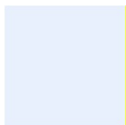




EXPERTS EN OPLOSSINGEN IN DUURZAME ONTWIKKELING
rdcenvironment.be - contact@rdcenvironment.be



Validatie en uitbreiding methodologie VLIF

Validatie en uitbreiding van de methodologie ter
berekening van de duurzaamheidsaspecten per
investeringsstype VLIF



DEPARTEMENT
LANDBOUW
& VISSERIJ

Auteurs

Bernard De Caemel
Tom Huppertz
Tjok Meuwissen
Josquin Vandeputte

Contact

+32 2 420 28 23
contact@rdcenvironment.be

Depotnummer

D/2024/3241/204

Document voor

Dept. LV

Datum

Mei 2023

Inhoudstafel

Inhoudstafel	4
Inleiding.....	9
1 Validatie emissies.....	11
1.1 Emissiefactoren energie	11
1.1.1 Huidige emissiefactoren.....	11
1.1.2 Beoordeling emissiefactoren	11
1.1.3 Voorstel nieuwe emissiefactoren.....	12
1.2 Emissies stallen	13
1.2.1 Huidige emissiefactoren.....	13
1.2.2 Beoordeling emissiefactoren	13
1.2.3 Voorstel nieuwe emissiefactoren.....	13
2 Validatie bestaande methodologie: energie	14
2.1 Energieschermen serres	14
2.1.1 Huidige berekeningswijze	14
2.1.2 Beoordeling huidige berekeningswijze	14
2.1.3 Voorstel nieuwe methodologie.....	15
2.2 Diffuus en dubbel glas serres.....	15
2.2.1 Huidige berekeningswijze	15
2.2.2 Beoordeling huidige berekeningswijze	15
2.2.3 Voorstel nieuwe methodologie.....	15
2.3 Rookgasreiniging, -condensor en -koeler	15
2.3.1 Huidige berekeningswijze	15
2.3.2 Beoordeling huidige berekeningswijze	15
2.3.3 Voorstel nieuwe methodologie.....	16
2.4 Warmtebuffer	16
2.4.1 Huidige berekeningswijze	16
2.4.2 Beoordeling huidige berekeningswijze	16
2.4.1 Voorstel nieuwe methodologie.....	16
2.5 Melkvoorkoeler.....	16
2.5.1 Huidige berekeningswijze	16
2.5.2 Beoordeling huidige berekeningswijze	17
2.5.3 Voorstel nieuwe methodologie.....	17
2.5.3.1 Melkvoorkoeler	17

2.5.3.2	Warmterecuperatiesysteem koelgroep melkkoeltank	18
2.5.3.3	Toerentalregeling vacuümpomp melkinstallatie	19
2.6	Ventilatie.....	20
2.6.1	Huidige berekeningswijze	20
2.6.2	Beoordeling huidige berekeningswijze	20
2.6.3	Voorstel nieuwe methodologie.....	21
2.7	Zonneboiler.....	21
2.7.1	Huidige berekeningswijze	21
2.7.2	Beoordeling huidige berekeningswijze	22
2.7.3	Voorstel nieuwe methodologie.....	22
2.8	Pocketvergisting.....	23
2.8.1	Huidige berekeningswijze	23
2.8.2	Beoordeling huidige berekeningswijze	23
2.8.3	Voorstel nieuwe berekeningswijze	23
2.8.3.1	Scope methodologie.....	23
2.8.3.2	Gegevens die worden opgevraagd bij landbouwer.....	24
2.8.3.3	Berekening hoeveelheid biogas	25
2.8.3.4	Berekening hoeveelheid digestaat.....	25
2.8.3.5	Duurzaamheidsaspect: energiebesparing.....	25
2.8.3.6	Duurzaamheidsaspect: broeikasgasemissie.....	27
2.8.3.7	Bespreking mestopslag.....	28
2.9	Klimaatcomputer in serres.....	29
2.9.1	Huidige berekeningswijze	29
2.9.2	Beoordeling huidige berekeningswijze	29
2.9.3	Voorstel nieuwe methodologie.....	30
2.10	Biggennest met geïntegreerde overkapping en/of- regel of sturingssysteem biggenlampen 30	
2.10.1	Huidige berekeningswijze	30
2.10.2	Beoordeling huidige berekeningswijze	30
2.10.3	Voorstel nieuwe methodologie.....	30
2.11	Gasverwarmingsinstallatie.....	30
2.11.1	Huidige berekeningswijze	30
2.11.2	Beoordeling huidige berekeningswijze	30
2.11.3	Voorstel nieuwe methodologie.....	30
2.11.3.1	Energiebesparing.....	30
2.11.3.2	Emissiereductie	31

2.12	Biobrandstoffen	31
2.13	Isolatie.....	31
2.13.1	Huidige berekeningswijze	31
2.13.2	Beoordeling huidige berekeningswijze	31
2.13.3	Voorstel nieuwe methodologie.....	31
2.14	Biomethaan als brandstof tractor.....	32
2.14.1	Huidige berekeningswijze	32
2.14.2	Voorstel methodologie	32
2.14.2.1	Broeikasgasemissiereductie	33
3	Validatie bestaande methodologie: CH₄, N₂O, ammoniak, geur en fijn stof	34
3.1	AEA-stallen.....	34
3.1.1	Huidige berekeningswijze	34
3.1.2	Beoordeling huidige berekeningswijze:	34
3.2	Luchtwassers.....	34
3.2.1	Huidige berekeningswijze	34
3.2.2	Beoordeling huidige berekeningswijze:	34
3.2.3	Voorstel nieuwe methodologie.....	35
3.3	PAS-lijst	35
3.3.1	Huidige berekeningswijze	35
3.3.2	Beoordeling huidige berekeningswijze:	35
3.3.3	Voorstel nieuwe methodologie.....	35
4	Uitbreiding methodologie.....	36
4.1	Warmtepomp.....	36
4.1.1	Algemeen	36
4.1.2	Opgevraagde gegevens	37
4.1.3	Energiebesparing.....	37
4.1.4	Broeikasgasemissie	39
4.1.4.1	Productie	39
4.1.4.2	Transport.....	39
4.1.4.3	Gebruiksfase.....	39
4.1.4.4	Levens einde.....	39
4.1.5	Voorbeeld van levenscyclusanalyse.....	39
4.1.6	Bijlagen.....	41
4.2	Windmolens.....	42
4.2.1	Algemeen	42
4.2.2	Opgevraagde gegevens	44

4.2.3	Energiebesparing.....	45
4.2.4	Broeikasgasemissie	47
4.3	Warmtewisselaar	47
4.3.1	Algemeen	47
4.3.2	Opgevraagde gegevens	48
4.3.3	Energiebesparing.....	49
4.3.3.1	Veronderstellingen voor stallen	49
4.3.3.2	Veronderstellingen voor kassen en loodsen	50
4.3.4	Broeikasgasemissie	51
4.3.4.1	Productie	51
4.3.4.2	Transport	51
4.3.4.3	Gebruiksfase.....	52
4.3.4.4	Levenseinde.....	52
4.3.5	Voorbeeld van levenscyclusanalyse.....	52
4.3.6	Bijlagen.....	53
4.3.6.1	Berekening van temperatuurverschil ΔT	53
4.4	LED-belichting in serres.....	54
4.4.1	Algemeen	54
4.4.2	Opgevraagde gegevens	55
4.4.3	Energiebesparing.....	55
4.4.3.1	Reductie elektrisch energieverbruik	55
4.4.3.2	Toename thermische energie	56
4.4.4	Broeikasgasemissie	56
4.5	Energiereducatie bij frigo's in loodsen	57
4.5.1	Algemeen	57
4.5.2	Opgevraagde gegevens	59
4.5.3	Energiebesparing.....	59
4.5.3.1	Veronderstellingen.....	60
4.5.4	Broeikasgasemissie	60
4.5.4.1	Productie	60
4.5.4.2	Transport.....	61
4.5.4.3	Gebruiksfase.....	61
4.5.4.4	Levenseinde.....	61
4.5.5	Voorbeeld van levenscyclusanalyse.....	61
4.5.6	Technische voorwaarden energiezuinige frigo	63
4.5.7	Bijlagen.....	64

4.5.7.1	Waterdebiet (m ³ /h) op basis van koelvermogen (kW)	64
4.6	Externe gesloten mestopslag.....	65
4.6.1	Algemeen	65
4.6.1.1	Methaanemissie uit mestopslag	65
4.6.1.2	Lachgasemissie uit mestopslag	65
4.6.1.3	Ammoniakemissie uit mestopslag.....	66
4.6.2	Opgevraagde gegevens	66
4.6.3	Broeikasgasemissie	66
4.6.3.1	Methaanemissiereductie.....	66
4.6.3.2	Lachgasemissiereductie.....	68
4.6.4	Ammoniakemissiereductie.....	68
5	Kwalitatieve bespreking VLIF-steun binnen andere beleidsprogramma's.....	69
5.1	Programmatische aanpak stikstof (PAS).....	69
5.2	Luchtbeleidsplan 2030	70
5.3	Vlaams Energie- en Klimaatplan (VEKP).....	72
6	Algemene beoordeling.....	74
6.1	Duurzaamheidsaspecten die aan bod komen in VLIF	74
6.2	Methodologie ter berekening van de duurzaamheidsaspecten.....	74
6.3	Limieten methodologie.....	75
6.4	Aanbevelingen	76
6.5	Emissiefactoren AEA-stallen	79
	Lijst van tabellen.....	80
	Lijst van figuren	82
	Bijlagen	83

Inleiding

Het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds (VLIF) ondersteunt de Vlaamse land- en tuinbouw¹. Dit gebeurt door duurzame investeringen te stimuleren om de structuur van de land- en tuinbouwbedrijven te verbeteren, hun rendabiliteit te verzekeren en de kostprijs te verminderen. De aanvragen worden beheerd door het Departement Landbouw en Visserij (DLV).

Het doel van deze investeringssteun is meervoudig:

- Een efficiënter gebruik van energie en water op de Vlaamse tuin- en landbouwbedrijven
- Een verbetering van de luchtkwaliteit, onder meer via de reductie van de uitstoot van broeikasgassen, fijn stof en ammoniak uit de landbouw
- Het verhogen van de weerbaarheid (voldoen aan nieuwe wettelijke normen over hygiëne, een landbouwbedrijf herlokaliseren of de impact van het landbouwbedrijf op ecosystemen milderer als dat past in een plan om de instandhoudingsdoelstellingen² te behalen, voldoen aan nieuwe wettelijke normen over dierenwelzijn, de kwaliteit van de producten verhogen...).

De steunomvang hangt af van de mate waarin de investeringen de duurzaamheid van de land- en tuinbouwproductie verbeteren; er zijn 3 steunniveaus: 15, 30 en 40%. Op periodieke tijdstippen wordt een selectie uitgevoerd op alle ontvangen steunaanvragen.. DLV wenst het effect van de gesteunde investeringen op vlak van duurzaamheid door te rekenen. De duurzaamheidsaspecten die meegenomen worden, zijn: energiegebruik, broeikasgasuitstoot, uitstoot ammoniak, uitstoot fijn stof, geuremissie...

Per investeringstype moet dus een berekeningsmethode worden opgesteld om de relevante duurzaamheidsaspecten te analyseren. Hierbij wordt een evenwicht gezocht tussen nauwkeurigheid en gemakkelijker voor de landbouwer. Het beperken van beide het aantal gegevens en de moeilijkheid aan deze gegevens te geraken heeft als doel de administratieve last te beperken en de mogelijkheid tot fouten in de aanvragen te verlagen. Bij voorkeur wordt gewerkt met algemene stal- en serrekenmerken opgegeven door de begunstigde, gecombineerd met standaardcoëfficiënten gerelateerd aan de gesteunde investering.

Dit rapport bestaat uit drie grote onderdelen:

- Validatie van de bestaande methodologie (hoofdstuk 1-3), de voornaamste duurzaamheidsaspecten hierbij zijn:
 - Energiebesparing en daarmee uitgespaarde broeikasgasemissie
 - Emissiereductie van NH₃, geur en fijnstof door het toepassen van innovatieve stalsystemen (AEA stallen), maatregelen van de PAS-lijst of gebruik van luchtwassers
 - Investerings gericht op watergebruik en -kwaliteit, en dierenwelzijn worden niet beoordeeld
- Uitbreiding van de methodologie (hoofdstuk 4) met een berekeningsmethode voor 5 investeringstypen waarvoor nog geen algemene methode werd opgemaakt, deze zijn:

¹ <https://lv.vlaanderen.be/subsidies/vlif-steun-voor-de-land-en-tuinbouw>

² Vooropgestelde doelstellingen voor speciale beschermingszones die tot het Natura-2000 netwerk behoren (<https://natura2000.vlaanderen.be/specifieke-natuurdoelen>)

- LED-verlichting in serres
- Hernieuwbare energie : kleine/middelgrote windmolens & warmtepompen
- Warmtewisselaars en warmterecuperatiesystemen
- Warmterecuperatie bij frigo's in loodsen
- Gesloten externe mestopslag/mestzak/mestsilo
- Algemene beoordeling van de methodologie (hoofdstuk 6) en kwalitatieve bespreking van het verlenen van investeringssteun voor de landbouw binnen grotere beleidsmaatregelen waaronder het PAS, Luchtbeleidsplan, VEKP ... (hoofdstuk 5).

1 Validatie emissies

1.1 Emissiefactoren energie

1.1.1 Huidige emissiefactoren

De emissiefactoren worden gebruikt ter berekening van de vermeden broeikasgasemissies bij investeringen die:

- Zorgen voor een reductie van het energieverbruik (vb. Isolatie), of
- Een energiebron vervangen met een milieubewustere keuze (bv. een zonneboiler)

De huidige emissiefactoren, afkomstig van VMM die deze hanteren in het Emissie Inventarisatie Systeem voor Lucht (EISSA), stellen enkel de broeikasgasemissie voor die vrijkomt bij verbranding van de verschillende fossiele brandstoffen. M.a.w. **enkel de gebruiksfase van de brandstoffen wordt in rekening gebracht, en niet de levensfasen die ervoor plaats vinden**: ontginning ruw materiaal, raffinaderij en transport. Alhoewel de emissies die vrijkomen bij de verbranding het merendeel uitmaken, kunnen de overige levensfasen nog steeds een significante bijdrage brengen tot de totale emissie van broeikasgassen over de complete levenscyclus.

1.1.2 Beoordeling emissiefactoren

Impact gehele levenscyclus

Alle fossiele brandstoffen die in Vlaanderen worden geconsumeerd, worden geïmporteerd uit het buitenland en dus vinden deze emissies, die momenteel niet inbegrepen zijn, niet plaats in Vlaanderen maar in het buitenland. Maar klimaatopwarming is een globaal probleem waarbij de locatie van emissie van de broeikasgassen geen rol speelt, daarom is het van belang een volledig beeld te schetsen van de vermeden broeikasgasemissies over de gehele levenscyclus.

Biogeen koolstof (biobrandstoffen)

Bij de verbranding van biobrandstoffen komen er net zoals bij fossiele brandstoffen broeikasgassen vrij maar deze zijn van een andere aard, namelijk biogeen. Biogeen koolstof maakt deel uit van de korte koolstofcyclus: de emissie van biogeen CO₂ komt nadat dit werd opgenomen door fotosynthetiserende organismen en opgeslagen in complexere moleculen zoals glucose. Over het algemeen wordt aangenomen dat de biogene CO₂-emissies neutraal zijn wat betreft het broeikasgaseffect en dus niet bijdragen tot de klimaatverandering. De emissie tijdens de verbranding van biobrandstoffen wordt dus gelijkgesteld aan 0³ kg CO₂-eq./MJ, in lijn met de methodologie van de PEF⁴ die wordt gevolgd: biogeen CO₂ heeft een karakterisatiefactor van 0 bij de impact categorie 'climate change, EF 3.1'⁵.

Net als voor de fossiele brandstoffen wordt er ook gekeken naar de volledige levenscyclus voor de biobrandstoffen; er wordt aangenomen dat er geen emissies zijn tijdens verbranding, maar tijdens de

³ Aannname dat alle koolstof in de biobrandstof bij verbranding wordt omgezet in CO₂, en er geen emissies zijn van biogeen CH₄ (deze emissie wordt wel meegeteld bij 'climate change EF 3.1')

⁴ Product Environmental Footprint: methode, gebaseerd op LCA methodologie, om milieu-impacten van goederen en diensten te kwantificeren die wordt aangeraden door de Europese Commissie. Zie ook <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/EnvironmentalFootprint.html>

⁵ Binnen de PEF wordt een set van 16 impact categorieën voorgesteld ter analyse van de volledige milieu-impact, één van deze 16 impact categorieën is 'climate change' (klimaatverandering) die wordt weergegeven in de eenheid 'kg CO₂-eq.'. EF 3.1 verwijst naar de versie van deze impact categorie binnen de PEF methodologie.

overige levenscyclusfasen kunnen wel relevante broeikasgasemissies optreden (bv. dieselverbruik tractor voor teelt biobrandstofgewassen, energieverbruik tijdens raffinage, transport...).

Daarenboven zijn er ook potentieel significante indirecte effecten zoals Land Use Change (LUC) in de productielanden (ontbossing en omzetting in landbouwoppervlakte) en/of vervanging van het landbouwproduct (suiker of ethanol uit suikerriet) door andere (energie)bronnen. Deze indirecte effecten moeten ook meegenomen worden in de analyse.

Overige emissies

Wanneer (bio)brandstoffen worden verbrand, komen niet enkel broeikasgassen vrij maar wordt een hele hoop emissies de atmosfeer ingestuurd. De samenstelling van de rookgassen hangt af van het type brandstof en van de karakteristieken van de verwarmingsinstallatie waarin deze verbrand wordt. Veel van deze emissies zullen geen impact hebben op de klimaatverandering, maar leiden wel elk tot hun eigen milieu- en of gezondheidsproblemen. De belangrijkste emissies (naast broeikasgassen) bij verbranding van (bio)brandstoffen zijn:

- NO_x : stikstofoxiden hebben een verzurend effect op de bodem (dit zorgt voor extreme toename van nitrofiële planten ten koste van oorspronkelijke flora, en dus verlies van biodiversiteit) en eutrofiërend effect in de waterlopen, meren (zorgt voor extreme algenbloei. Wanneer deze afsterven wordt al het aanwezige zuurstof in het water opgebruikt, en verstikt het aanwezig leven in het water)
- Fijnstof: deze emissie wordt ingedeeld in drie types afhankelijk van de grootte van de partikels, namelijk: PM < 2.5 µm, 2.5 µm < PM < 10 µm & PM > 10 µm. De emissie van fijnstof leidt voornamelijk tot gezondheidsproblemen, bij het inademen kan het tot schade leiden aan de luchtwegen, longen, hart en bloedvaten. Het grootste gevaar wordt geleverd door de kleinste variant (PM < 2.5 µm) aangezien deze tot in de bloedbaan terecht kan komen. Een Vlaming verliest gemiddeld ongeveer één gezond levensjaar door fijnstof⁶. Vanwege de relevantie van deze emissie van fijnstof < 2.5 µm op de menselijke gezondheid, is hiervoor een emissieplafond opgenomen in de NEC-richtlijn⁷ (meer uitleg hierover in hoofdstuk 5).

1.1.3 Voorstel nieuwe emissiefactoren

De lijst met emissiefactoren uitgebreid met de emissiefactor over de gehele levenscyclus, zodat beide emissiefactoren beschikbaar zijn: de broeikasgasemissie over de gehele levenscyclus, en die tijdens de verbranding van de brandstof.

