangenomen: een maximaal gebruik van 2500MB per gebruiksjaar. Als derde element is de levensduur van de laptop verdubbeld. Laptops hebben in de regel een kortere gebruiksfase dan hun technische levensfase. Een laptop van een paar jaar oud kan met gemak worden opgeknapt en ‘reburished’ op de markt gebracht, om zo nog jaren mee te gaan. Het verdubbelen van de levensduur van 4 naar 8 jaar biedt een significante impactreductie.



Figuur 10. Resultaat klimaatimpact basisscenario + Interventie 3.

Gevoeligheidsanalyse

Op basis van de resultaten is geconstateerd dat er een aantal variabelen zijn waar grote verschillen mogelijk zijn afhankelijk van de situatie in de werkelijkheid. Dit zijn de emissiefactor voor het gebruikte papier, het transport, overproductie en het wel of niet toepassen van een emissiefactor voor een laptop.

Papier

De database Idemat hanteert een relatief lage emissiefactor per kg papier. Deze is lager dan veel paper profiles die zijn uitgevraagd bij papier producenten.

Logistiek

Er bestaan verschillende mogelijkheden voor transport: productie kan plaatsvinden in Azië of in Europa, of zelfs lokaal. Daar bestaan grote verschillen tussen in de praktijk die, zoals te zien in figuur 9, een aanzienlijk verschil in impact hebben.

Overproductie

In overleg met MEVW is het percentage van 10% overproductie werkboek en 10% overproductie leerboek opgenomen in het basisscenario. Zoals te zien in figuur 6 en figuur 10 kan een ander variabel voor overproductie een significant verschil betekenen voor de impact van het productonderdeel.

Digitaal gebruik

Het gebruik van de laptop is vastgesteld op circa 30 minuten per vak per week. Een laptop kan ook een lesuur weinig gebruikt zijn, maar nog steeds opengeklapt en aan zijn gedurende de les. In de praktijk zou het dus ook zomaar 60 minuten per vak per week zijn.

De gegevens die in dit onderzoek voor het basisscenario benut zijn, zullen niet een-op-een corresponderen met de praktijk van de uitgeverijen. Echter, toont de impactanalyse waar de impact van de productonderdelen zich bevindt, en tonen de onzekerheden tevens de ‘draaiknoppen’ waar uitgeverijen mee aan de slag kunnen.

Overwegingen

Bij het evalueren van de klimaatimpact is het cruciaal om niet alleen op CO₂-emissies te focussen, maar ook om rekening te houden met andere milieueffecten zoals biodiversiteit en menselijke gezondheid. Deze aspecten kunnen leiden tot andere inzichten en resultaten. Daarom wordt voor toekomstig onderzoek aanbevolen om ook deze aspecten te overwegen, mits de kwaliteit van de data betrouwbaar is. Momenteel zijn emissiecijfers gerelateerd aan CO₂ zeer betrouwbaar, en is dit ook een sterke indicator voor andere milieu effecten.

De huidige data is deels gebaseerd op gegevens aangedragen door enkele uitgeverijen. Daarnaast zijn er ook eigen modelmatige variabelen vastgesteld door experts van New Economy en MEVW. Echter is het basisscenario fictief, in zoverre dat het niet een-op-een correspondeert met aangeleverde data van uitgeverijen.

Onze huidige aannames houden geen rekening met de verduurzaming van het elektriciteitsnetwerk in Nederland en op andere locaties. Serverruimtes worden steeds vaker op locaties met overvloedige duurzame energie geplaatst. Hierdoor zullen de emissies van laptopgebruik richting 2030 lager zijn. Bovendien kopen steeds meer scholen groene stroom in en plaatsen zij zonnepanelen op hun daken.