Zoals hierboven wordt vermeld, wordt er geen emissie van broeikasgassen aangenomen bij verbranding van de biobrandstoffen. Wel wordt de impact tijdens alle andere levenscyclusfasen (inclusief indirecte emissies) meegenomen voor deze biobrandstoffen, overgenomen van de Europese richtlijn voor biobrandstoffen⁸. De levenscyclusfasen die worden in rekening gebracht zijn: emissies tijdens teelt, emissies tijdens verwerking tot biobrandstof en emissies tijdens transport van biobrandstof en de indirecte emissies: land use change, materiaalvervanging.

Bijkomend wordt er per brandstof ook volgende emissies toegevoegd, gelinkt aan de volgende duurzaamheidsaspecten:

- Fijn stof : uitstoot van PM < 2.5 µm (kg/MJ), PM 2.5 > & <10 µm (kg/MJ) en PM > 10 µm (kg/MJ)
- Stikstofproblematiek : uitstoot van NO_x (kg/MJ)

⁶ <https://www.gezondleven.be/themas/gezondheid-en-milieu/gezond-buiten/fijn-stof>

⁷ <https://www.vmm.be/wetgeving/europese-nec-richtlijn>

⁸ EU Directive 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources

De gemodelleerde emissies van NO_x en fijnstof zijn de emissies die vrijkomen bij de verbranding van de (bio)brandstof, maar niet de emissies die vrijkomen over de gehele levenscyclus. In tegenstelling tot de emissie van broeikasgassen waarvoor ook de emissie over de gehele levenscyclus wordt aangeleverd, wordt hier enkel gefocust op de emissies tijdens verbranding aangezien deze emissies tot lokale milieu- en gezondheidsproblemen leiden en er bij de berekeningen van de duurzaamheidsaspecten van de VLIF wordt gefocust op de impacten in Vlaanderen.

Per brandstof en type emissie wordt een emissiefactor berekend bij een rendement van 100% (Bijlage 1), om tot een reële emissie te komen moet er dus rekening gehouden worden met het rendement van de verwarmingsinstallatie.

In Bijlage 2 is een tabel toegevoegd met standaard rendementen per type brandstof die gehanteerd kunnen worden bij deze berekening, hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen installaties met bouwjaar van vóór of na 2005. Dit moet dus bijkomend gevraagd worden aan de landbouwer.

1.2 Emissies stallen

1.2.1 Huidige emissiefactoren

De standaard emissiefactoren worden weergegeven per diercategorie en per type emissie (ammoniak, geur, PM₁₀, PM_{2.5}, lachgas en methaan). De huidige emissiecoëfficiënten in het Excel bestand 'InleesKenmerken' tabblad 'StandaardEmissiefactoren' worden gecontroleerd, hierbij worden volgende bronnen nagegaan:

- Emissies ammoniak, geur, PM₁₀ & PM_{2.5} : Lijst met geactualiseerde emissiefactoren voor ammoniak, geur en fijn stof. Bijlage Richtlijnenboek Landbouwdieren (versie 01/06/2022)⁹
- Emissies lachgas en methaan : Emissiefactoren methaan, lachgas en PM_{2,5} voor stalsystemen, inclusief toelichting, Wageningen UR Livestock Research, 2011

1.2.2 Beoordeling emissiefactoren

- De geuremissie bij diersoort *slachtkuikens* (diersoort ID 239) bedraagt 0.24 OUE/dier*s, deze waarde moet aangepast worden naar 0.59 OUE/dier*s.

1.2.3 Voorstel nieuwe emissiefactoren

De huidige emissiefactoren, overgenomen uit de twee hierboven vermelde bronnen, worden correct gehanteerd. Er wordt aanbevolen de evolutie van deze emissiefactoren op te volgen en te actualiseren wanneer mogelijk (zie ook 6.5).

Zie de Excel in bijlage met de controle van de emissiefactoren.

⁹

https://omgeving.vlaanderen.be/sites/default/files/2021-10/20210201_RLB%20Landbouwdieren_bijlage%20emissiefactoren.pdf

<https://www.wur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-343232303231>

2 Validatie bestaande methodologie: energie

2.1 Energieschermen serres

2.1.1 Huidige berekeningswijze

Afhankelijk van het type scherm (beweegbaar scherm, verduisteringsscherm, gevelscherm...) wordt het energieverbruik van de serre met een bepaald percentage verminderd.

2.1.2 Beoordeling huidige berekeningswijze

- De methodologie ter berekening van de reductie in energieconsumptie is correct
- De reductiepercentages per type scherm werden besproken met experts van Thomas More team glastuinbouw tijdens een overleg op 08/03/2023, zie Tabel 1 voor de beoordeling van de reductiepercentages.

Tabel 1: beoordeling reductiepercentage per type energiescherm

Energiescherm	Reductie-percentage (%)	Beoordeling waarde
eerste beweegbaar scherm	30	OK (reductiepercentage in range van 25 – 35% afhankelijk van leeftijd serre)
tweede beweegbaar scherm	6	OK (reductiepercentage in range van 10 – 15% afhankelijk van leeftijd serre)
derde beweegbaar scherm	5	OK
enkele folie	25	OK
andere	20	OK
verduisteringsscherm	50	OK
gevelscherm	50	Voorstel nieuwe waarde: 3.5%

Opmerkingen:

- Beweegbaar scherm : oude serres (20+ jaar) zijn minder goed voorzien op het installeren van schermen dan nieuwe serres, waardoor deze niet direct op het glas toegepast worden maar op een draad die voor het glas wordt gespannen. De ruimte hiertussen zorgt voor verlies waardoor het reductiepercentage lager ligt voor deze serres. Een lager reductiepercentage zou toegepast kunnen worden op de oudere serres, maar dit zou een fout beeld schetsen van de ware energiereductie. Er wordt een standaardverbruik gehanteerd per type teelt, onafhankelijk van de leeftijd van de serre terwijl een oudere serre (20+ jaar) typisch een hoger standaardverbruik zal hebben dan een jongere serre voor eenzelfde teelt. Hierdoor zal het plaatsen van een beweegbaar scherm in absolute waarde ongeveer dezelfde reductie teweegbrengen in een oude of nieuwe serre, ongeacht de leeftijd. Er wordt daarom voorgesteld de gemiddelde waarde te behouden voor alle serres, om te voorkomen dat het toepassen van deze beweegbare schermen op oudere serres als minder interessant worden beschouwd waardoor ze minder kans op subsidie krijgen.
- Gevelscherm : het huidige reductiepercentage van 50% is enkel geldig op het verlies langs de gevel. Dit verlies stelt zo'n 6-8% van het totale energiegebruik voor, dus is het uiteindelijke reductiepercentage van dit type scherm $50\% \times 7\% = 3.5\%$.

2.1.3 Voorstel nieuwe methodologie

De berekeningswijze wordt behouden, de reductiewaarde voor gevelschem wordt aangepast.

2.2 Diffuus en dubbel glas serres

2.2.1 Huidige berekeningswijze

Afhankelijk van het type glas wordt het energieverbruik van de serre met een bepaald percentage verminderd.

2.2.2 Beoordeling huidige berekeningswijze

- De methodologie ter berekening van de reductie in energieconsumptie is correct
- De reductiepercentages per type glas werden besproken met experts van Thomas More team glastuinbouw tijdens een overleg op 08/03/2023, zie voor de beoordeling van de reductiepercentages.

Tabel 2: beoordeling reductiepercentage per type glas

Type glas	Reductie- percentage (%)	Beoordeling waarde
Diffuus glas	5	OK
Dubbel glas	15	OK
Dubbel anti-reflectieglas	25-30	Geen inschatting mogelijk, huidige percentage ligt te hoog

De huidige waarden voor diffuus en dubbel glas zijn geldig om de reductie van de energieconsumptie te berekenen. De reductie van energieconsumptie door toepassen van dubbel anti-reflectieglas is ongekend en het is niet mogelijk een reductie in te schatten.

2.2.3 Voorstel nieuwe methodologie

De berekeningswijze en reductiepercentages worden behouden, behalve voor dubbel anti-reflectieglas waarvoor een reductie van 0% wordt behouden tot meer informatie hierrond beschikbaar is.

2.3 Rookgasreiniging, -condensor en -koeler

2.3.1 Huidige berekeningswijze

Met een rookgascondensor kan energie bespaard worden, afhankelijk van de grootte en ouderdom van de installatie. Ook via rookgasreiniging wordt energie bespaard, dankzij de recuperatie van CO₂ en warmte uit de rookgassen.

2.3.2 Beoordeling huidige berekeningswijze

- De methodologie ter berekening van de reductie in energieconsumptie is correct
- De reductiepercentages werden besproken met experts van Thomas More team glastuinbouw tijdens een overleg op 08/03/2023, zie voor de beoordeling van de reductiepercentages.

Type investering	Reductie- percentage (%)	Beoordeling waarde
Rookgaskoeler	7.5	OK
Rookgascondensor	7.5	10%
Rookgasreiniging	7.5	OK

2.3.3 Voorstel nieuwe methodologie

Aanpassing reductiepercentage van de rookgascondensor van 7.5% naar 10%.

2.4 Warmtebuffer

2.4.1 Huidige berekeningswijze

De reductie van het aardgasverbruik dankzij een warmtebuffer, is afhankelijk van de buffercapaciteit (volume buffer/ areaal serre) en van het feit of er al dan niet een WKK in de serre aanwezig is.

2.4.2 Beoordeling huidige berekeningswijze

- De methodologie ter berekening van de reductie in energieconsumptie is correct
- De aardgaspercentages per buffercapaciteit werden besproken met experts van Thomas More team glastuinbouw tijdens een overleg op 08/03/2023

Er zijn momenteel geen betere waarden voorhanden, de experts van Thomas More valideren dat deze waarden toegepast mogen worden in de berekeningen.

Literatuuronderzoek heeft ook geen resultaten geleverd.

2.4.1 Voorstel nieuwe methodologie

Geen aanpassing vereist.

2.5 Melkvoorkoeler

2.5.1 Huidige berekeningswijze

Er zijn drie verschillende investeringstypes, met voornaamste aspect energiebesparing, waarvoor een methodologie bestaat:

- Melkvoorkoeler
 - ❖ Melk en water stromen in aparte ruimten in tegengestelde richting, van elkaar gescheiden door een dunne wand tijdens het melken. Het min of meer opgewarmde voorkoelwater is eventueel bruikbaar als drinkwater voor het vee. Types: platenkoeler, buizenkoeler.
- Warmterecuperatiesystemen koelgroep melkkoeltank
 - ❖ Koelmachine fungeert als een warmtepomp door aanpassingen in het koelsysteem. De warmte die vrijkomt bij het afkoelen van de melk kan gebruikt worden om reinigingswater op te warmen.

- Toerentalregeling vacuümpomp melkinstallatie

- ❖ Door gebruik te maken van een toerentalregeling bij vacuümpompen in melkinstallaties, waarbij de draaisnelheid van de pomp wordt aangepast aan de melkproductie, kan energiebesparing worden gerealiseerd doordat de elektronische motor van de pomp minder elektriciteit verbruikt.

De eerste twee investeringstypes zijn gelinkt een hoeveelheid bespaarde kWh per 1000 L verwerkte melk. Voor de toerentalregeling wordt een rendement in % gegeven. Deze waarden worden vermenigvuldigd met de gemiddelde melkproductie per koe of geit per jaar om uiteindelijk de energiebesparing per jaar te berekenen.

2.5.2 Beoordeling huidige berekeningswijze

- Melkvoorcoeler en warmterecuperatiesysteem: Uit een vergelijking van de gegevens met de studies, te vinden op Enerpedia, blijkt dat de energiebesparing onderschat wordt en dus moet worden geactualiseerd.
- Toerentalregeling: de verstrekte energie-efficiëntie kan niet zomaar worden gebruikt en moet worden aangevuld met andere gegevens over het energieverbruik
- Algemeen: jaarlijkse melkproductie van melkschapen moet toegevoegd worden

2.5.3 Voorstel nieuwe methodologie

2.5.3.1 Melkvoorcoeler

Met een melkvoorcoeler kan een landbouwer energie besparen door warmte van de warme melk te onttrekken vooraleer het in de koeltank komt. Warmte wordt niet hergebruikt maar energieverbruik om de melk te koelen wordt verminderd¹⁰. Dit is de energiebesparing die in rekening wordt gebracht.

- Opgevraagde gegevens:
 - Diercategorie
 - Aantal dieren (n)

Duurzaamheidsaspect: energiebesparing

- Gegevens/aannames:
 - Melkdichtheid: $\rho = 1.030 \text{ kg/m}^3$ ¹¹
 - Melkwarmtecapaciteit: $c = 3770 \text{ J/kg.K}$ ¹²
 - Melk wordt van 35°C tot 20°C gekoeld¹⁰ ($\Delta T = 15^\circ\text{C}$)
 - Een gemiddelde melkproductie per dier per jaar tussen 2016 en 2021 is berekend op basis van huidige methodologiegegevens (zie Tabel 3).

¹⁰ Bron: Enerpedia, <https://www.enerpedia.be/nl/energiethema/melkkoeling-18/>

¹¹ Bron: <http://www.soortelijkgewicht.nl/soortelijk-gewicht-van-vloeistoffen/>

¹² Bron: https://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-food-d_295.html

Tabel 3: Gemiddelde melkproductie (L/dier/jaar) voor drie verschillende melkdieren.

Melkdier	Melkproductie \dot{m} (L/dier/jaar)
Koeien	8392.6
Geiten	1050
Schappen	600

De jaarlijkse energiebesparing E (kWh/jaar) wordt berekend met de volgende vergelijking:

$$E \text{ (kWh)} = \rho c n \dot{m} \Delta T * \frac{1}{3.600.000}$$

Met deze nieuwe methodologie resulteert een energiebesparing van 16.18 kWh per 1.000 liter melk voor melkvoorkoelers.

Ter vergelijking, de huidige methodologie beschouwt een energiebesparing tussen 6 en 10 kWh per 1.000 liter melk. Dit waardenbereik werd benaderd op basis van persoonlijke communicatie met Enerpedia en van den Pol-Dasselaar et al. (2013)¹³. De nieuwe methodologie berekent dus een hogere energiebesparing maar blijft binnen dezelfde grootteorde.

2.5.3.2 Warmterecuperatiesysteem koelgroep melkkoeltank

Bij het afkoelen van de melk kan vrijkomende warmte hergebruikt worden om reinigingswater op te warmen. Dit warm water kan daarna op verschillende manieren hergebruikt worden (bv. vloerverwarming, verwarming van kuisruimtes...).

- Opgevraagde gegevens
 - Diercategorie
 - Aantal dieren (n)
 - Gebruiksfrequentie van warm water (hele jaar door, helft van het jaar, zeldzaam of nooit)

Duurzaamheidsaspect: energiebesparing

- Gegevens/aannames:
 - Waterdichtheid $\rho = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ onder standaardomstandigheden¹⁴
 - Water warmtecapaciteit $c = 4184 \text{ (J/kg.K)}$ standaardomstandigheden¹⁴
 - Water wordt van 15°C tot 55°C verwarmd ($\Delta T = 40^\circ\text{C}$)¹⁵
 - Een gemiddelde melkproductie per dier per jaar tussen 2016 en 2021 is berekend op basis van huidige methodologiegegevens (zie Tabel 3).

¹³ Bron: van den Pol-Dasselaar et al. (2013), Kosteneffectiviteit reductiemaatregelen emissie broeikasgassen zuivel, Wageningen UR Livestock Research, Rapport, <http://edepot.wur.nl/274864>.

¹⁴ 20°C en atmosferische druk

¹⁵ Bron: Enerpedia, <https://www.enerpedia.be/nl/energiethema/melkkoeling-18/>

- Per liter melk kan 0.3 L water tot 55°C worden verwarmd.¹⁶
- Een jaarlijks gebruiksduur van 365 dagen (8760 uur) per jaar wordt beschouwd en aangepast aan de gebruiksfrequentie van het verwarmde water met een correctiefactor α (zie Tabel 4).

Tabel 4: Aanpassen van het jaarlijks gebruiksduur t op basis van gebruiksfrequentie van het verwarmde water

Gemelde frequentie van het verwarmde water	Correctiefactor α
Hele jaar door	100%
Helft van het jaar (6 maanden)	50%
Zeldzaam	0%
Nooit	0%

De jaarlijkse energiebesparing E (kWh/jaar) wordt berekend met de volgende vergelijking:

$$E \text{ (kWh)} = \rho c (0.3 \alpha n \dot{m}) \Delta T * \frac{1}{3.600.000}$$

Met deze nieuwe methodologie resulteert een energiebesparing van 13.95 kWh per 1.000 liter melk voor deze warmterecuperatiesystemen.

Ter vergelijking, de huidige methodologie beschouwt een energiebesparing tussen 6 en 20 kWh per 1.000 liter melk. Dit waardenbereik werd benaderd op basis van persoonlijke communicatie met Enerpedia en van den Pol-Dasselaar et al. (2013)¹⁷. De nieuwe methodologie berekent dus een energiebesparing die binnen het datarange van de huidige methode valt.

2.5.3.3 Toerentalregeling vacuümpomp melkinstallatie

Vacuümpompen van melkinstallaties bestaan uit een elektronische motor die elektriciteit gebruikt. Het gebruiken van een toerentalregeling kan energie (in dit geval elektriciteit) besparen aangezien de draaisnelheid van de pomp wordt aangepast aan de hoeveelheid melk die op een bepaald moment wordt opgezogen.

- Opgevraagde gegevens
 - Diercategorie
 - Aantal dieren (n)

Duurzaamheidsaspect: energiebesparing

- Gegevens/aannames:

¹⁶ Volgens [Enerpedia](#) kan 0.3 tot 0.8 L water tot 55°C per liter melk worden verwarmd. De waarde van 0.3 is gekozen om conservatief te blijven.

¹⁷ Bron: van den Pol-Dasselaar et al. (2013), Kosteneffectiviteit reductiemaatregelen emissie broeikasgassen zuivel, Wageningen UR Livestock Research, Rapport, <http://edepot.wur.nl/274864>.

- Een gemiddeld energiebesparing van $E_v = 4.36$ kWh per 1.000 liter melk is berekend op basis van gegevens gepubliceerd door RVO.¹⁸
- Een gemiddelde melkproductie per dier per jaar tussen 2016 en 2021 is berekend op basis van huidige methodologiegegevens (zie Tabel 3).

De jaarlijkse energiebesparing E (kWh/jaar) wordt berekend met de volgende vergelijking:

$$E \text{ (kWh)} = \frac{E_v}{1000} n \dot{m}$$

Met deze nieuwe methodologie resulteert een energiebesparing van 4.36 kWh per 1.000 liter melk voor deze toerentalregelingen, of een rendement van 48%.

Ter vergelijking, de huidige methodologie beschouwt een rendement van 40%, of 3.61 kWh per 1.000 liter melk. Dit waarde werd benaderd op basis van persoonlijke communicatie met Enerpedia en Innovatiesteunpunt. De nieuwe methode leidt tot een efficiëntie iets hoger dan de huidige.

2.6 Ventilatie

2.6.1 Huidige berekeningswijze

Er wordt een percentuele energiebesparing toegepast bij het gebruik van gelijkstroom- of frequentiegestuurde ventilatoren, ten opzichte van het standaardverbruik voor ventilatie. Dit standaardverbruik is beschikbaar per diercategorie (varkens en kippen). Bij de berekening van de percentuele energiebesparing is rekening gehouden met een ventilatieregime van 80/20, wat betekent dat 80% van de tijd de minimumventilatie gehanteerd wordt en 20% van de tijd de maximumventilatie.

2.6.2 Beoordeling huidige berekeningswijze

- De methodologie ter berekening van de reductie in energieconsumptie is correct
- Het energieverbruik in geval van frequentiesturing moet aangepast worden, op basis van de reductiepercentages gegeven in de code van goed praktijk¹⁹.

Anderzijds blijkt dat mechanische ventilatie een zeer groot aandeel van de elektrische energie consumptie voorstelt op pluimveebedrijven (25%) en varkensbedrijven (50-75%)¹⁹. Deze investering wordt vaak toegepast, en is dan ook het derde grootste investeringstype in termen van steun binnen VLIF. Een meer uitgebreide methodologie is dus zeker relevant.

¹⁸ Bron: Energie besparen voor frequentieregeling op de vacuümpomp, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2014. De gemiddelde van de energiebesparingen voor de 14 bedrijfssituaties (verbruik zonder frequentieregeling - verbruik met frequentieregeling) geeft een totaal van 4,49 kWh/1000 kg melk, of 4,36 kWh/1000 L melk.

¹⁹ Code van goede praktijk voor het energie-efficiënt gebruik van mechanische ventilatie in de intensieve veehouderij, ILVO, 2011 (https://ilvo.vlaanderen.be/uploads/migration/public/Mediatheek/Boeken/Code_van_goede_praktijk.pdf)

2.6.3 Voorstel nieuwe methodologie

Ventilatie in de veehouderij is een complex gegeven, waarbij het specifiek vermogen van de ventilator (in W/(1000 m³/h)) afhangt van verschillende factoren zoals de ventilatiebehoefte voor de specifieke diercategorie, de opbouw van de stal, het al dan niet aanwezig zijn van een luchtwasser...

Een mogelijke alternatieve aanpak ter berekening van de energiereductie door het installeren van een frequentiegestuurde ventilator of gelijkstroomventilator in plaats van een triacgestuurde ventilator, is rekening houden met de ventilatorefficiëntie van de nieuwe en de te vervangen ventilator. Maar aangezien deze waarde afhankelijk is van allerlei andere factoren in de stal, kan dit mogelijk een verkeerd beeld geven van de impact van deze investering. Als bv. een investering in een meer energiezuinige ventilator gewenst is, maar op hetzelfde moment een luchtwasser wordt gebouwd die de ventilatiebehoefte doet toenemen in de stal, kan de nieuwe ventilator uiteindelijk zelfs een hoger energieverbruik hebben dan de oude ventilator waardoor de berekende duurzaamheidsaspecten negatief uitvallen. Deze toename in energieverbruik moet gezien worden in combinatie met de positieve impact van de luchtwasser (ammoniakreductie). Aangezien de huidige methodologie de impact van de verschillende investeringstypen apart bekijkt, lijkt het hanteren van zo'n nieuwe methode op basis van ventilatorefficiëntie niet relevant.

Als gevolg wordt de huidige methodologie met de reductiepercentages behouden, om een inschatting te kunnen maken van de energiebesparing die optreedt bij de vervanging van de triacgestuurde ventilator. Deze reductiepercentages zijn afkomstig uit de code van goede praktijk, sindsdien werden geen gelijkaardige studies meer uitgevoerd dus deze waarden zijn momenteel het meest up-to-date²⁰.

Onderstaande Tabel 5 geeft de waarden weer van de jaarlijkse energieverbruiken (kWh/dier/jaar), voor verschillende diercategorieën en per type ventilator.

Tabel 5: Energieverbruik ventilatie per diercategorie en type ventilatie

Diercategorie	Triacgestuurde ventilator	Gelijkstroom-ventilator	Frequentiegestuurde ventilator
Vleesvarkens	24	7.9	10.6
Kraamzeugen	100	33.0	44.0
Biggen	24	7.9	10.6
Legkippen	3.17	1.0	1.4

2.7 Zonneboiler

2.7.1 Huidige berekeningswijze

De collectoroppervlakte (m²) wordt opgevraagd bij de begunstigde. Er wordt van uit gegaan dat een zonneboiler per m² in België ongeveer 400 kWh bruikbare warmte per jaar kan produceren. Op basis daarvan wordt de productie hernieuwbare energie berekend, en de reductie in broeikasgasemissies.

²⁰ Bevestigd door expert van ILVO

2.7.2 Beoordeling huidige berekeningswijze

De berekeningswijze om de jaarlijkse hoeveelheid bruikbare warmte te berekenen is juist, er wordt wel slechts één waarde voor de jaarlijkse productie per oppervlakte-eenheid gehanteerd (400 kWh/m²).

2.7.3 Voorstel nieuwe methodologie

Er wordt voorgesteld de standaard waarde, die de bruikbare warmte per oppervlakte-eenheid (kWh/m²) geeft, te linken aan de score die de zonneboiler krijgt volgens het *collectorlabel* (gelijkaardig aan de EU energy efficiency label). Deze score wordt berekend op basis van de energie-efficiëntie en kan volgende waarden aannemen:

B / A / A+ / A++ / A+++ / AA / AAA

Informatie over het collectorlabel²¹:

“Het collectorlabel is een vrijwillig productlabel dat door verscheidene marktdeelnemers van de markt voor zonne-energie. Het verstrekt informatie over de prestaties en de energieopbrengst van verschillende thermische zonnecollectoren op een transparante manier en stelt de consument in staat een met kennis van zaken beslissen welk product het best aan hun behoeften voldoet.”

Op basis van een marktonderzoek²¹ voor 60 producten worden volgende resultaten gevonden:

Tabel 6: productie bruikbare warmte per score collectorlabel

Score	Aantal producten (#)	Productie bruikbare warmte (kWh/m ²)
AAA	2	641
AA	4	554
A+++	33	455
A++	7	417
A+	7	392
A	4	367
B	2	218

Er wordt voorgesteld, afhankelijk van de informatie die door de landbouwer geleverd wordt:

- Score (volgens collectorlabel) is niet gekend : hanteer standaardwaarde van 455 kWh/m² (meest voorkomende score met > 50% van de onderzochte producten)
- Score (volgens collectorlabel) is gekend : hanteer de waarde (kWh/m²) die bij de score hoort

²¹ <http://solar-heating-initiative.com/wp-content/uploads/faq-collector-label.pdf>

2.8 Pocketvergisting

2.8.1 Huidige berekeningswijze

De opbrengst van een pocketvergister op Vlaamse melkveebedrijven, is afhankelijk van het aantal melkkoeien. Dat is meteen ook de besparing in het energieverbruik. Zowel door de opwekking van hernieuwbare energie als door mestopslag en mestaanwending, wordt CO₂-uitstoot vermeden. De totale vermeden CO₂-emissie bedraagt 1,6 ton CO₂-eq per melkkoe.

2.8.2 Beoordeling huidige berekeningswijze

De huidige methodologie is relatief beperkt:

- De huidige berekening houdt geen rekening met de bestaande verschillen tussen vergistingsinstallaties (bv. wat gebeurt er met het opgewekte biogas : verbranding in WKK, upgrading tot biomethaan ?) of nabehandeling van het digestaat.
- De twee berekeningswijzen zijn niet op elkaar afgestemd : voor boerderij A met 60 koeien en boerderij B met 70 koeien wordt dezelfde elektrische opbrengst gevonden, maar wel een verschillende impact op reductie van broeikasgasemissies.
- Er is enkel een berekening voor melkkoeien, niet voor andere diertypen.

2.8.3 Voorstel nieuwe berekeningswijze

2.8.3.1 Scope methodologie

De pocketvergister maakt deel uit van een complexe effectenketen die begint bij de mestproductie, en eindigt bij de finale producten uit de mestverwerking/-bewerking en het gebruik ervan als meststof. Tijdens de verschillende etappes (opslag, verwerking/bewerking, gebruik producten) kunnen significante emissies optreden van voornamelijk methaan, lachgas en ammoniak.

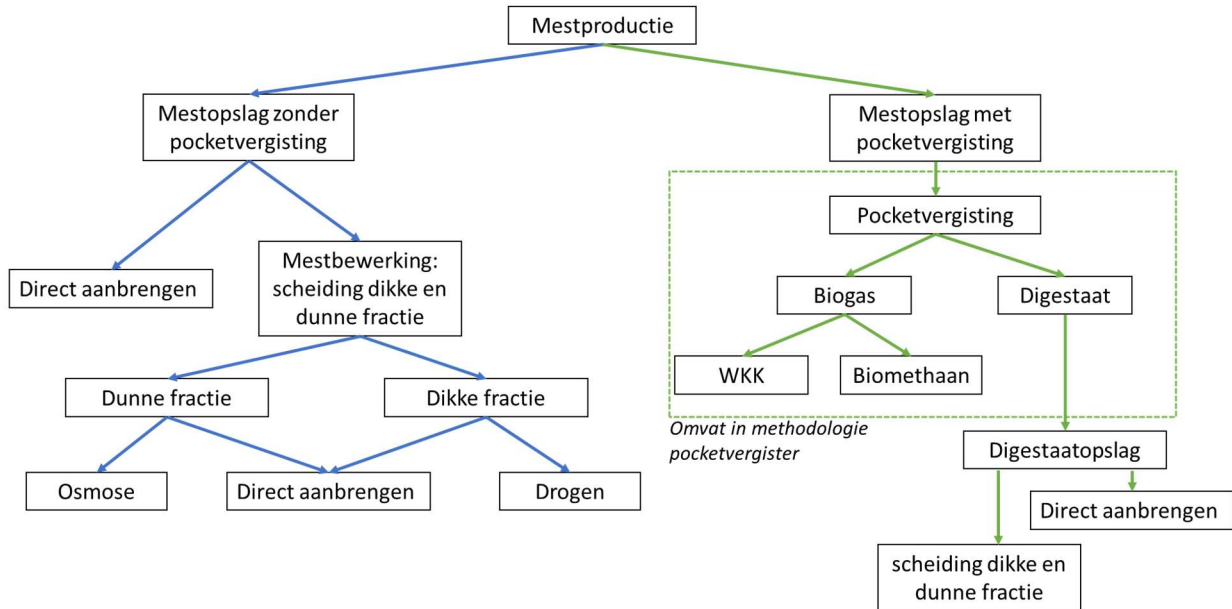
De scope van de investeringstype pocketvergister wordt op Figuur 1 voorgesteld, deze omvat volgende etappes:

- Vergistingsproces
- Gebruik van biogas
 - WKK : geproduceerde elektriciteit en warmte, en daarmee gepaarde vermeden productie van fossiele brandstoffen
 - Biomethaan : vermeden emissies gelinkt aan aardgas

De mestopslag voor de pocketvergisting, en het aanbrengen van het (gescheiden) digestaat als meststof wordt niet mee opgenomen in de methodologie aangezien deze vergeleken moeten worden met de gelijkaardige etappe in de referentiesituatie (zonder pocketvergisting). Deze etappes zijn gelinkt aan andere investeringstypen dus de impact hiervan kan hier niet opgenomen worden om dubbel telling te voorkomen.

Typisch zal het installeren van een pocketvergister leiden tot een kortere opslagduur van de mest, zeker bij het onafgedekt bewaren van mest kan een kortere opslagduur een belangrijke impact hebben op een reductie van de methaanemissies (niet opgenomen in methodologie, maar wordt wel nog besproken en gekwantificeerd voor dit specifiek geval in 2.8.3.7). Als de pocketvergisting wordt geïnstalleerd samen met een externe mestopslag, moet de emissie van broeikasgassen aan de externe mestopslag gealloceerd worden (zie 0) en niet aan de pocketvergister.

Ook tijdens de toepassing van het digestaat of mest (in het referentiescenario) op het veld als meststof treden emissies op van broeikasgassen, ammoniak en is er een bepaalde uitspoeling van de nutriënten (N, P) naar het grondwater. De grootte van deze emissies is sterk afhankelijk van de manier waarop de mest/digestaat wordt aangewend op het veld; de emissies kunnen sterk gereduceerd worden door het gebruik van emissiearme technieken zoals mestinjectie. Deze praktijken zijn gelinkt aan andere investeringscodes, dus worden ook niet opgenomen in de methodologie voor de pocketvergister.



Figuur 1: Scope van de methodologie voor pocketvergister

2.8.3.2 Gegevens die worden opgevraagd bij landbouwer

1. Totale jaarlijkse mestproductie op het landbouwbedrijf:
 - Niveau 1 : het aantal dieren en type mest (vaste mest of drijfmest) wordt opgevraagd bij de landbouwer, dit aantal wordt vermenigvuldigd met de gemiddelde mestproductie per dier
 - Aantal dieren waarvan de mest wordt vergist (#) x gemiddelde jaarlijkse mestproductie per dier²² (t/jaar*dier)
 - Niveau 2 : de landbouwer kan de totale jaarlijkse mestproductie (t/jaar) ingeven indien deze waarde gekend is
2. In geval van co-vergisting, de jaarlijkse hoeveelheid (t/jaar) van het materiaal dat samen met de mest wordt vergist (bv. energiemaïs)
3. Gebruikstype biogas
 - Verbranding in WKK ter opwekking van elektriciteit en warmte
 - Indien ja : wat is het vermogen van de WKK-unit (kW)?
 - Upgraden tot biomethaan
 - Technologie upgrading²³ : HPWS of membraantechnologie

²² Jaarlijkse mestproductie per diercategorie en stalsysteem wordt aangeleverd als bijlage in Excel formaat

²³ Dit zijn de twee meest voorkomende technologieën. Indien gebruik van andere technologie of technologie ongekend, hanteer HPWS als proxy (conservatieve aanname)

2.8.3.3 Berekening hoeveelheid biogas

De berekeningswijze is gebaseerd op de rekentool van Biogas-E (<https://www.biogas-e.be/node/469>), met toevoeging van een lekkage percentage.

Met de jaarlijkse mestproductie wordt de jaarlijkse hoeveelheid geproduceerd biogas berekend :

$$\text{Mest (ton/jaar)} \times \text{ODS (\%)} \times \text{biogas ODS (Nm}^3\text{/t ODS)} \times (1 - \text{lekkage (\%)}) = \text{biogas (Nm}^3\text{/jaar)}$$

Met :

- ODS : Organisch droge stofgehalte
- Biogas ODS : biogasproductie per organisch droge stofgehalte
- Lekkage: percentage biogas dat tijdens de vergisting in de atmosfeer terechtkomt door lekken, of via de klep bij overdruk

Zie Tabel 29 voor de default waarden voor (biogas) ODS per mesttype die gehanteerd worden bij deze berekening. Voor de lekkage wordt een default waarde van 5%²⁴ gehanteerd.

De biogasproductie wordt omgevormd in methaanproductie met het methaangehalte in het biogas, afhankelijk van het substraat:

$$\text{Biogas (Nm}^3\text{/jaar)} \times \text{CH}_4\text{-gehalte (\%)} = \text{CH}_4 \text{ (Nm}^3\text{/jaar)}$$

Zie Tabel 30 voor de default waarden van het methaangehalte per mesttype die gehanteerd worden bij deze berekening.

2.8.3.4 Berekening hoeveelheid digestaat

De hoeveelheid ruw digestaat wordt berekend op volgende manier:

$$[(1 - \text{DS (\%)}) + (\text{DS (\%)} - \text{ODS (\%)}) + (1 - \text{CH}_4\text{-gehalte (\%)}) \times \text{ODS (\%)}] \times \text{mest (ton/jaar)} = \text{digestaat (ton/jaar)}$$

De hoeveelheid droge stof in dit digestaat wordt berekend op volgende manier:

$$\text{Mest (ton/jaar)} \times \text{DS (\%)} - (\text{mest (ton/jaar)} - \text{digestaat (ton/jaar)}) = \text{DS digestaat (ton/jaar)}$$

Zie Tabel 32 voor de default waarden van DS (%) per mesttype.

2.8.3.5 Duurzaamheidsaspect: energiebesparing

Indien het biogas wordt verbrand in een WKK:

De hoeveelheid geproduceerde energie is afhankelijk van het elektrische en thermische rendement van de WKK-unit:

- Elektrische energie : $\text{CH}_4 \text{ (Nm}^3\text{/jaar)} \times 36 \text{ MJ/Nm}^3 \text{ CH}_4 \times (1 \text{ MJ} / 3.6 \text{ kWh}) \times \eta_e \text{ (\%)} = \text{kWhe/jaar}$
- Thermische energie : $\text{CH}_4 \text{ (Nm}^3\text{/jaar)} \times 36 \text{ MJ/Nm}^3 \text{ CH}_4 \times \eta_{th} \text{ (\%)} = \text{MJ/jaar}$

Met:

- η_e : elektrisch rendement

²⁴ TRACKYLEAKS – Développement d'une méthode d'identification et de quantification des émissions fugitives de biogaz – Application aux installations de méthanisation, ADEME, 2018

- η_{th} : thermisch rendement

Zie Tabel 31 voor de default waarden voor η_e en η_{th} die gehanteerd worden bij deze berekening.

Indien geen type WKK-unit wordt aangeduid door de landbouwer, worden de waarden van de gasmotor 10 kW gehanteerd (minimaal rendement, conservatieve aanpak).

Om tot de uiteindelijke netto energiebesparing te komen, wordt de autoconsumptie, om de vergister draaiende te houden, afgetrokken van de bekomen geproduceerde energie:

- Elektrische energie : kWh_e x (1- elec. autoconsumptie (%)) = kWh_e netto
- Thermische energie : MJ x (1- therm. autoconsumptie (%)) = MJ netto

Voor de elektrische en thermische autoconsumptie hanteren we respectievelijk 15% en 40% respectievelijk (bron: pocket-rekentool Biogas-E, type bioelectric vergister).

Er kan aangenomen worden dat de netto elektriciteitsproductie 100% nuttig wordt gebruikt (ofwel door de landbouwer, ofwel op het net gestuurd), de bekomen netto elektriciteitsproductie is dus de uiteindelijke energiebesparing die gerapporteerd kan worden.

Deze aanname kan niet zomaar gemaakt worden voor de geproduceerde warmte, hier is niet altijd zomaar een afzet voor te vinden. De warmtevraag en als gevolg het nuttig gebruik van warmte op een veebedrijf is afhankelijk van de diercategorie, de volgende aannames worden gebruikt:

- Runderen : enkel gebruik warmte voor autoconsumptie vergister
- Varkens/pluimvee : nuttig gebruik van alle geproduceerde warmte

Indien het biogas wordt geüpgraded tot biomethaan:

Twee veelvoorkomende en voldoende ontwikkelde technologieën om biogas te upgraden tot biomethaan, zijn de High Pressure Water Scrubber (HPWS) & membraantechnologie.

De energieconsumptie voor biogas upgradering met HPWS & membraantechnologie bedragen:

- HPWS²⁵ : 0.18 - 0.21 kWh/Nm³ biogas
- Membraantechnologie²⁶: 0.18 – 0.20 kWh/Nm³

Bijkomend wordt een energieverbruik van 0.11 kWh/Nm³ biogas voor de compressiestap erbij opgeteld. Zo wordt een totaal energieverbruik bekomen van 0.305 of 0.30 kWh/Nm³ biogas voor de upgradering tot biomethaan, bij gebruik van HPWS of membraantechnologie respectievelijk .

Afhankelijk van de gebruikte upgradering technologie wordt een verlies van 2%²⁷ of 0.7%²⁸ biomethaan in rekening gebracht tijdens de upgradering stap, dan bekomen we een totale jaarlijkse hoeveelheid energie van:

$$\text{HPWS: CH}_4\text{-biogas (Nm}^3\text{/jaar) x 0.98 x 36 MJ/Nm}^3 = \text{MJ/jaar}$$

$$\text{Membraantechnologie: CH}_4\text{-biogas (Nm}^3\text{/jaar) x 0.993 x 36 MJ/Nm}^3 = \text{MJ/jaar}$$

²⁵ Power requirements of biogas upgrading by water scrubbing and biomethane compression: comparative analysis of various plant configurations, Budzianowski W. et al .