Het meenemen van de emissies van laptops is een belangrijke overweging. Aan de ene kant kan het beeld verschuiven wanneer alleen naar de productie van werkboek en leerboek wordt gekeken, en worden alle procesemissies die te relateren zijn aan het boek relatief gezien belangrijker. Aan de andere kant is het belangrijk om digitaal gebruik mee te nemen. Zeker gezien digitaal

gebruik zeer gebruikelijk is in het onderwijs en digitalisering in het onderwijs toeneemt. Hierbij valt op te merken dat de efficiëntie van het energieverbruik van digitale apparatuur en datacentra toeneemt, maar ook het gebruik van steeds data-intensievere media en tools neemt toe. Er worden steeds meer afbeeldingen, grafische toevoegingen, video's en AI benut.

Voor deze impactanalyse is een duidelijke afbakening gehanteerd om de scope beheersbaar en relevant te houden. Dit betekent dat sommige indirecte en zeer specifieke, danwel verdiepende factoren, zoals het ontgassen van containers in de haven of de productie van de schepen zelf, buiten beschouwing zijn gelaten.

De functionele eenheid is één vak gedurende een volledig schooljaar. Een alternatieve functionele eenheid, zoals "de mate van kennisoverdracht", zou in principe ook mogelijk zijn, maar het is moeilijker om dit kwantitatief te beoordelen. Een interdisciplinair onderzoeksteam met kennis van didactiek, lesmethoden, de invloed van digitalisering op het onderwijs, en LCA zou deze vraag mogelijk kunnen oppakken.

Volgens de uitgevoerde impactanalyse is de impact van het drukken relatief laag in termen van CO₂-emissies vergeleken met de rest van het proces. Echter, drukken heeft een hoge lokale klimaatimpact (bijvoorbeeld door toxische materialen en verzuring), wat momenteel buiten het zichtveld van deze analyse valt.

Additionele lesmaterialen zoals schriften, pennen en andere ondersteunende artikelen zijn buiten beschouwing gelaten.

Conclusies & aanbevelingen

Conclusies

Het gebruik van leermiddelen in het onderwijs is de afgelopen jaren sterk veranderd door technologische innovaties. Om duurzame leermiddelen en een duurzame leermiddelenketen te bevorderen is de eerste stap het identificeren waar de klimaatimpact zich bevindt. MEVW heeft New Economy gevraagd om een onderzoek uit te voeren naar de kwantitatieve impact van productonderdelen (werkboek, leerboek, digitaal gebruik) met als doel: inzicht te bieden in de klimaatimpact van de productonderdelen en zicht op welke variabelen belangrijk zijn om deze impact te verminderen. Dit onderzoek streeft ernaar uitgeverijen, scholen en andere belanghebbenden te helpen bij het maken van duurzame keuzes en concludeert dat bewuste keuzes van uitgeverijen, drukkers en gebruikers een groot verschil kunnen maken in de totale klimaatimpact.

Deze studie heeft ervoor gekozen de dikten van de boeken, en dus het benodigde papier, gedeeltelijk op basis van geleverde informatie van een aantal Nederlandse uitgeverijen te maken. Het is daarom belangrijk te benadrukken dat de huidige impactanalyse de impact weergeeft van een fictief basisscenario. Uitgeverijen kunnen met deze informatie zelf nagaan hoe deze impactanalyse op basis van de input uit figuur 2 & 3 zich verhoudt tot hun eigen input en de combinatie die zij aanbieden in hun lesmethoden.

De drie doorgerekende interventies (optimalisatie van logistiek, optimalisatie overproductie en optimalisatie voor digitaal) geven een eerste indicatie waar impactreductie te behalen valt.

Met inzicht uit de uitwerking van deze interventies kunnen uitgeverijen, scholen en andere belanghebbenden beter geïnformeerde beslissingen nemen om de klimaatimpact van onderwijsmaterialen te reduceren. Toekomstig onderzoek moet ook andere milieuaspecten zoals biodiversiteit en menselijke gezondheid in overweging nemen om een volledig beeld van de milieu-impact te krijgen.