²⁶ Recent Advances in Membrane-Based Biogas and Biohydrogen Upgrading, Soto C. et al, *Processes* 2022

²⁷ https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2009/10/upgrading_rz_low_final.pdf

²⁸ Outil de calcul des émissions de GES de la production d'énergie par méthanisation suivant les règles de calcul prévues par la directive RED II – rapport méthodologique Version 2, Solagro, 2022

Aangezien het geproduceerd biomethaan geïnjecteerd kan worden in het bestaand gasnetwerk, nemen we aan dat 100% van de bovenstaande energie nuttig wordt gebruikt.

Van deze jaarlijkse energieproductie wordt de energieconsumptie van de pocketvergister en upgrading-unit afgetrokken, om een netto energieproductie te bekomen.

Voor het type bioelectric vergister worden een elektrische en thermisch rendement van 30 en 45% gehanteerd, en een elektrische en thermische autoconsumptie van 15% en 40% respectievelijk. Met deze waarden wordt de energieconsumptie van de vergister berekend:

- Elektrische energieconsumptie : biogas (Nm³/jaar) x 0.3 x 0.15 x 10 kWh/Nm³ = kWhe/jaar
- Thermische energieconsumptie : biogas (Nm³/jaar) x 0.45 x 0.4 x 36 MJ/Nm³ = MJ/jaar

Bovenop de elektrische energie voor de vergister wordt de elektriciteitsconsumptie voor de upgrading-unit opgeteld: biogas (Nm³/jaar) x 0.305 kWh/Nm³ biogas = kWhe/jaar

De thermische energie ter operatie van de vergister wordt afgetrokken van de energieproductie van het biomethaan om tot ene netto energiebesparing op thermisch vlak te komen. Op vlak van elektriciteit is er geen netto energiebesparing, maar een toename.

2.8.3.6 Duurzaamheidsaspect: broeikasgasemissie

De verschillende relevante levenscyclusfases die worden geanalyseerd voor de impact op broeikasgasemissies:

- Emissies tijdens het vergistingsproces
- Emissies gebruik biogas en vermeden emissies fossiele brandstoffen

Emissies tijdens het vergistingsproces

Tijdens het vergistingsproces zal een deel van het biogas verloren gaan en in de atmosfeer terecht komen door lekken, of bij een overdruk in de vergister via de veiligheidsklep die voorkomt dat de vergister openscheurt. Deze emissie van methaan wordt berekend:

$$\text{Mest (ton/jaar)} \times \text{ODS (\%)} \times \text{biogas ODS (Nm}^3\text{/t ODS)} / 100 \times \text{lekkage (\%)} \times \text{CH}_4\text{-gehalte (\%)} = \text{CH}_4\text{-emissie (Nm}^3\text{/jaar)}$$

Deze methaanemissie wordt vervolgens omgevormd naar de eenheid kg CO₂-eq.:

$$\text{CH}_4\text{-emissie (Nm}^3\text{/jaar)} \times 0.622 \text{ kg CH}_4\text{/Nm}^3 \times 27^{29} \text{ kg CO}_2\text{-eq./kg CH}_4$$

Emissies gebruik biogas en vermeden emissies fossiele brandstoffen

Indien het biogas wordt verbrand in een WKK:

Er wordt aangenomen dat al het methaan in het biogas volledig wordt geoxideerd in de WKK-unit tot CO₂ en er dus geen broeikasgasemissies plaats vinden tijdens deze stap.

De energie die wordt geproduceerd in de WKK-unit bij verbranding van het biogas vervangt het gebruik van fossiele brandstoffen en de daarmee gepaarde broeikasgasemissies. De totale netto elektrische

²⁹ Omvormingsfactor afkomstig van EF 3.1

(kWhe) en thermische (MJ) energieproductie wordt in 2.8.3.5 berekend. Met deze waarden wordt de vermeden broeikasgasemissie berekend als:

- Elektrische energie : kWhe x koolstofintensiteit gem. elektriciteitsmix (kg CO₂/kWh)
- Thermische energie :
 - Runderen, de warmte wordt niet gebruikt (buiten de autoconsumptie) : /
 - Varkens/pluimvee, de warmte wordt volledig nuttig gebruikt : MJ x koolstofintensiteit vervangen brandstof (kg CO₂/MJ)

Wanneer de warmte nuttig wordt gebruikt on-site, vervangt het een fossiele brandstof die wordt opgevraagd bij de landbouwer (aardgas, stookolie,...).

Indien het biogas wordt geüpgraded tot biomethaan:

Bij het upgraden van biogas gaat 2% of 0.7% van het methaan verloren (afhankelijk van upgrading technologie), er wordt aangenomen dat dit een bijkomende emissie richting de atmosfeer is:

$$\text{CH}_4\text{-biogas (Nm}^3\text{ CH}_4\text{/jaar)} \times 0.02 = \text{CH}_4\text{-emissie (Nm}^3\text{ CH}_4\text{/jaar)}$$

Deze methaanemissie wordt vervolgens omgevoerd naar de eenheid kg CO₂-eq.:

$$\text{CH}_4\text{-emissie (Nm}^3\text{/jaar)} \times 0.622 \text{ kg CH}_4\text{/Nm}^3 \times 27 \text{ kg CO}_2\text{-eq./kg CH}_4$$

De werking van de vergister en upgrading-unit vereisen ene energieconsumptie met bijhorende broeikasgasemissie, de totale energieconsumptie werd berekend in 2.8.3.5. De bijhorende broeikasgasemissie is:

- Elektrische energie : kWhe x koolstofintensiteit gem. elektriciteitsmix (kg CO₂/kWh)
- Thermische energie : MJ x koolstofintensiteit aardgas (kg CO₂/MJ)

We hanteren de aanname van een gemiddelde Belgische elektriciteitsmix en aardgas als fossiele brandstof ter opwekking van de thermische energie.

Het geproduceerd biomethaan voorkomt het gebruik van fossiele brandstof, en bijhorende broeikasgasemissie. Er wordt aangenomen dat het biomethaan 100% aardgas voorkomt, de vermeden broeikasgasemissie is dan:

$$\text{Biomethaan (MJ/jaar)} \times \text{koolstofintensiteit aardgas (kg CO}_2\text{/MJ)} = \text{kg CO}_2\text{/jaar}$$

We gaan ervan uit dat het geproduceerde biomethaan bij verbranding volledig opbrandt, en al het CH₄ oxideert tot CO₂.

2.8.3.7 Bespreking mestopslag

Indien het installeren van de pocketvergister leidt tot een mestopslag van kortere duur, wordt een significante emissie van methaan tijdens de mestopslag vermeden worden. Er wordt aangenomen dat de standaardduur van mestopslag 6 maanden bedraagt, en deze wordt verkort tot 1 maand dankzij de pocketvergister³⁰. Let op: dit is enkel relevant voor een onbedekte mestopslag, voor en na de situatie met pocketvergister.

Tijdens mestopslag kan het vergistingsproces al spontaan opstarten, waarbij het geproduceerde methaan naar de atmosfeer kan ontsnappen (afhankelijk van het type mestopslag). De methaanconversiefactor (MCF) geeft aan in welke mate de potentiële methaanproductie uit mest zal

³⁰ ILVO

optreden, afhankelijk van het mestopslagsysteem. Wanneer er een pocketvergister wordt geplaatst, wordt mest slechts één maand opgeslagen in plaats van de standaard duur van 6 maanden. Aangezien de tijd van opslag veel korter is bij het gebruik van een pocketvergister, zal de methaanemissie lager liggen. De vermeden emissie van methaan ($m^3 CH_4$) tijdens de mestopslag wordt berekend als volgt:

$$\text{Hoeveelheid mest (t)} \times \text{methaanpotentieel (m}^3 \text{ CH}_4\text{/t mest)} \times (0.37 - 0.13)$$

0.37 en 0.13 zijn de methaanconversiefactoren³¹ voor mestopslag gedurende 6 maand en 1 maand respectievelijk, geldig voor beide opslagsystemen 'liquid/slurry' en 'pit storage'. Het methaanpotentieel per mesttype wordt berekend als het product van ODS (t ODS/t mest) x biogasproductie per ODS (Nm^3/t ODS) x methaangehalte in het biogas (% CH_4), deze waarden zijn terug te vinden in Tabel 29 & Tabel 30.

De methaanemissie ($m^3 CH_4$) wordt vervolgens omgevormd tot een emissie in kg CO_2 -eq. als volgt:

$$\text{Emissie methaan (m}^3 \text{ CH}_4) \times 0.622 \text{ kg CH}_4 / m^3 \text{ CH}_4 \times 27 \text{ kg CO}_2\text{-eq./kg CH}_4$$

Ook ammoniakemissies kunnen reeds optreden tijdens de mestopslag, met grote invloed van of deze al dan niet bedekt gebeurt of niet (zie verder in deel rond externe mestopslag). Met opnieuw dezelfde aanname van een verkorte opslagduur van 6 naar 1 maand (Δ 150 dagen), en in beide gevallen een onbedekte opslag kan de reductie van ammoniak in geval van rundermest (geen waarden voor andere diercategorieën beschikbaar) berekend worden als:

$$\text{Hoeveelheid mest (m}^3) \times 0.915 \text{ g NH}_3\text{/m}^3 \text{ mest/dag} \times 150 \text{ dagen}$$

Indien het rundermest na vergisting (dus als digestaat) eerst nog een tijdlang wordt opgeslagen vooraleer het wordt toegepast of verder bewerkt, kan er ook tijdens deze opslag een ammoniakemissie optreden. Deze bedraagt dan:

$$\text{Hoeveelheid mest (m}^3) \times 1.016 \text{ g NH}_3\text{/m}^3 \text{ mest/dag} \times \text{opslagduur (dag)}$$

Beide emissiefactoren³² van ammoniak stellen de gemiddelde emissie voor van opslag tijdens zomer en winter, en geldig voor een mestopslag waarbij een natuurlijke korst wordt gevormd op de mest (dus geen verstoring tijdens opslag).

Per m^3 rundermest wordt een emissie van 137.25g NH_3 vermeden door de kortere opslagduur (van 6 naar 1 maand). Aangezien er tijdens de opslag van het digestaat ook ammoniakemissies optreden, kan deze vermeden emissie wel terug teniet gedaan worden afhankelijk van de opslagduur van het digestaat.

2.9 Klimaatcomputer in serres

2.9.1 Huidige berekeningswijze

Door de teeltomstandigheden te optimaliseren wordt het energieverbruik in de serre beperkt. De grootte van de beperking hangt uiteraard af van de lokale omstandigheden.

2.9.2 Beoordeling huidige berekeningswijze

- De methodologie ter berekening van de reductie in energieconsumptie is correct

³¹ Zie investeringstype 'gesloten externe mestopslag' voor meer uitleg hierrond

³² Externe mestopslag: inventarisatie van opslagsystemen en bepaling van ammoniak-, lachgas- en methaanemissies uit deze systemen, LNE Afdeling lucht, hinder, risicobeheer, milieu en gezondheid, 2006

- De reductiefactor van 10% werd besproken met experts van Thomas More team glastuinbouw tijdens een overleg op 08/03/2023

De uiteindelijke reductie in energieverbruik is sterk afhankelijk van het optimaal gebruik ervan, een reële energiereductie op bedrijfsniveau kan dus niet berekend worden. Er kan enkel een potentiële reductie berekend worden, de huidige waarde van 10% wordt gevalideerd door de experts van Thomas More.

2.9.3 Voorstel nieuwe methodologie

Geen aanpassing vereist.

2.10 Biggenest met geïntegreerde overkapping en/of- regel of sturingssysteem biggenlampen

2.10.1 Huidige berekeningswijze

We gaan ervan uit dat bij het gebruik van een halveringsschakelaar of dimmer op biggenlampen de besparing op de biggenestverwarming zo'n 10 kWh per kraamhok per ronde bedraagt. In Vlaanderen bedraagt het aantal rondes per kraamhok ongeveer 2,3 per jaar. Het aantal kraamhokken wordt voor elk dossier opgevraagd.

2.10.2 Beoordeling huidige berekeningswijze

- De methodologie ter berekening van de reductie in energieconsumptie is correct
- De gehanteerde reductie van 10 kWh per kraamhok per ronde is correct

2.10.3 Voorstel nieuwe methodologie

Geen aanpassing vereist.

2.11 Gasverwarmingsinstallatie

2.11.1 Huidige berekeningswijze

De oude verwarmingsbron wordt opgevraagd. Op basis daarvan kan het verschil in broeikasgasuitstoot van de gehele serre berekend worden tussen de oude en de nieuwe verwarmingsbron (aardgas).

Bij vervanging van een oude serre door een nieuwe serre, wordt enkel met het areaal van de oude serre rekening gehouden (dus niet met een eventuele uitbreiding).

2.11.2 Beoordeling huidige berekeningswijze

Er wordt momenteel geen rekening gehouden met het mogelijks verschil in rendement tussen de oude verwarmingsbron en de nieuwe gasverwarmingsinstallatie.

2.11.3 Voorstel nieuwe methodologie

Het rendement wordt toegevoegd aan de berekening, de verschillende duurzaamheidsaspecten worden dan als volgt berekend:

2.11.3.1 Energiebesparing

De jaarlijkse energiebesparing door overschakelen naar een gasverwarmingsinstallatie:

$$\text{Jaarlijkse energievraag (MJ)} \times (1/\eta_0 - 1/\eta_1)$$

Met:

- η_1 : rendement nieuwe gasverwarmingsinstallatie (%)
- η_0 : rendement oude verwarmingsinstallatie (%)

De rendementen per type verwarmingsinstallatie zijn terug te vinden in Bijlage 2, hier wordt telkens een onderscheid gemaakt tussen een installatie geïnstalleerd voor 2005 of na 2005. Het jaartal van de oude installatie moet dus opgevraagd worden om te weten met welk rendement te berekening uit te voeren.

2.11.3.2 Emissiereductie

De jaarlijkse reductie in emissies (broeikasgassen, NOx en fijn stof) worden berekend via:

$$\text{Jaarlijkse energievraag (MJ)} \times (EF_0 / \eta_0 - EF_1 / \eta_1)$$

Met:

- EF_0 = emissiefactor van de oude verwarmingsinstallatie (afhankelijk van type brandstof)
- EF_1 = emissiefactor van de nieuwe gasverwarmingsinstallatie

De eenheid van de emissiefactor EF (Bijlage 1, Tabel 25) is afhankelijk van het type emissie waarvan de reductie wordt berekend. Deze emissiefactor stelt telkens de emissie voor bij een rendement van 100%, door deze waarde te delen door het reële rendement van de oude/nieuwe verwarmingsinstallatie wordt de specifieke emissiefactor bij dat rendement bekomen.

2.12 Biobrandstoffen

Zie methodologie voor gasverwarmingsinstallatie.

2.13 Isolatie

2.13.1 Huidige berekeningswijze

De lambda-waarde van het isolatiemateriaal wordt opgevraagd ter berekening van de energiebesparing, rekening houdend met het aantal graaddagen (per diercategorie) en rendement van de verwarmingsinstallatie.

2.13.2 Beoordeling huidige berekeningswijze

- De methodologie ter berekening van de reductie in energieconsumptie is correct
- De gehanteerde lambda-waarden per isolatiemateriaal zijn correct

Er zijn 4 typen isolatiemateriaal gedefinieerd, alle anderen vallen onder 'andere'. In de periode 2017 – 2022 werden 61 investeringen aangevraagd voor 'andere', op een totaal van 756 investeringen in isolatie. Vanwege het belang van dit investeringstype (grootste totale investeringssteun in de periode 2017 – 2022) wordt toch voorgesteld meer opties van isolatiematerialen te voorzien.

2.13.3 Voorstel nieuwe methodologie

Er wordt bijkomend een lambda-waarde voorzien voor drie nieuwe isolatiematerialen:

- Glaswol³³: 0.0371 W/m*K
- Steenwol³³: 0.0372 W/m*K
- Cellulose: 0.0378 W/m*K

In de formule ter berekening van de energiereductie wordt een standaardwaarde gehanteerd voor het rendement van de warmte-opwekker, deze kan vervangen worden met een specifiek rendement per type verwarmingsinstallatie zoals aangegeven in Bijlage 2.

2.14 Biomethaan als brandstof tractor

2.14.1 Huidige berekeningswijze

Er is nog geen berekening voor deze investeringscode.

2.14.2 Voorstel methodologie

De jaarlijkse brandstofconsumptie van een tractor is afhankelijk van verschillende factoren; grootte tractor, type gebruik, aantal uren in gebruik... Ter inschatting van de jaarlijkse brandstofconsumptie worden volgende aannames gehanteerd:

- Brandstofconsumptie : 0.22³⁴ l/horsepower*h
- Aantal uren in gebruik per jaar : 150³⁵ h

De brandstofconsumptie wordt per eenheid horsepower gegeven, deze wordt vermenigvuldigd met de tractor-specifieke horsepower om een brandstofconsumptie in l/h te verkrijgen. Op deze manier kan onderscheid gemaakt worden in de berekening tussen tractoren met verschillende groottes.

De horsepower van de tractor wordt opgevraagd bij de landbouwer, of er kan gewerkt worden met een standaardwaarde van 150 hp (gebaseerd op de tractor T6 van New Holland³⁶ die op biomethaan rijdt).

De jaarlijkse brandstofconsumptie (l) wordt dan berekend als volgt:

$$0.22 \text{ l/hp}^*h \times hp \times 150 \text{ h} = hp \times 33 \text{ l/hp}$$

Deze waarde stelt een consumptie van diesel voor, bij de vervanging van diesel door biomethaan wordt rekening gehouden met de energie-inhoud van beide brandstoftypes:

- Diesel³⁷ : 44 MJ/kg (en een dichtheid van 850 kg/m³)
- Biomethaan³⁷ : 46.5 MJ/kg

De jaarlijkse consumptie diesel en biomethaan worden dan berekend als volgt:

³³ Wordt vermeld in 'Energieke landbouw, watt brengt het op?'