De impact van het productonderdeel digitaal gebruik heeft een significante impact in een gebruiksjaar. Uitgeverijen, het onderwijsveld en kennisinstellingen kunnen dit inzicht benutten om (verdere) digitalisering in het onderwijs, met als consequentie een hoge(re) klimaatimpact, bespreekbaar te maken en af te wegen tegen andere factoren, zoals leerrendement.

Betrouwbare data van een breed scala uitgeverijen van verschillende vakken maakt een vergelijking tussen leermiddelen mogelijk. Aandacht voor toekomstige trends in energieverbruik zijn essentieel om de duurzaamheid van onderwijsmethoden verder te verbeteren. Een multidisciplinair team kan hierbij helpen om de complexiteit van deze factoren beter te begrijpen en verantwoorde keuzes te maken, ook in relatie tot het uiteindelijk doel van een les van een uur; namelijk het zo goed mogelijk overbrengen van de lesstof en ondersteunen van de docent.

Conclusies & aanbevelingen

Aanbevelingen

Het verbeteren van de gegevenskwaliteit en het verminderen van de klimaatimpact van educatieve materialen vereist een gezamenlijke inspanning van uitgeverijen en scholen. Door middel van de voorgestelde aanbevelingen kunnen uitgeverijen en het onderwijsveld een eerste stap zetten in hun processen optimaliseren. Dit rapport moet gezien worden als een startpunt voor een gesprek in de educatieve sector om de klimaatimpact van lesmethoden te reduceren en de leerkwaliteit te maximaliseren, waarbij samenwerking tussen alle ketenspelers essentieel is. Op basis van deze impactanalyse zijn twee kernaanbevelingen geformuleerd en 7 aanbevelingen t.b.v. impactreductie.

Kernaanbevelingen:

1. Bundel de krachten in de keten. Reductiemaatregelen hebben impact op de (huidige)ketensamenwerking en het business model van organisaties. Digitaal gebruik op scholen neemt bijvoorbeeld toe terwijl de impact van digitaal gebruik met kop en schouder boven andere factoren uitsteekt. Door als educatieve uitgeverijen en scholen samen op te trekken, kunnen gezamenlijk keuzes gemaakt worden die de klimaatimpact van leermiddelen reduceren, zoals over het (maximale) digitale gebruik en keuze digitaal apparaat (bijv. laptop of tablet, nieuw versus refurbished, levensduur), waarbij een helder afwegingskader om andere factoren zoals leerrendement mee te nemen gewenst is.
2. Bepaal als speler in de sector aan welke knoppen je zelf kunt draaien. Druklocatie en mate van overproductie is iets waar je als uitgeverij direct mee aan de slag kunt. Start een onderzoek naar de klimaatimpact specifiek voor jouw assortiment en bepaal welke interventies op (korte) termijn uitvoerbaar zijn (zie onderstaande aanbevelingen).

Aanbevelingen t.b.v. emissiereductie:

1. Kies voor het gebruik van duurzame papieropties met een lagere klimaatimpact, zoals FSC-gecertificeerd papier, maar bovenal papier afkomstig van papierproducent die produceert met een lage milieu-impact. Ga hierover in gesprek met de drukker.
2. Optimaliseer de druk- en bindlocatie tussen de productie van papier en het distributiecentrum om transportgerelateerde emissies te verminderen. Gebruik efficiënte printtechnologieën met minimale verspilling van inkt en energie.
3. Herzie het ontwerp van educatieve materialen om het aantal pagina's te minimaliseren, waardoor minder papier nodig is voor productie en maak deze ambitie kenbaar bij drukker & producent.
4. Onderzoek de mogelijkheid om educatieve materialen volledig herbruikbaar te maken.
5. Minimaliseer de software behoefte (de nodige rekenkracht van het digitale apparaat) van een leersysteem zodat lichtere (lees meer duurzaam geproduceerde en efficiëntere) digitale hardware aangeboden kan worden. Betrek dit ook bij content buiten de directe leeromgeving zoals videomateriaal via YouTube.
6. Stimuleer het gebruik van kleinere, lichtere refurbished laptops met een lage energieconsumptie, of zelfs tablets, en moedig efficiënt energieverbruik aan, zoals het uitschakelen van laptops wanneer ze niet in gebruik zijn.
7. Overweeg als school bij het aanschaffen van nieuwe laptops (door leerling of school) te sturen op modellen met een lange levensduur, en overweeg een 'Product-as-a-Service' contract aan te gaan bij aanbieders van hardware t.b.v. het vervangen van componenten voor een langere levensduur zoals de accu.