³⁴ <https://www.cropsreview.com/tractor-fuel-usage/> (er wordt aangenomen dat deze waarde geldig is voor diesel als brandstof)

³⁵ <https://www.mynewtractor.com/blog/understanding-used-tractors-life-expectancy--24241>

³⁶ <https://assets.cnhindustrial.com/nhag/eu/en-uk/assets/pdf/agricultural-tractors/t6-methane-power-brochure-2023-en-uk.pdf>

³⁷ Ecoinvent

- Diesel (kg) : $hp \times 33 \text{ l/hp} \times 0.85 \text{ l/kg}$
- Biomethaan (kg) : $hp \times 33 \text{ l/hp} \times 0.85 \text{ l/kg} \times (44/46.5)$

2.14.2.1 Broeikasgasemissiereductie

De vermeden broeikasgasemissie door omschakelen van diesel naar biomethaan wordt berekend met volgende emissies per kg brandstof:

- Diesel :
 - Productie brandstof³⁸ : $0.856 \text{ kg CO}_2\text{-eq./kg}$
 - Verbranding brandstof : $3.15^{39} \text{ kg CO}_2\text{-eq./kg}$
 - Totaal : $4 \text{ kg CO}_2\text{-eq./kg}$
- Biomethaan :
 - Productie brandstof⁴⁰ : $0.393 \text{ kg CO}_2\text{-eq./kg}$
 - Verbranding brandstof : $0 \text{ kg CO}_2\text{-eq./kg}$
 - Totaal : $0.393 \text{ kg CO}_2\text{-eq./kg}$

De emissiefactor bij verbranding van biomethaan wordt gelijk gesteld aan nul, omdat dit een emissie van biogeen koolstof voorstelt. De jaarlijkse vermeden emissie van broeikasgassen wordt dan berekend als volgt:

$$hp \times 33 \text{ l/hp} \times 0.85 \text{ l/kg} \times [((44/46.5) \times 0.393) - 4]$$

Voor de standaardwaarde van 150 hp wordt dit:

$$4208 \text{ kg} \times (0.372 - 4) = - 15\,265 \text{ kg CO}_2\text{-eq. (dus een vermeden emissie van 15.3 t CO}_2\text{-eq.)}$$

³⁸ Ecoinvent LCI “diesel - market for diesel - Europe without Switzerland (kg)”

³⁹

https://people.exeter.ac.uk/TWDavies/energy_conversion/Calculation%20of%20CO2%20emissions%20from%20fuels.htm

⁴⁰ Ecoinvent LCI “market for biomethane, medium pressure, vehicle grade, CH (kg)”

3 Validatie bestaande methodologie: CH₄, N₂O, ammoniak, geur en fijn stof

3.1 AEA-stallen

3.1.1 Huidige berekeningswijze

De emissiereducties per type AEA-stal en type emissie (CH₄, N₂O, ammoniak, geur, PM₁₀ en PM_{2.5}) zijn afkomstig van:

- Emissies lachgas en methaan: Emissiefactoren methaan, lachgas en PM_{2,5} voor stalsystemen, inclusief toelichting, Wageningen UR Livestock Research, 2011
- Lijst met geactualiseerde emissiefactoren voor ammoniak, geur en fijn stof. Bijlage Richtlijnenboek Landbouwdieren (versie 01/06/2022).

3.1.2 Beoordeling huidige berekeningswijze:

- De methodologie ter berekening van de emissiereductie per AEA-stal en type emissie is correct
- Enkele emissiereducties moeten aangepast worden :
 - V-3.6 Rondloopstal met zeugenvoederstation en strobed : N₂O-emissie bedraagt 0.17 kg N₂O/ dp*jaar in plaats van 0.07 kg N₂O/ dp*jaar
 - P-6.5 Etagesysteem met mestband en strooiseldroging: de emissiefactor voor N₂O ontbreekt; deze bedraagt 0.01 kg N₂O/ dp*jaar
 - P-6.7 Uitbroeden eieren en opfokken tot 19 dagen in etagestal en emissiearme vervolghuisvesting met vervolghuisvesting in Systeem P-6.5: de emissiefactor voor CH₄ ontbreekt, deze bedraagt 0.004 kg N₂O/ dp*jaar

3.2 Luchtwassers

3.2.1 Huidige berekeningswijze

De emissiereducties per type luchtwasser en type emissie (ammoniak, geur, PM₁₀ en PM_{2.5}) zijn afkomstig van Lijst met geactualiseerde emissiefactoren voor ammoniak, geur en fijn stof. Bijlage Richtlijnenboek Landbouwdieren (versie 01/06/2022).

De toename van de uitstoot van lachgas als gevolg van het gebruik van de luchtwasser werd onderzocht en nauwkeurig bevonden. Andere bronnen dan de genoemde konden niet worden gevonden.

3.2.2 Beoordeling huidige berekeningswijze:

- De methodologie ter berekening van de emissiereductie per luchtwasser en type emissie is correct
- De waarden die gehanteerd worden ter berekening van de emissiereductie per luchtwasser en type emissie zijn correct

3.2.3 Voorstel nieuwe methodologie

- De gehanteerde karakterisatiefactor om de uitstoot van lachgas om te vormen in een uitstoot van koolstofdioxide-equivalenten bedraagt 298 kg CO₂-eq./kg N₂O. De karakterisatiefactor in de laatste versie van de PEF (EF3.1) bedraagt 273 kg CO₂-eq./kg N₂O.

3.3 PAS-lijst

3.3.1 Huidige berekeningswijze

De PAS-lijst omvat ammoniakemissie reducerende maatregelen en technieken die landbouwers kunnen aanwenden om de berekende bijdrage van hun bedrijf aan de kritische deposities te reduceren. De reductiepercentages van ammoniakemissie reducerende maatregelen en technieken opgenomen op de PAS-lijst, zijn overgenomen uit de PAS-lijst⁴¹.

3.3.2 Beoordeling huidige berekeningswijze:

- De methodologie ter berekening van de ammoniakemissie reductie per maatregel in de PAS-lijst is correct
- De waarden die gehanteerd worden ter berekening van de ammoniakemissie reductie per maatregel in de PAS-lijst zijn correct
 - De emissiereductie van de maatregel met code PAS V-4.4 wordt met een range aangegeven, in de berekening wordt een conservatieve aanpak gehanteerd en de minimale waarde gebruikt. Deze aanpak is goed.
- Er zijn drie maatregelen vermeld in de Excel 'InleesKenmerken' tabblad 'PASlijst' die niet langer vermeld staan op de website van de PAS-lijst, deze zijn de maatregelen met code PAS R-1.11, PAS R-3.5 & PAS R-3.6
- De maatregelen met investeringscodes 18042021 & 18103620 lijken dezelfde te zijn.

3.3.3 Voorstel nieuwe methodologie

- Schrappen van de drie maatregelen die niet langer opgenomen zijn in de PAS-lijst uit de berekeningen (deze drie maatregelen waren wel al geschrapt van de lijst met subsidiale investeringen)

⁴¹ <https://ilvo.vlaanderen.be/nl/pas-lijst>

4 Uitbreiding methodologie

4.1 Warmtepomp

4.1.1 Algemeen

De methodologie ter berekening van de duurzaamheidsaspecten van het investeringstype 'warmtepomp' is gebaseerd op de *Product Category Rules* die ontwikkeld zijn hiervoor in het kader van de *Product Environmental Profiles* (PEP) in overeenstemming met de standaard ISO 14025⁴².

Het opstellen van een PEP vereist het uitvoeren van een product *Life Cycle Assessment* (LCA) in overeenstemming met de standaard ISO 14040⁴³ & ISO 14044⁴⁴.

"The product family concerned is designated by the following terminology: thermodynamic generator with electric compression. This product family comprises the following devices:

- Heat pumps,
- Air conditioners (without energy recovery function),
- VRF (Variable Refrigerant Flow) units
- Chillers.

These devices can be reversible or not, using air, water, or brine as cold and/or heat sources. These devices all involve the use of a refrigerant."

De PCR waarop deze methodologie gebaseerd is, is de *PSR-0013-ed2.0-EN-2019_12_06*. De productfamilies die onder deze PSR vallen, worden opgesomd in hoofdstuk 2.1 van dit document:

De verschillende relevante karakteristieken van een warmtepomp zijn:

- Technologie : water/water, lucht/water, water/lucht, lucht/lucht, of grond/water
- Omkeerbaar of onomkeerbaar
- Verwarmingscapaciteit en/of koelcapaciteit
- SCOP en SEER
- COP

De verschillende levensfasen die omvat zijn in de LCA, zijn de volgende:

- Productie : van de warmtepomp en primaire verpakking
 - Een gemiddelde kg CO₂/kg product wordt berekend op basis van bestaande EPD's⁴⁵, deze waarde wordt vermenigvuldigd met een default waarde voor het gewicht van de warmtepomp
- Transport : van productiesite tot plaats van gebruik
 - Een afstand van 1000km per truck wordt aangenomen

⁴² ISO 14025 :2010. Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures

⁴³ ISO 14040: 2006. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework

⁴⁴ ISO 14044: 2006. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines

⁴⁵ Environmental Footprint Declaration

- Gebruik : elektriciteitsgebruik voor de uitbating van de warmtepomp
 - Levensduur van 22 jaar volgens PSR-0013
 - Formule per type warmtepomp ter berekening elektriciteitsverbruik wordt verder gegeven
- Levensseinde : verwerking van de warmtepomp na vervolledigen van diens levensduur
 - Aanname : recyclage van metalen, verbranding andere materialen (plastic)
 - Gemiddelde BOM (Bill-of-Materials) wordt overgenomen uit bestaande EPDs

4.1.2 Opgevraagde gegevens

De verschillende gegevens worden opgevraagd bij de landbouwer, ter berekening van de hieronder besproken duurzaamheidsaspecten:

- Type en technologie warmtepomp (zie verder)
- De warmtecapaciteit en/of koelvermogen van de warmtepomp (uitgedrukt in kW)
- Volume (l) warmwater tank, enkel relevant in geval warmtepomp ook instaat voor productie van warm water
- Performantiecoëfficiënt (SEER en/of SCOP)
- COP

De verschillende parameters die worden opgevraagd, zijn steeds terug te vinden in de technische fiche van de warmtepomp (zie een voorbeeld in Bijlage 5). **Er wordt aangeraden in te zetten om zoveel mogelijk ware gegevens te gebruiken** voor de berekening van de duurzaamheidsaspecten van deze investeringstype en geen standaardwaarden te hanteren. Een tuin-/landbouwer kan ondersteund worden bij het verzamelen van de nodige gegevens door de installateur van de warmtepomp.

4.1.3 Energiebesparing

Voor dit duurzaamheidsaspect wordt het volgende berekend:

- Totale elektriciteitsverbruik van de warmtepomp over diens gehele levensduur
- Totale warmteproductie van de warmtepomp over diens gehele levensduur

Totaal elektriciteitsverbruik per type warmtepomp:

- Niet-omkeerbaar (productie van warmte óf koude)
 - Warmte mode :

$$E_{tot} (kWh) = \frac{P_h}{SCOP} \times t_{heating} \times RLT$$

- Koude mode :

$$E_{tot} (kWh) = \frac{P_h}{SEER} \times t_{cooling} \times RLT$$

- Mixed mode (warmte en warm water productie) :

$$E_{tot} (kWh) = \frac{P_h}{SCOP} \times t_{heati} \times RLT + AEC \times RLT$$

- Omkeerbaar
 - Warmte en koude mode :

$$Etot (kWh) = \left(\frac{P_h}{SCOP} \times t_{heating} + \frac{P_c}{SEER} \times t_{cooling} \right) \times RLT$$

- Mixed mode (warmte, koude en warm water productie)

$$Etot (kWh) = \left(\frac{P_h}{SCOP} \times t_{heating} + \frac{P_c}{SEER} \times t_{cooling} \right) \times RLT + AEC \times RLT$$

Met :

- Etot (kWh) = totale elektriciteitsverbruik over gehele levensduur
- P_h (kW) = heating capacity / warmtecapaciteit
- P_c (kW) = cooling capacity / koelcapaciteit
- SCOP = seizoensgebonden coëfficiënt van performantie voor verwarmen, volgens EN 14825
- SEER = seizoensgebonden coëfficiënt van performantie voor koelen, volgens EN 14825
- $t_{heating}$ (h) = jaarlijks aantal uur in actieve mode voor verwarming (zie Tabel 8)
- $t_{cooling}$ (h) = jaarlijks aantal uur in actieve mode voor koelen (zie Tabel 8)
- AEC (kWh/jaar) = jaarlijks elektriciteitsverbruik voor productie van warm water, volgens regulatie n° 811/2013
- RLT (jaar) = levensduur van de warmtepomp (22 jaar)

Wanneer de warmtepomp ook instaat voor warmwater productie, moet de AEC geweten zijn. Deze waarde wordt typisch niet vermeld op typische fiches, en worden berekend op basis van het volume van de warmwater tank en een inschatting van het jaarlijks elektriciteitsverbruik per liter tank (berekend op basis van EPDs van bestaande warmtepompen):

$$AEC (kWh/jaar) = Volume (l) \text{ warmwater tank} \times 4.84 \text{ kWh}/(\text{jaar} \times \text{liter})$$

De totale hoeveelheid warmte die door de warmtepomp dan wordt aangeleverd, wordt berekend door middel van de COP (*Coefficient of Performance*), deze wordt berekend als:

$$COP = \frac{\text{aangeleverde warmte (kWh)}}{\text{electriciteitsverbruik (kWh)}}$$

Met de COP (waarvoor een default waarde wordt gehanteerd, of wordt aangeleverd door de landbouwer) en het elektriciteitsverbruik dat hierboven wordt berekend, kan dus de totale hoeveelheid aangeleverde warmte berekend worden. De COP is echter een theoretisch rendement dat geen rekening houdt met het verbruik van pompen, ventilatoren, buffervat verwarming, naverwarming... Gemiddeld kan men stellen dat deze waarde met 0.4 – 0.7 verminderd moet worden om het reële rendement te bekomen.⁴⁶

Hier wordt een conservatieve aanname gehanteerd om de reële COP te bekomen:

$$COP_{re\ddot{e}l} = COP - 0.7$$

De totale hoeveelheid warmte die dus over de volledige levensduur van de warmtepomp wordt aangeleverd, is dus:

$$Warmteproductie (kWh) = \text{electriciteitsverbruik (kWh)} \times COP \text{ re\ddot{e}l}$$

⁴⁶ <https://www.enerpedia.be/nl/energiethema/warmtepomp-5/>

4.1.4 Broeikasgasemissie

De impact op broeikasgasemissies wordt per levensfase van de LCA besproken:

4.1.4.1 Productie

Deze levensfase omvat de impact van de productie van de warmtepomp en het verpakkingsmateriaal. Op basis van bestaande EPDs wordt een gemiddelde impact per kg product berekend (in kg CO₂-eq./kg product). Deze impact wordt dan gelinkt aan de verwarmingscapaciteit van de warmtepomp door middel van een gemiddeld gewicht per kW verwarmingscapaciteit:

De gemiddelde impact⁴⁷ per kW (verwarmingscapaciteit) bedraagt: 188.76 kg CO₂/ P_h (kW)

4.1.4.2 Transport

Er wordt een afstand van 1000km per truck aangenomen, de totale impact tijdens dit transport bedraagt dan:

$$\text{warmtecapaciteit (kW)} \times 5.87^{48} \text{ kg CO}_2\text{-eq./kW}$$

4.1.4.3 Gebruiksfase

De impact tijdens de gebruiksfase bestaat uit twee elementen:

- De broeikasgasemissie gelinkt aan het elektriciteitsgebruik om de warmtepomp draaiende te houden : totaal elektriciteitsverbruik (kWh) x koolstofintensiteit elektriciteit op Belgisch niveau (kg CO₂-eq./kWh)
- De vermeden broeikasgasemissie van de fossiele brandstof die vervangen wordt : totale warmteproductie (kWh) x koolstofintensiteit fossiele brandstof (kg CO₂-eq./kWh)

4.1.4.4 Levens einde

De impact tijdens verwerking van de warmtepomp na het vervolledigen van de levensduur wordt gemodelleerd door middel van een gemiddelde BOM (Bill-of-Material) afkomstig van bestaande EPD's, en de impact per materiaaltype.

De gemiddelde impact (zie Tabel 9) per kW warmtecapaciteit bedraagt: 112.03 kg CO₂-eq./kg product

4.1.5 Voorbeeld van levenscyclusanalyse

De levenscyclusanalyse wordt berekend voor een fictieve warmtepomp met volgende eigenschappen:

- Technologie: lucht/lucht
- Type: productie van warmte + koude + warm water
 - Volume warm water tank: 180l
- Vermeden fossiele brandstof: aardgas
- Verwarmingscapaciteit: 7 kW
- Koelcapaciteit: 5 kW

⁴⁷ Zie bijhorende Excel voor berekeningen

⁴⁸ LCIA resultaat voor impact categorie Climate change, EF3.1 voor LCI: "Market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5, RER"

- SCOP: 4.5
- SEER: 3.5
- COP: 4.5

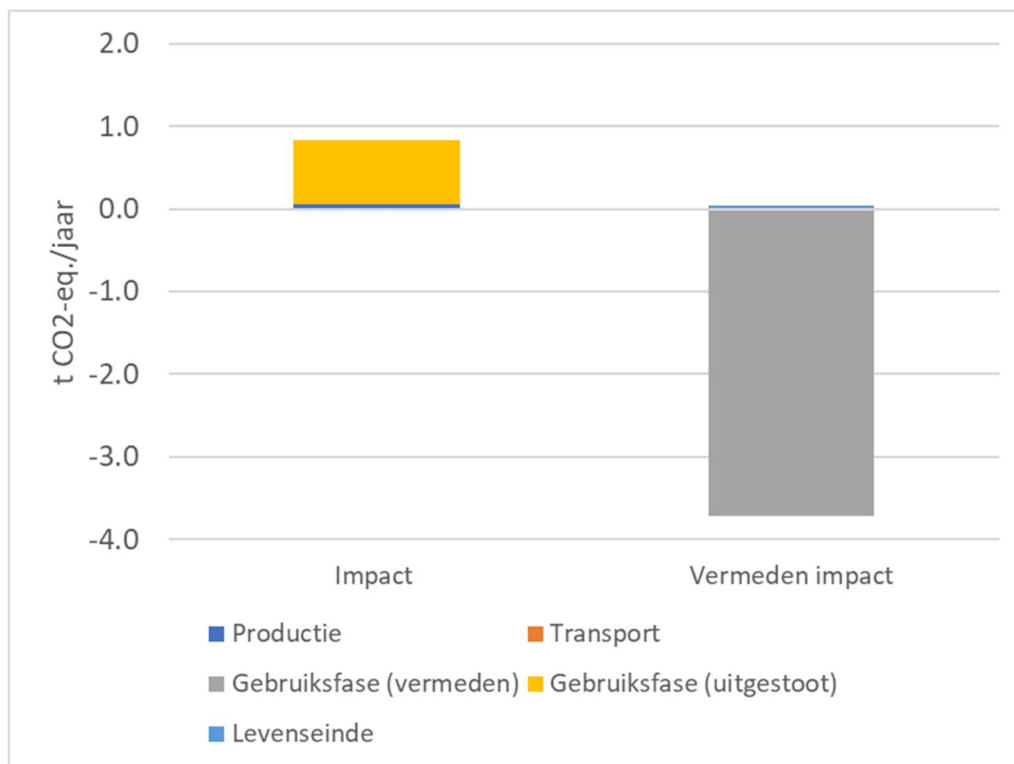
Deze warmtepomp levert jaarlijks een energieproductie van 14.2 MWh, bij een elektriciteitsconsumptie van 3.7 MWh. De resultaten van de levenscyclus worden gepresenteerd hieronder, in Tabel 7 & Figuur 2.

De impact tijdens productie, transport en levenseinde zijn insignificant ($\approx 2\%$) ten opzichte van de impact tijdens de gebruiksfase (broeikasgasemissie gelinkt aan elektriciteitsconsumptie en vermeden aardgasconsumptie). Een vereenvoudigde berekeningsmethode waarbij deze drie levensfasen niet berekend worden, kan toegepast worden.

Tabel 7: Resultaten LCA warmtepomp

Levensfase	Broeikasgasemissie (kg CO ₂ -eq/jaar)	Aandeel tot totale impact ⁴⁹
Productie	60	1%
Transport	2	0%
Gebruiksfase (vermeden impact)	-3 722	81%
Gebruiksfase (impact)	768	17%
Levenseinde	36	1%
Totaal LCA	-2 857	100

⁴⁹ Berekend op basis van absolute waarden per levenscyclusfase



Figuur 2: Jaarlijkse impact broeikasgasemissie (t CO2-eq./jaar) warmtepomp

4.1.6 Bijlagen

Tabel 8: default waarden voor t heating & t cooling

Technologie warmtepomp	t heating (h)	t cooling (h)
Lucht/lucht	1400	475*
Lucht/water	2066	600
Water/lucht	1400	600
Water/water	2066	600
Grond/water	1400	600

*: gemiddelde van twee typen warmtepomp lucht/lucht

Geen default waarden beschikbaar voor grond/water in PSR-0013, dus conservatieve aanname gehanteerd.

Tabel 9: Modellerings EoL warmtepomp

Materiaal	Massa-aandeel per materiaal (%)	Impact EoL per materiaal (kg CO ₂ -eq./kg)	LCI Ecoinvent 3.9.1
Aluminium	5.00%	-6.935791	EoL, Heat Pumps and Air-conditioners (fluid filler < 2 kg) Aluminium, Substitution benefits included - EoL, Heat Pumps and Air-conditioners (fluid filler < 2 kg) Aluminium, Substitution benefits included - FR
Koper	10.00%	-2.233253	EoL, Heat Pumps and Air-conditioners (fluid filler < 2 kg) Copper, Substitution benefits included - EoL, Heat Pumps and Air-conditioners (fluid filler < 2 kg) Copper, Substitution benefits included - FR
Staal	70.00%	-1.08823	EoL, Heat Pumps and Air-conditioners (fluid filler < 2 kg) Steel, Substitution benefits included - EoL, Heat Pumps and Air-conditioners (fluid filler < 2 kg) Steel, Substitution benefits included - FR
Plastic (ABS)	5.00%	-0.034768	EoL, Heat Pumps and Air-conditioners (fluid filler < 2 kg) ABS without BFR, density < 1.3, Substitution benefits included - EoL, Heat Pumps and Air-conditioners (fluid filler < 2 kg) ABS without BFR, density < 1.3, Substitution benefits included - FR
Koelmiddel	1.00%	489.28385	EoL, Heat Pumps and Air-conditioners (fluid filler < 2 kg) Cooling gas R125, Substitution benefits included - EoL, Heat Pumps and Air-conditioners (fluid filler < 2 kg) Cooling gas R125, Substitution benefits included - FR
Elektronica	1.00%	0.6514882	EoL, Heat Pumps and Air-conditioners (fluid filler < 2 kg) Precious metals-poor PCB, Substitution benefits included - EoL, Heat Pumps and Air-conditioners (fluid filler < 2 kg) Precious metals-poor PCB, Substitution benefits included - FR
Verpakking	8.00%	0.2870571	containerboard, linerboard - containerboard production, linerboard, kraftliner - RER + containerboard, linerboard - containerboard production, linerboard, testliner - RER

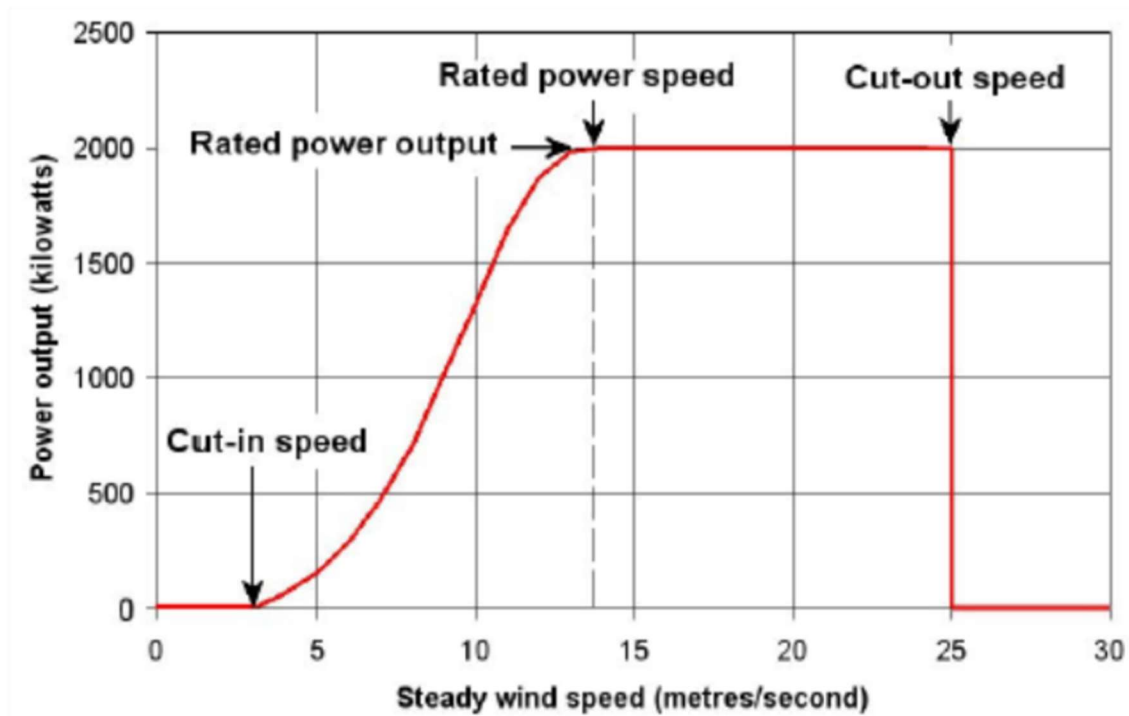
4.2 Windmolens

4.2.1 Algemeen

De wet deelt windmolens in naargelang van de ashoogte (van de wieken) en het vermogen. Kleine windmolens hebben een ashoogte die kleiner is dan 15 meter. Daarboven spreekt men – tot een vermogen van 300 kW – van middelgrote windmolens. Windmolens met een groter vermogen worden door de wet beschouwd als grote windturbines.

Een windturbine produceert alleen elektriciteit als er genoeg wind staat. Ongeveer vanaf windkracht 2 (3 m/s) begint de turbine te produceren en daarboven neemt de hoeveelheid geproduceerd vermogen toe met windsnelheid tot de derde macht. Dat betekent dat voor elke verdubbeling van de

windsnelheid, de windturbine 8 keer zoveel elektriciteit opwekt. Dit gaat door tot het maximale vermogen (vollast) bereikt wordt, ongeveer bij windkracht 5 à 6 (12 m/s)⁵⁰. De grafiek die weergeeft hoeveel stroom de turbine produceert bij elke windkracht heet de *power curve* (zie Figuur 3). De powercurve verschilt van windmolen tot windmolen, afhankelijk van het design.



Figuur 3: Power curve van een windmolen

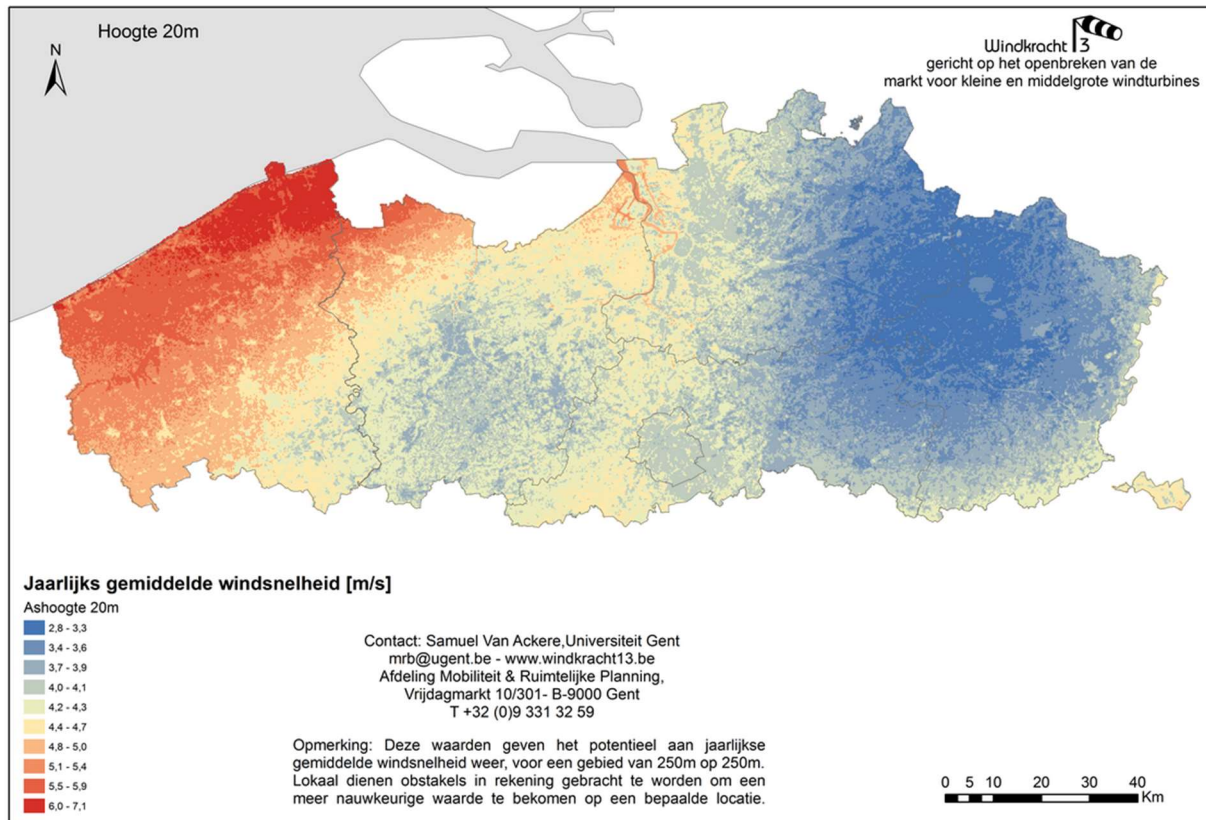
Er zijn twee soorten powercurves voor een windmolen; de powercurve die het vermogen (kW) bij een bepaalde windsnelheid geeft (zoals de figuur hierboven), en de powercurve die de jaarlijkse elektriciteitsproductie (kWh) bij een gemiddelde jaarlijkse windsnelheid geeft. De gemiddelde windsnelheid is sterk afhankelijk van de hoogte waarop deze wordt gemeten, in landelijke omgeving is er op 30m 63% meer energie aanwezig in de wind dan op 15m hoogte⁵¹. Voor Vlaanderen zijn verschillende windkaarten beschikbaar die de jaarlijkse gemiddelde windsnelheid op bepaalde ashoogte (m) weergeeft, zoals te zien op Figuur 4.

Met behulp van de windkaarten van Vlaanderen kan de gemiddelde jaarlijkse windsnelheid per locatie en hoogte gevonden worden (zo kan bv. een verschil gemaakt worden tussen een windmolen met ashoogte 10m in Antwerpen en een windmolen met ashoogte 15m in West-Vlaanderen).

Deze windkaarten is de meest gedetailleerde informatie die te vinden is rond windsnelheid per locatie, deze zijn speciaal opgemaakt voor het inschatten van de jaarlijkse elektriciteitsproductie van kleine/middelgrote windmolens.

⁵⁰ <https://wisenederland.nl/artikel/hoe-werkt-een-windmolen/>

⁵¹ <http://www.windkracht13.be/wp-content/uploads/2013/09/ecoTips-05201416.pdf>



Figuur 4: Windkaart Vlaanderen op ashoogte 20m⁵²

Deze figuur duidt aan dat bv. eenzelfde windmolen in Oost- of West-Vlaanderen meer zal opbrengen dan in Limburg, vanwege de hogere jaarlijkse gemiddelde windsnelheid.

De twee belangrijke factoren die de jaarlijkse elektriciteitsproductie van een kleine of middelgrote windmolen bepalen, zijn:

- Powercurve van de windmolen
- Jaarlijkse gemiddelde windsnelheid op de ashoogte van de windmolen

Gezien een kleine windmolen relatief gezien vrij laag staat is de invloed van het terrein vrij groot. Obstakels (zoals bomen of gebouwen) kunnen al vlug een grote invloed hebben. In de berekeningen die hieronder volgen, wordt aangenomen dat er geen lokale obstakels aanwezig zijn.

4.2.2 Opgevraagde gegevens

De volgende gegevens worden hiervoor opgevraagd bij de landbouwer:

- Informatie rond windmolen :
 - Ashoogte (m)
 - Nominaal vermogen (kW)
- Locatie installatie : adres landbouwbedrijf (moet niet bijkomend opgevraagd worden, want al beschikbaar)

⁵² bron: <http://www.windkracht13.be/wp-content/uploads/2015/03/LAATSTE-VERSIE20m.png>

4.2.3 Energiebesparing

Er wordt een inschatting gemaakt van de jaarlijkse elektriciteitsproductie op basis van de powercurves van bestaande kleine/middelgrote windmolens, en de jaarlijkse gemiddelde windsnelheid op locatie van installatie.

De gemiddelde jaarlijkse windsnelheid wordt afgeleid uit de ashoogte van de windmolen en het adres van het landbouwbedrijf. De gemiddelde jaarlijkse windsnelheid voor verschillende ashoogtes worden per provincie gepresenteerd in Tabel 10.

Tabel 10: Gemiddelde jaarlijkse windsnelheid (m/s) per ashoogte en Vlaamse provincie

Provincie	Jaarlijks gemiddelde windsnelheid (m/s)				
	Ashoogte 10m	Ashoogte 15m	Ashoogte 20m	Ashoogte 30m	Ashoogte 40m
Antwerpen	3.2	3.6	3.9	3.8	4.8
West-Vlaanderen	4.7	5.1	5.4	5.1	5.7
Oost-Vlaanderen	3.5	3.7	4.1	4.1	5.0
Limburg	2.8	3.3	3.6	3.4	4.2
Vlaams-Brabant	3.2	3.8	4.1	3.8	4.8

Afhankelijk van het nominaal vermogen van de windmolen en de gemiddelde jaarlijkse windsnelheid wordt de jaarlijkse elektriciteitsproductie ingeschat aan de hand van volgende tabellen.

De windmolens waarvan de powercurves zijn overgenomen, worden vermeld in Bijlage 4.

Tabel 11: Jaarlijkse elektriciteitsproductie bij nominaal vermogen tussen 1-5 kW

Jaarlijkse gem. windsnelheid(m/s)	Jaarlijkse elektriciteitsproductie (kWh) bij nominaal vermogen (kW)			
	0.25	0.6	1	5
3.5	251	354	744	/
4	348	565	1088	1415
4.5	444	777	1432	4462
5	525	975	1755	8147
5.5	638	1200	2120	10557
6	750	1420	2480	12816
6.5	831	1623	2808	16651
7	945	1855	3180	19360

7.5	1025	2046	3496	22745
-----	------	------	------	-------

Tabel 12: Jaarlijkse elektriciteitsproductie bij nominaal vermogen tussen 10-72 kW

Jaarlijkse gem. windsnelheid(m/s)	Jaarlijkse elektriciteitsproductie (MWh) bij nominaal vermogen (kW)			
	10	20	50	72
3.5	2	21.3	/	6
4	6	30.1	7.7	35.7
4.5	10	39	32.5	65.5
5	14	46.2	50	95.2
5.5	18	56.8	80	124
6	22	66.8	110	154.5
6.5	26	75.7	140	185
7	30	83.6	160	215.5
7.5	34	90.2	180	244.5

Tabel 13: Jaarlijkse elektriciteitsproductie bij nominaal vermogen tussen 100-300 kW

Jaarlijkse gem. windsnelheid(m/s)	Jaarlijkse elektriciteitsproductie (MWh) bij nominaal vermogen (kW)		
	100	200	300
3.5	5.1	24	/
4	45.1	111	16.2
4.5	85.1	198	143.2
5	120.5	278	285
5.5	161.1	367	393
6	204.2	460	514
6.5	248	553	643
7	291	643	776
7.5	332	728	908

4.2.4 Broeikasgasemissie

Een windmolen veroorzaakt geen broeikasgasemissie tijdens het opwekken van elektriciteit, maar wel tijdens de andere levenscyclusfasen (het produceren van de windmolen, het transport, het jaarlijkse onderhoud, verwerking van de windmolen na afloop levensduur). Er wordt gerekend met een broeikasgasemissie van 0.015⁵³ kg CO₂-eq./kWh (impact over gehele levenscyclus).

De totale vermeden broeikasgasemissie wordt dan:

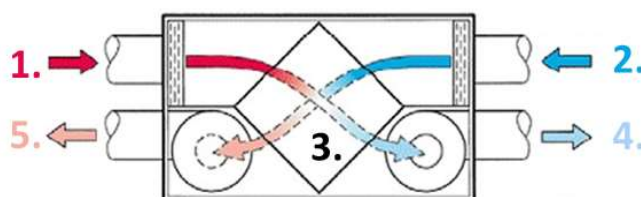
$$\text{Totale elektriciteitsproductie windmolen (kWh)} \times (0.206^{54} - 0.015) \text{ kg CO}_2\text{-eq./kWh}$$

4.3 Warmtewisselaar

4.3.1 Algemeen

Het doel van warmterecuperatie is energiebesparing door warmte terug te winnen uit een systeem, en met behulp van een warmtewisselaar deze warmte af te geven aan een ander systeem.

Het principe van warmterecuperatie wordt voorgesteld in Figuur 5: de warme bron (1) verwarmt de koude vloeistof (2) in de warmtewisselaar (3). Na de uitwisseling heeft de warme bron warmte verloren (4) ten koste van de eerder koude bron die warm is geworden (5).



Figuur 5: Schematische voorstelling van een kruisstroomwarmtewisselaar.

In stallen moet de binnenlucht worden verversd om excessieve concentraties van vocht, kooldioxide (CO₂) en andere gassen zoals ammoniak te voorkomen. Wanneer de buitenlucht (2) kouder is dan de binnenlucht van de stal (1), wordt een warmtewisselaar (3) gebruikt, zodat de buitenlucht al opgewarmd is wanneer deze het gebouw binnenkomt (5).

Door de wetten van de thermodynamica is de lucht die de warmtewisselaar verlaat (5) warmer dan de buitenlucht (2), maar lager dan de binnentemperatuur (1). De warmtewisselaar dekt niet alle warmtebehoefden van de dieren, met name in de winter zal enkel een warmtewisselaar niet volstaan.

⁵³ LCIA resultaat voor impact categorie 'climate change, EF 3.1' voor LCI 'electricity production, wind, <1MW turbine, onshore – BE' (Ecoinvent 3.9.1 database)

⁵⁴ Zie Tabel 27



Figuur 6: Voorbeeld van warmtewisselaar voor pluimveehouderij met links de warme lucht die de wisselaar binnenkomt en rechts de warmtewisselaar.⁵⁵

De verschillende levensfasen die omvat zijn in de LCA, zijn de volgende:

- Productie: van de warmtewisselaar en primaire verpakking
 - Een gemiddelde kg CO₂/kg product wordt berekend en vermenigvuldigd met het gewicht van de warmtewisselaar
- Transport: van productiesite tot plaats van gebruik
 - Een afstand van 1000 km per truck wordt aangenomen
- Gebruik: energierecuperatie met de uitbating van de warmtewisselaar
 - Levensduur van *RLT* = 15 jaar⁵⁶
 - Formule ter berekening van de energiebesparing per type landbouw wordt verder gegeven
- Levens einde: verwerking van de warmtewisselaar na vervullen van diens levensduur
 - Aanname: recyclage van metalen, verbranding andere materialen (plastic)

4.3.2 Opgevraagde gegevens

De verschillende gegevens die bij de landbouwer worden opgevraagd, zijn op te splitsen in twee opties:

⁵⁵ Christian NICOLAS, décembre 2010. Elevage de volailles : la récupération de chaleur par échangeur d'air. Rapport d'étude. Chambres d'Agriculture de Bretagne, 6 pages.