Bijlage 1. Papiervarianten

Hoewel FSC-gecertificeerd papier bijdraagt aan verantwoord bosbeheer, betekent dit niet automatisch een lagere klimaatimpact. De CO₂-uitstoot van papier wordt vooral bepaald door het productieproces en de gebruikte energiebron. Zo kan regulier papier uit efficiënte Scandinavische fabrieken met hernieuwbare energie (zoals in Zweden of Noorwegen, gemiddeld slechts 0,02–0,05 kg CO₂/kWh) een lagere footprint hebben dan FSC-papier dat geproduceerd is met fossiele stroom in landen als China (0,6–0,8 kg CO₂/kWh) of Duitsland (0,4 kg CO₂/kWh). FSC zegt iets over de herkomst van de vezel, maar niets over de CO₂-intensiteit van de productie. Voor een echt duurzame keuze is het dus essentieel om zowel certificering als productie-impact mee te wegen.

Opvallend is dat papier met en zonder FSC-keurmerk uit China nauwelijks verschilt in klimaatimpact, terwijl dat in Europa wel het geval. In China worden FSC- en niet-FSC-varianten vaak op exact dezelfde productielijn geproduceerd, met identiek energiegebruik en infrastructuur. Daardoor leidt FSC daar vooral tot administratieve traceerbaarheid, maar niet tot aantoonbaar lagere emissies (± 755 kg CO₂/ton voor beide). In Europa ligt dat anders. FSC-gecertificeerd papier wordt hier vaker geproduceerd in fabrieken die ook op energie-efficiëntie, circulariteit en hernieuwbare energiebronnen sturen. Denk aan installaties in Scandinavië of Duitsland die draaien op waterkracht of biomassa. Hierdoor zien we in de praktijk een lager energieverbruik en een kleinere CO₂-footprint voor FSC-papier in Europa vergeleken met regulier papier uit conventionele productielocaties. Zo komt FSC-papier uit Noord-Europa soms uit op ± 205 kg CO₂/ton, terwijl regulier papier uit Oost- of Zuid-Europa boven de 500 kg CO₂/ton uitkomt.

Kortom: FSC is geen garantie voor lage uitstoot, maar in Europa valt FSC vaker samen met bredere duurzaamheidspraktijken. In China is dat verband (nog) veel minder zichtbaar.

Het lijkt soms dat gerecycled papier intuïtief als duurzamer wordt gezien. Toch blijkt de CO₂-voetafdruk per ton niet altijd lager uit te vallen dan bij papier op basis van verse houtvezels. Dit komt doordat de productie van 100% gerecycled papier een intensief proces blijft. Zo vergt het inzamelen, sorteren, ontinkten en opnieuw verwerken van oud papier relatief veel mechanische energie. Die energie wordt lang niet altijd opgewekt uit hernieuwbare bronnen, zeker niet in regio's zoals China of delen van Zuid-Europa, waar kolen en gas nog dominant zijn.