⁵⁶ Bron: Échangeur-récupérateur de chaleur air/air dans un bâtiment d'élevage de volailles, Certificats d'économies d'énergie, Opération n° AGRI-TH-113, Ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

- Optie 1 is het meest eenvoudig voor de landbouwer. Afhankelijk van het soort bedrijf wordt enkel opgevraagd:
 - Stallen: aantal dieren per stal
 - Kassen: kasoppervlakte (m²)
 - Loodsen: loods oppervlakte (m²) en gemiddelde binnentemperatuur (°C)

Het debiet en het ventilatievermogen worden daarmee berekend op basis van veronderstellingen die hieronder worden gepresenteerd.
- Optie 2 vraagt om meer gedetailleerde en technische gegevens maar geeft meer specifieke resultaten:
 - Debiet van de warmtewisselaar
 - Vermogen van de ventilatie
- Vermeden fossiele brandstof

4.3.3 Energiebesparing

De energiebesparing wordt berekend op basis van het temperatuurverschil tussen de buitenlucht en de lucht die het gebouw binnenkomt met de volgende vergelijking:

$$E_{recup} = (\rho c_p \dot{m} \Delta T t - \frac{P_v t}{3600}) RLT$$

Met:

- E_{recup} (J) de totale bespaarde energie
- $\rho = 1.204$ (kg/m³) de dichtheid van lucht (standaardomstandigheden⁵⁷)
- $c_p = 1005$ (J/kg.K) de warmtecapaciteit van lucht (standaardomstandigheden⁵⁷)
- \dot{m} (m³/h) het debiet door de warmtewisselaar
- t (h) de jaarlijkse gebruiksduur van de warmtewisselaar
- P_v (W) het ventilatievermogen
- ΔT (K) het temperatuurverschil tussen de buitenlucht en de verwarmde buitenlucht
- RLT (h) = levensduur van de warmtewisselaar

4.3.3.1 Veronderstellingen voor stallen

De volgende veronderstellingen worden toegepast:

- De fysische eigenschappen (ρ en c_p) van lucht worden beschouwd onder standaardomstandigheden
- Indien de landbouwer het luchtdebiet niet levert, kan het worden berekend op basis van het type landbouw (zie Tabel 14). Deze waarden moeten worden vermenigvuldigd met het aantal aanwezige dieren.

⁵⁷ 20°C en atmosferische druk

- De temperatuurverschillen worden berekend met een thermisch rendement η van 70%⁵⁸ en een gemiddeld buitentemperatuur T_{ext} van 7.1 °C.⁵⁹
- De jaarlijkse gebruiksduur van de warmtewisselaar bedraagt $t = 1000$ uur, behalve voor bedrijven die hogere temperaturen vereisen, zoals biggen of vleeskuikens, waarvoor $t = 3000$ uur per jaar in aanmerking worden genomen.⁶⁰
- Indien de landbouwer geen ventilatievermogen levert, wordt een waarde van $P_v = 0,5$ W/m³/h in aanmerking genomen.⁶¹

Tabel 14: Parameters ter berekening energiebesparing voor verschillende landbouwen.⁶⁰

Landbouw	\dot{m} (m ³ /h/dier)	t (h/jaar)	ΔT (°C)
Zeugen	10	1000	9.0
Varkens	20	1000	10.4
Biggen	10	3000	16.0
Vleeskippen	1	1000	7.6
Kalkoenen	1	1000	11.8
Vleeskuikens	0.5	3000	11.8

4.3.3.2 Veronderstellingen voor kassen en loodsen

- De fysische eigenschappen (ρ en c_p) van lucht worden beschouwd onder standaardomstandigheden
- Indien de landbouwer het luchtdebiet niet levert, wordt de standaardwaarde genomen van $\dot{m} = 18$ m³/h/m² genomen.⁶² Deze waarde moet worden vermenigvuldigd met de oppervlakte van de kas of van de loods.
- De temperatuurverschillen worden berekend met een thermisch rendement van 70% en een gemiddeld temperatuurverschil van 10°C tussen binnen- en buitenlucht.⁶²

⁵⁸ Een thermisch rendement van 70% wordt beschouwd op basis van minimale vereiste door VLM ([Systeem P-6.4](#)) voor pluimvee stallen.

⁵⁹ Een gemiddelde temperatuur van 7.1 °C is berekend voor 2022 tussen januari en april en tussen november en december. Tijdens de andere warmere maanden is het temperatuurverschil niet groot genoeg om warmte uit te wisselen tussen de buiten- en de binnenlucht. Details in Bijlage 4.3.6.1.

⁶⁰ Bron: Récupération de chaleur dans les bâtiments d'élevage, PACER, 1995.

⁶¹ Op basis van warmtewisselaar [ECO800-6](#) warmtewisselaar (Vencomatic Group) en andere producten van dezelfde leverancier.

⁶² Bron: Vocht afvoeren uit tuinbouwkassen met warmteterugwinning, J.B. Campen et al., IMAG, 2003

Voor loodsen, wordt een thermisch rendement van 70% ook verondersteld en, indien de landbouwer geen binnentemperatuur levert, wordt een temperatuurverschil van 10°C verondersteld. Anders wordt een gemiddeld buitentemperatuur van 12.2°C verondersteld en afgetrokken van de geleverd binnentemperatuur.⁶³

- De jaarlijkse gebruiksduur van de warmtewisselaar bedraagt voor 11 maanden (1 maand voor teeltwisseling) voor kassen en 12 maanden voor loodsen.
- Indien de landbouwer geen ventilatievermogen levert, wordt een waarde van $P_v = 8 \text{ W/m}^2$ voor loodsen en kassen en van $0.5 \text{ W/m}^3/\text{u}$ voor stallen in aanmerking genomen.⁶²

Tabel 15: Parameters ter berekening energiebesparing voor kassen en loodsen.

Landbouw	\dot{m} (m ³ /h/m ²)	t (h/jaar)	ΔT (°C)
Kassen	18	8000	7
Loodsen	18	8760	5.5

4.3.4 Broeikasgasemissie

De impact op broeikasgasemissies wordt per levensfase van de LCA besproken.

4.3.4.1 Productie

Deze levensfase omvat de impact van de productie van de warmtewisselaar. Op basis van een bestaande LCI⁶⁴ wordt een gemiddelde impact per eenheid debiet berekend (in kg CO₂-eq./m³/h).

De gemiddelde impact per eenheid gemiddeld debiet van de warmtewisselaar bedraagt:

$$1.28 \text{ kg CO}_2\text{-eq./m}^3/\text{h.}$$

Deze impact wordt dan vermenigvuldigd met het debiet van de warmtewisselaar (ofwel aangeleverd door de landbouwer ofwel geraamd op basis van Tabel 14 en Tabel 15).

4.3.4.2 Transport

Een afstand van 1000km per truck wordt aangenomen. De totale impact tijdens dit transport bedraagt dan 1000 km x gewicht warmtewisselaar (t) x 0.188⁶⁵ kg CO₂-eq./t*km.

Een gemiddeld gewicht van de warmtewisselaar per eenheid debiet van 0.199 kg product/m³/h wordt berekend op basis van een bestaande LCI.⁶⁴

Dit geeft een broeikasgasemissie voor de transportfase van:

$$0.037 \text{ kg CO}_2\text{-eq./m}^3/\text{h.}$$

⁶³ Dit is de gemiddelde temperatuur in België voor het jaar 2022.

⁶⁴ LCIA-resultaat voor impact categorie Climate change, EF3.1 voor LCI genaamd “blower and heat exchange unit, central, 600-1200 m³/h - blower and heat exchange unit production, central, 600-1200 m³/h – RER” gepubliceerd door Ecoinvent (v3.9.1). De warmtewisselaar weegt 143 kg, heeft een gemiddeld luchtdebiet van 720 m³/u en een totale productie impact van 924.412 kg CO₂-eq.

⁶⁵ LCIA resultaat voor impact categorie Climate change, EF3.1 voor LCI: “Market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5, RER”

4.3.4.3 Gebruiksfase

De impact tijdens de gebruiksfase bestaat uit de vermeden broeikasgasemissie van de fossiele brandstof die vervangen wordt:

Totale warmteproductie (kWh)⁶⁶ x koolstofintensiteit fossiele brandstof (kg CO₂-eq./kWh).

De coëfficiënt moet worden gekozen op basis van de fossiele energie die door de warmtewisselaar wordt vermeden (bv. 0.073 kg CO₂-eq./MJ aardgas), zie Bijlage 1.

4.3.4.4 Levens einde

De impact tijdens verwerking van de warmtewisselaar na het vervullen van de levensduur wordt gemodelleerd door middel van een bestaande LCI⁶⁷, aangevuld met de modellering van de recyclage van het metaal (aannee van 100% recyclage). Bij de recyclage van het metaal wordt virgin productie vermeden, dit leidt tot een vermeden emissie tijdens het levens einde van de warmtewisselaar.

De gemiddelde impact per eenheid van debiet bedraagt:

-0.21 kg CO₂-eq./m³/h.

4.3.5 Voorbeeld van levenscyclusanalyse

Een voorbeeld van levenscyclusanalyse wordt gepresenteerd voor de [ECO800-6](#) warmtewisselaar (Vencomatic Group), typisch gebruikt in stallen voor pluimvee.

De opgevraagde gegevens (volgens Optie 2) zijn de volgende:

- Type landbouw: vleeskippen
- Debiet van de warmtewisselaar: 15.000 m³/h
- Vermogen van de ventilatie: 15 kW
- Vermeden fossiele brandstof: aardgas

Hiermee kunnen de jaarlijkse (vermeden) broeikasgasemissies worden berekend (Tabel 16 & Figuur 7). Een totale energiebesparing van 38.4 MWh wordt berekend over de gehele levensduur van de warmtewisselaar (2.56 MWh per jaar).⁶⁸

De impact tijdens de gebruiksfase vertegenwoordigt duidelijk de grootste impact, maar ook de impact tijdens productie is significant. Er wordt aangeraden minstens deze levenscyclusfase te behouden in de berekeningsmethode.

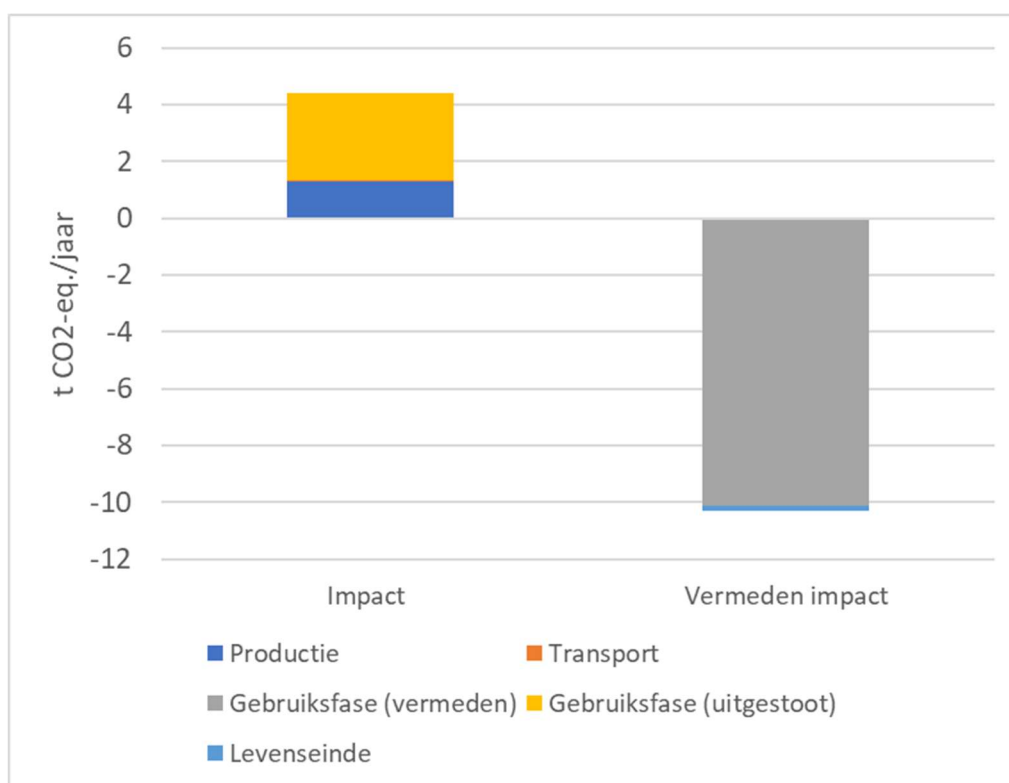
⁶⁶ Deze totale warmteproductie komt overeen met die berekend in het hoofdstuk 4.3.3, omgerekend van Joule naar kWh met behulp van de factor 1 J = 2.7778e-7 kWh.

⁶⁷ LCIA-resultaat voor impact categorie Climate change, EF3.1 voor LCI genaamd "used blower and heat exchange unit central, 600-1200 m³/h - treatment of used blower and heat exchange unit, central, 600-1200 m³/h - RoW" gepubliceerd door Ecoinvent (v3.9.1). De warmtewisselaar weegt 143 kg, heeft een gemiddeld luchtdebiet van 720 m³/u en een totale impact van 3.643 kg CO₂-eq.

⁶⁸ Dit kan opnieuw worden berekend met behulp van het Excel-bestand dat bij dit document is gevoegd.

Tabel 16: Resultaten voor LCA van de warmtewisselaar ECO800-6 (Vencomatic Group)

Levensfase	Broeikasgasemissie (kg CO ₂ -eq/jaar)	Aandeel tot totale impact ⁶⁹
Productie	1 284	9%
Transport	37	0%
Gebruiksfase (vermeden impact)	-10 110	69%
Gebruiksfase (impact)	3 090	21%
Levens einde	-214	1%
Totaal LCA	-5 913	100



Figuur 7: Jaarlijkse impact broeikasgasemissie (t CO₂-eq./jaar) warmtewisselaar

4.3.6 Bijlagen

4.3.6.1 Berekening van temperatuurverschil ΔT

Het thermisch rendement η van een warmtewisselaar is berekend als:

$$\eta = \frac{T_{out} - T_{ext}}{T_{in} - T_{ext}} = \frac{\Delta T}{T_{in} - T_{ext}}$$

⁶⁹ Berekend op basis van absolute waarden per levenscyclusfase

Met:

- T_{out} de temperatuur van de verwarmde lucht die het gebouw binnenkomt
- T_{ext} de buitentemperatuur
- T_{in} de binnentemperatuur, afhankelijk van type landbouw (zie tabel hieronder met gegevens gebaseerd op veronderstellingen)

Om de energiebesparing te berekenen hebben we $\Delta T = T_{out} - T_{ext}$ nodig. We kunnen echter T_{out} niet meten of berekenen. Voortaan gebruiken we het thermische rendement vergelijking om ΔT te berekenen op basis van gegevens die kunnen gemeten of geschatten worden, zodat:

$$\Delta T = \eta (T_{in} - T_{ext})$$

Met de volgende veronderstellingen voor alle warmtewisselaars:

- Thermisch rendement van 70%
- Gemiddeld buitentemperatuur van 7.1°C voor stallen en 12.2°C voor loodsen en kassen
- Gemiddeld binnentemperatuur afhankelijk van het type landbouw (zie Tabel 17).

Tabel 17: Gemiddelde binnentemperatuur voor verschillende diercategorieën

Diercategorie	Gemiddelde T_{in} (°C)
Zeugen	20
Varkens	22
Biggen	30
Vleeskippen	18
Kalkoenen	24
Vleeskuikens	24

4.4 LED-belichting in serres

4.4.1 Algemeen

Licht is een grondstof voor planten, die nodig is om fotosynthese te laten plaatsvinden. Bij serreteelten zal enkel het zonlicht niet volstaan tijdens de wintermaanden om aan de lichtvraag van de plant te voldoen. Als men het jaarrond productie wil voorzien, is het gebruik van assimilatiebelichting dus een vereiste. De intensiteit van dit assimilatielicht wordt uitgedrukt in $\mu\text{mol fotonen/m}^2 \cdot \text{s}$.⁷⁰ Er zijn twee typen belichting die typisch toegepast worden in serres om deze assimilatiebelichting te voorzien: hogedruk natrium-lampen (HPS) en led-lampen.

De led-lampen vertonen een efficiëntere omzetting van elektriciteit naar licht dan de HPS-lampen bij eenzelfde lichtintensiteit. Het vervangen van de huidige HPS-lampen door led-lampen zal dus leiden tot een energiebesparing op het vlak van elektrisch verbruik voor belichting bij serreteelten. De HPS-

⁷⁰ <https://www.enerpedia.be/nl/nieuws/een-introductie-tot-de-belichte-teelt-2088/>

lampen leiden meer warmteverlies tijdens hun werking. De vrijgekomen convectie- en stralingswarmte wordt anderzijds wel nuttig gebruikt in de serre. Tegenover de reductie in elektrisch energieverbruik staat dus wel een toename van thermische energie (vaak op basis van fossiele brandstoffen), door het vervangen van de HPS-lampen met led-lampen.

Buiten het energetisch aspect kan de led-belichting andere voordelen bieden ten opzichte van de HPS-belichting: een hogere lichtintensiteit kan toegepast worden zonder nadelige gevolgen voor de teelt. Deze verhoogde lichtintensiteit kan leiden tot een verhoogde productie van het gewas. Er wordt momenteel veel onderzoek gedaan rond de impact van deze led-belichting op de productie van typische serreteelten (sla, tomaten, komkommer, aardbei). Een verhoogde productie bij sla⁷¹ en tomaten^{72,73} werd reeds gevonden bij bepaalde proeftesten, toch kan deze toename niet zomaar aangenomen worden en is dit de combinatie van meerdere factoren die op complexe manier interageren met elkaar (bv. lichtspectrum, uniformiteit in lichtindeling...). Er wordt daarom met de **conservatieve aanname gewerkt dat het vervangen van HPS-lampen met led-belichting bij eenzelfde lichtintensiteit en een gelijk aantal branduren geen impact heeft op de productie van de belichte teelt**⁷⁴, en enkel het puur energetisch aspect wordt hier mee genomen. Bij het gebruik van led-belichting kunnen er meer branduren worden gemaakt. Dit kan dan wel resulteren in een meerproductie, in een lagere elektriciteitsbesparing en een lagere verwarmingsbehoefte.

4.4.2 Opgevraagde gegevens

De volgende gegevens worden hiervoor opgevraagd bij de landbouwer:

- Areaal serre (m²) waarvoor de HPS-belichting wordt vervangen door led-belichting
- Gewas
- Totaal vermogen van de led-belichting dat wordt geïnstalleerd (default waarde beschikbaar indien niet gekend)
- Fossiele brandstof ter verwarming serre

4.4.3 Energiebesparing

De energiebesparing bestaat uit twee elementen:

- Een reductie in elektrisch energieverbruik door het gebruik van de energie-efficiëntere led-belichting
- Een toename van de thermische energie ter compensatie van de verminderde warmteproductie door de led-belichting

4.4.3.1 Reductie elektrisch energieverbruik

De reductie in elektrisch energieverbruik voor de belichting in de serre wordt berekend ten opzichte van een standaard verbruik (gebruik van een HPS-lamp) per type gewas:

⁷¹ <https://www.proefstation.be/wp-content/uploads/2018/12/Lightman-MGS-poster.pdf>

⁷² <https://www.proefstation.be/wp-content/uploads/2018/12/Lightman-tomaat-poster.pdf>

⁷³ <https://glitch-innovatie.eu/wp-content/uploads/2021/03/Rapportage-GLITCH-tomaat-PSKW1-2019-2020.pdf>

⁷⁴ Aanname op basis van expertise proefstation voor de groenteteelt

Tabel 18: Standaard energieverbruik belichting (kWh/m²) per type gewas

Gewas	Vermogen HPS-verlichting (W/m ²)	Branduren (h/jaar)	Standaard jaarlijks elektriciteitsverbruik (kWh/m ² *jaar)
Tomaat	100	2200	220
Sla	32	1700	54.4
Komkommer	100	2300	230

Het reductiepercentage voor het elektrisch energieverbruik wordt berekend op basis van informatie aangeleverd door de tuinbouwer of met standaardwaarden:

- Optie 1: op basis van data van tuinbouwer :

(Vermogen (W) per led-lamp x aantal lampen) / totaal areaal (m²) waar de led-belichting wordt geplaatst = vermogen (W/m²)

Met het berekend vermogen (W/m²) van de led-lamp kan het reductiepercentage ten opzichte van de HPS-lamp berekend worden. Deze waarde wordt ingevuld in de formule hieronder om de totale jaarlijkse reductie in energieverbruik te berekenen.