Bovendien is de vezelkwaliteit bij gerecycled papier lager, waardoor er meer vulstoffen, bindmiddelen en energie nodig zijn om dezelfde papiereigenschappen te behalen. Dit verhoogt de impact per kilogram eindproduct. In moderne Scandinavische fabrieken daarentegen wordt verse houtvezel efficiënt verwerkt, vaak met een hoog aandeel biomassa of waterkracht als energiebron. Daardoor kan papier uit primaire bronnen in sommige gevallen een lagere Scope 1+2 impact hebben dan gerecycled papier uit minder duurzame productielocaties*.

Gerecycled papier blijft cruciaal voor circulariteit en afvalreductie, maar de klimaatwinst ervan hangt sterk af van de lokale energie-infrastructuur. Voor een écht duurzame keuze loont het dus om zowel naar herkomst (recycled vs. virgin) als naar productiecontext en energiemix te kijken.

*Voor meer informatie over Scope 1,2 & 3, zie het [Greenhouse Gas Protocol](#).

** Alle gebruikte bronnen voor de informatie over CO₂-footprint van papier is [hier](#) te vinden.

Bronnen en literatuur

- Eri Amasawa, Tomohiko Ihara, Keisuke Hanaki (2017) Role of e-reader adoption in life cycle greenhouse gas emissions of book reading activities.
- Qi Kang, Jinyi Lu, Jianhua Xu (2021) Is e-reading environmentally more sustainable than conventional reading? Evidence from a systematic literature review.
- Johanna Pohl, Lorenz M. Hilty, Matthias Finkbeiner (2019) How LCA contributes to the environmental assessment of higher order effects of ICT application: A review of different approaches.
- Jessicah Carver, Natalie Guidry (2011) Rethinking Paper & Ink: The Sustainable Publishing Revolution.
- Roland Hischier, Mohammad Ahmadi Achachlouei, Lorenz M. Hilty (2014) Evaluating the sustainability of electronic media: Strategies for life cycle inventory data collection and their implications for LCA results.
- Jinho Kim, Yonghee Kim, Soorim Oh, Taejin Kim, Dogyun Lee (2021) Estimation of environmental impact of paperless office based on simple model scenarios.
- Trimbos (2022). Factsheet digitale balans jongvolwassenen. <https://www.trimbos.nl/wp-content/uploads/2022/06/EX024-Factsheet-digitale-balans-jongvolwassenen.pdf>
- Eri Amasawa, Tsubasa Shibata, Hirokazu Sugiyama, Masahiko Hirao (2020) Environmental potential of reusing, renting, and sharing consumer products: Systematic analysis approach.
- Joachi, Felix Aigner (2018) Environmental Implications of Media Consumption embedded in Digital Ecosystems.
- Victor Court, Steven Sorell (2020) Digitalisation of goods: a systematic review of the determinants and magnitude of the impacts on energy consumption.
- Justin Bull, Robert Kozak (2014) Comparative life cycle assessments: The case of paper and digital media.
- Jan Biezer, Lorenz Hilt (2018) Assessing Indirect Environmental Effects of Information and Communication Technology (ICT): A Systematic Literature Review.

Over New Economy

Er is een transitie gaande naar een andere economie. Uitdagingen op het gebied van klimaat, grondstoffen en digitalisering houden ons bezig. Niet alleen uit een gevoel van verantwoordelijkheid voor generaties na ons, maar ook om businesskansen te benutten. New Economy ontwerpt strategieën voor duurzame systeem-verandering. We werken met bedrijven, ketens en regio's aan het versnellen van de transitie naar een nieuwe economie.

New Economy werkt vanuit jarenlange kennis en ervaring op vele plaatsen in het economisch systeem: van overheid tot bedrijfsleven, van NGO tot universiteit, gekoppeld aan een breed inzicht in de transitie naar duurzame ontwikkeling.

Van Productie tot gebruik: naar minder klimaatimpact van leermiddelen in het onderwijs

In opdracht van: MEVW

Auteurs: Jonah Link, Pepijn Duijvestein & Lilian van Hove

Datum: Mei 2025