- Optie 2: standaard reductiepercentage :

- Tomaat : 34%
- Sla : 37%
- Komkommer : 37%

De totale jaarlijkse reductie in elektrisch energieverbruik (kWh/jaar) wordt dan berekend als volgt:

Totaal areaal (m²) waar de led-belichting wordt geplaatst x standaardverbruik gewas (kWh/m²*jaar) x reductiepercentage (%)

4.4.3.2 Toename thermische energie

De bijkomende consumptie van thermische energie wordt als volgt berekend:

Standaard gasverbruik (kWh/m²*jaar) x energiefactor (%)

Waarbij:

- Standaard gasverbruik (kWh/m²*jaar) : jaarlijkse consumptie van thermische energie (gewas-specifiek)
- Energiefactor (%) : toename van thermische energie door het vervangen van HPS-belichting met led-belichting
 - Tomaat : 10%
 - Sla : 5%
 - Komkommer: 7,5%

4.4.4 Broeikasgasemissie

De totale impact op broeikasgasemissie is de som van volgende elementen:

- Bespaarde elektriciteitsconsumptie (kWh/jaar)
- Toename thermische energieconsumptie (kWh/jaar)

Met de emissiefactoren van elektriciteit en de fossiele brandstof die wordt gebruikt ter verwarming van de serre wordt de broeikasgasemissiereductie berekend.

Voorbeeld:

Een tomatenkweker heeft een serre met areaal 10.000 m² waarvoor de huidige HPS-lampen worden vervangen met led-belichting. De jaarlijkse bespaarde broeikasgasemissie is dan:

- Bespaarde elektriciteitsconsumptie : $10.000 \text{ m}^2 \times 220 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{jaar} \times 34\% \times 0.206 \text{ kg CO}_2\text{-eq./kWh} = 154\,088 \text{ kg CO}_2\text{-eq.} = 154.1 \text{ t CO}_2\text{-eq.}$
- Toename thermische energieconsumptie : $10.000 \text{ m}^2 \times 425 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{jaar} \times 10\% \times 0.263 \text{ kg CO}_2\text{-eq./kWh} = 111\,775 \text{ kg CO}_2\text{-eq.} = 111.8 \text{ t CO}_2\text{-eq.}$

De totale vermeden broeikasgasemissie bedraagt dan 42.3 t CO₂-eq.

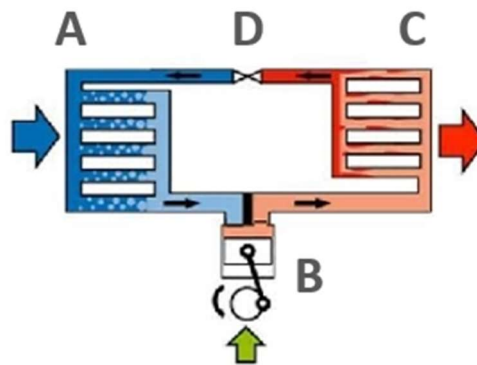
Er wordt aangenomen dat het verschil in broeikasgasemissie tijdens andere levenscyclusfasen (productie, transport, verwerking) insignificant is tussen de twee typen belichting. Bovendien zorgt de gebruiksfase bij verlichting typisch voor veruit de grootste bijdrage tot totale impact⁷⁵.

4.5 Energierecuperatie bij frigo's in loodsen

4.5.1 Algemeen

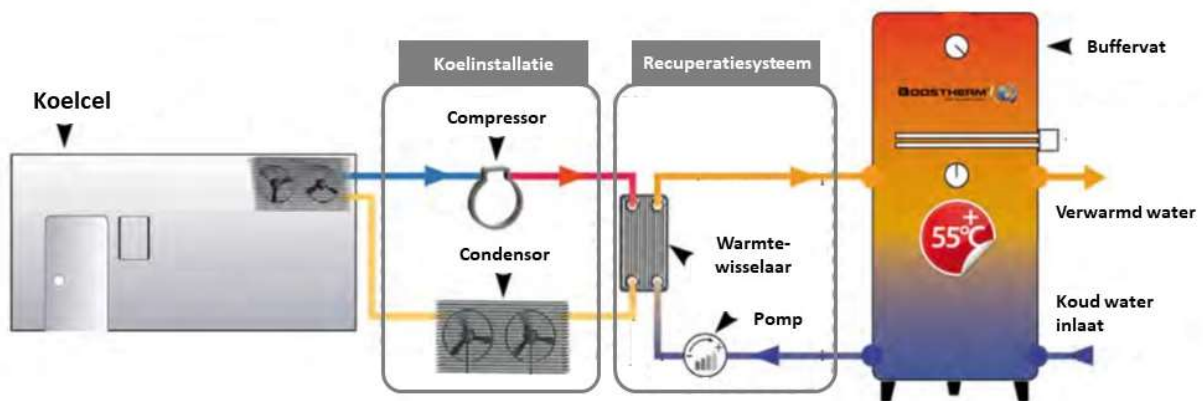
Een koelinstallatie, zoals in Figuur 8, onttrekt warmte door een koelmiddel in de verdamper (A) van de vloeibare fase naar de gasvormige fase te laten overgaan. Het koude gas wordt uit de koelcel geleid naar de compressor (B) waar het wordt samengedrukt en dus verwarmd. De warmte wordt vervolgens tussen de compressor en de condensor (C) en in de condensor afgegeven aan de omgeving, waardoor het koelmiddel condenseert van gas naar vloeibare fase. Het vloeibaar geworden koelmiddel bevindt zich nog steeds onder hoge druk. Wanneer het expansieventiel (D) wordt geopend, stroomt de vloeistof automatisch naar de verdamper.

⁷⁵ Gebaseerd op bestaande Environmental Product Declarations (EPDs) van armaturen en lampen, waarbij de methodologie van de PEP Ecopassport (PSR 14) wordt gevolgd.



Figuur 8: Schematische voorstelling van een koelinstallatie⁷⁶

Een warmtewisselaar zorgt ervoor dat de warmte die de koelinstallatie verlaat, kan worden teruggewonnen om water te verwarmen en energie te besparen. Dit opgewarmd water wordt vervolgens in een buffervat opgeslagen en kan daarna gebruikt worden voor verschillende doeleinden zoals vloerverwarming van koelcellen (om ijsvorming te voorkomen), verwarming van kuisruimtes, verblijven van seizoenarbeiders of forceries⁷⁷.



Figuur 9: Schematische voorstelling van een warmterecuperatiesysteem bij een koelinstallatie.⁷⁸

De verschillende levensfasen die omvat zijn in de LCA, zijn de volgende:

- Productie: van de warmtewisselaar en primaire verpakking
 - Een gemiddelde kg CO₂/kg product wordt berekend en vermenigvuldigd met het gewicht van de warmtewisselaar
- Transport: van productiesite tot plaats van gebruik
 - Een afstand van 1000 km per truck wordt aangenomen
- Gebruik: energierecuperatie met de uitbating van de warmtewisselaar
 - Levensduur van $RLT = 10$ jaar⁷⁶

⁷⁶ Bron: Rendabiliteit van warmterecuperatie bij koelinstallaties, Somers et al., Enerpedia, 2017

⁷⁷ Forceren maakt het mogelijk de groei van de plant kunstmatig te beïnvloeden.

⁷⁸ Source : « [Récupérateurs de chaleur thermodynamiques](#) », Boostherm, 2012.

- Formule ter berekening van de energiebesparing per type landbouw wordt verder gegeven
- Levensende: verwerking van de warmtewisselaar na vervolledigen van diens levensduur
 - Aanname: recyclage van metalen, verbranding andere materialen (plastic)

4.5.2 Opgevraagde gegevens

De verschillende opgevraagde gegevens bij de landbouwer worden in twee opties gedeeld.

- Optie 1 is het meest eenvoudig voor de landbouwer. De landbouwer hoeft enkel één kwantitatief en twee kwalitatieve gegevens te verstrekken:
 - Koelvermogen (kW) van de koelinstallatie
 - Gebruiksfrequentie van warm water (hele jaar door, een paar maanden per jaar, zeldzaam of nooit)
 - ❖ Vermeden fossiele brandstof in geval van nuttig gebruik van verwarmd water
 - Gemiddelde gewenste binnentemperatuur (-10°C, 0°C of 10°C)
- Optie 2 vraagt om één meer gedetailleerd en technisch gegeven maar geeft meer specifieke resultaten:
 - Vermogen waterpomp (kW)

4.5.3 Energiebesparing

De energiebesparing wordt berekend op basis van het temperatuurverschil tussen water dat de warmtewisselaar binnenkomt (15 °C) en het verwarmde water dat de buffervat binnenkomt, met behulp van de volgende vergelijking:

$$E_{recup} = (\rho c_p \dot{m} \Delta T \alpha t - \frac{P_v t}{3600}) RLT$$

Met:

- E_{recup} (J) de totale bespaarde energie
- $\rho = 1000$ (kg/m³) de dichtheid van water (standaardomstandigheden⁷⁹)
- $c_p = 4184$ (J/kg.K) de warmtecapaciteit van water (standaardomstandigheden⁷⁹)
- \dot{m} (m³/h) het waterdebiet door de warmtewisselaar
- ΔT (K) het temperatuurverschil tussen het inkomende en het uitgaande water
- α een correctiefactor op basis van de gebruiksfrequentie van het verwarmde water
- t (h) de jaarlijkse gebruiksduur van de warmtewisselaar
- P_v (W) het waterpompvermogen
- RLT (h) = levensduur van de warmtewisselaar (10 jaar)

⁷⁹ 20°C en atmosferische druk

4.5.3.1 Veronderstellingen

De volgende veronderstellingen werden gehanteerd:

- De fysische eigenschappen (ρ en c_p) van water worden beschouwd onder standaardomstandigheden⁷⁹
- Het waterdebiet (m^3/h) is gebaseerd op het koelvermogen de installatie (zie bijlage).
- Een algemeen temperatuurverschil ΔT van $40^\circ C$ wordt berekend op basis van warm water dat de buffervat binnenkomt bij $55^\circ C$ ⁸⁰ en koud leidingwater bij $15^\circ C$ ⁸¹.
- Een jaarlijkse gebruiksduur van 365 dagen (8 760 uur) per jaar wordt beschouwd en aangepast aan de gebruiksfrequentie van het verwarmde water met een correctiefactor α (zie Tabel 19).
- Indien de landbouwer geen waterpompvermogen levert, wordt een waarde van $P_v = 130 W/m^3/h$ in aanmerking genomen.⁸²

Tabel 19: Aanpassen van het jaarlijks gebruiksduur t op basis van gebruiksfrequentie van het verwarmde water

Gemelde frequentie van het verwarmde water	Correctiefactor α
Hele jaar door	100%
Helft van het jaar	50%
Zeldzaam	0%
Nooit	0%

4.5.4 Broeikasgasemissie

De impact op broeikasgasemissies wordt per levensfase van de LCA besproken.

Bij gebrek aan beschikbare gegevens is de warmtewisselaar uit de studie van Somers et al. (2012)⁷⁶ als referentie gebruikt, samen met een waterpomp van $650 W$ ⁸². Er wordt verondersteld dat het hele systeem (warmtewisselaar + warmtepomp + buizen) $150 kg$ in totaal weegt.

4.5.4.1 Productie

De impact van het energierecuperatie-systeem tijdens productie wordt gemodelleerd met de impact van de warmtewisselaar (4.3) als proxy, deze impact wordt gelinkt aan het vermogen van de waterpomp.

De gemiddelde CO_2 -impact per vermogen waterpomp bedraagt:

$$1.49 \text{ kg } CO_2\text{-eq}/W$$

⁸⁰ Source : « [Récupérateurs de chaleur thermodynamiques](#) », Boostharm, 2012

⁸¹ Jaarlijks gemiddelde temperatuur van leidingwater in België.

⁸² De warmtewisselaar gebruikt door Somers et al. (2012) kan water verwarmen tot een maximaal debiet van $5 m^3/h$. Een waterpomp voor de watertoevoer naar de warmtewisselaar met een maximaal debiet van $5 m^3/h$ heeft een elektrisch vermogen van $0.65 kW$, of $130 W/m^3/h$ (gebaseerd op waterpomp [Grundfos CM53AT](#)).

4.5.4.2 Transport

Een afstand van 1000km per truck wordt aangenomen. De totale impact tijdens dit transport bedraagt dan $1000 \text{ km} \times \text{gewicht warmtewisselaar (t)} \times 0.188^{83} \text{ kg CO}_2\text{-eq./t*km}$.

Voor de warmtewisselaar en de 650 W warmtepomp bekomen we aan een CO₂-impact van:

$$0.043 \text{ kg CO}_2\text{-eq/W.}$$

4.5.4.3 Gebruiksfase

De impact tijdens de gebruiksfase bestaat uit de vermeden broeikasgasemissie van de fossiele brandstof die wordt vervangen:

Totale warmteproductie (kWh) x koolstofintensiteit fossiele brandstof (kg CO₂-eq./kWh).

De coëfficiënt wordt gekozen op basis van de fossiele energie die door de warmtewisselaar wordt vermeden (bv. 0.073 kg CO₂-eq/MJ aardgas), zie Bijlage 1.

4.5.4.4 Levens einde

De impact tijdens verwerking van de warmtewisselaar na het vervullen van de levensduur wordt gemodelleerd met de impact van de warmtewisselaar (4.3) als proxy.

De gemiddelde CO₂-impact per warmtepompvermogen bedraagt:

$$-0.25 \text{ kg CO}_2\text{-eq/W}$$

4.5.5 Voorbeeld van levenscyclusanalyse

Een voorbeeld van levenscyclusanalyse (LCA) is hierna gepresenteerd. De opgevraagde gegevens (volgens Optie 2) zijn de volgende:

- Koelvermogen van de centrale: 5 kW
- Gebruiksfrequentie van warm water: helft van het jaar
- Vermeden fossiele brandstof: aardgas
- Gemiddeld gewenste binnentemperatuur: 0°C
- Vermogen waterpomp: 650 W

Hiermee kunnen de jaarlijkse (vermeden) broeikasgasemissies berekend worden (Tabel 20 & Figuur 10). Een totale energierecuperatie van 224 MWh wordt berekend over de gehele levensduur van de warmtewisselaar (22.4 MWh per jaar).⁸⁴

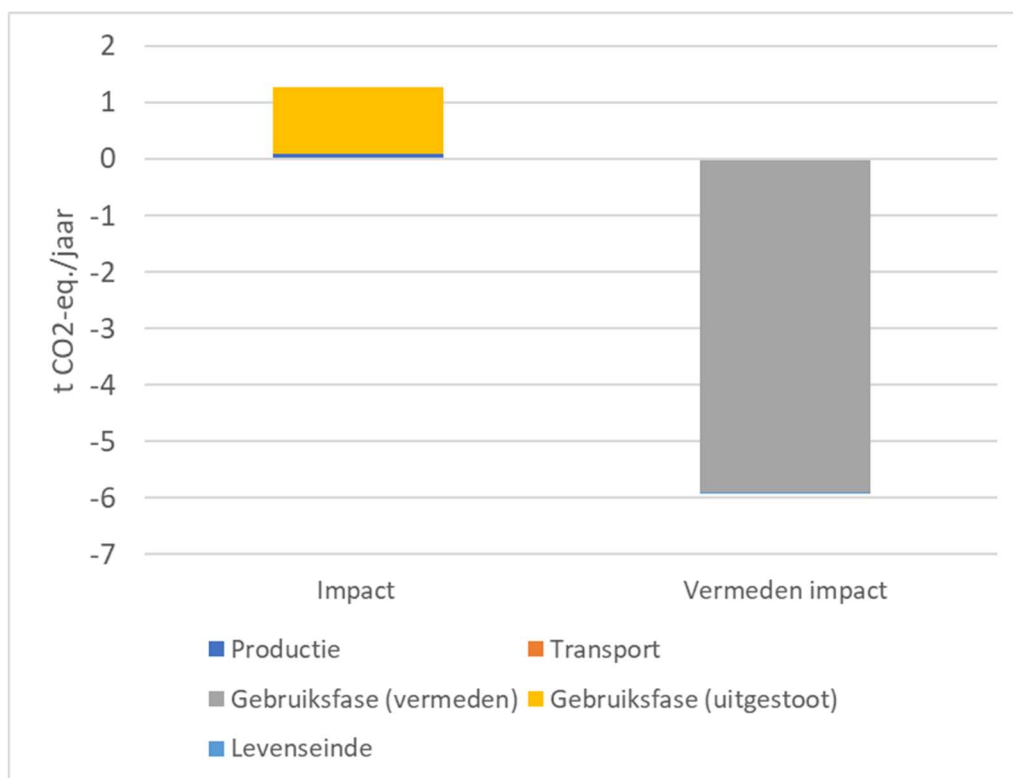
⁸³ LCIA resultaat voor impact categorie Climate change, EF3.1 voor LCI: "Market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5, RER"

⁸⁴ Dit kan opnieuw worden berekend met behulp van het Excel-bestand dat bij dit document is gevoegd.

Tabel 20: Resultaten LCA van de warmtewisselaar bij een koelinstallatie.

Levensfase	Broeikasgasemissie (kg CO ₂ -eq/jaar)	Aandeel tot totale impact ⁸⁵
Productie	97	1%
Transport	3	0%
Gebruiksfase (vermeden)	-5 896	82%
Gebruiksfase (uitgestoot)	1 173	16%
Levenseinde	-16	0%
Totaal LCA	-4 639	100%

De impact tijdens productie, transport en levenseinde zijn insignificant ($\approx 2\%$) ten opzichte van de impact tijdens de gebruiksfase (broeikasgasemissie gelinkt aan elektriciteitsconsumptie en vermeden aardgasconsumptie). Een vereenvoudigde berekeningsmethode waarbij deze drie levensfasen niet berekend worden, kan toegepast worden.



Figuur 10: Jaarlijkse impact broeikasgasemissie (t CO₂-eq./jaar) energierecuperatie bij koelinstallatie

⁸⁵ Berekend op basis van absolute waarden per levenscyclusfase

4.5.6 Technische voorwaarden energiezuinige frigo

Energie labels zijn een eenvoudige manier de energiezuinigheid van elektrische toestellen (zoals een frigo) aan te duiden, op duidelijke manier aan de consument. De EU-wetgeving inzake energie labels en ecologisch ontwerp zal tegen 2030 naar schatting een energiebesparing van ongeveer 230 miljoen ton olie-equivalent (Mtoe) opleveren⁸⁶. Bij zo'n energielabel wordt de energiezuinigheid van een product aangeduid door middel van een vergelijkende schaal van A (meest efficiënt) tot G (minst efficiënt). Ook voor koelsystemen bestaat zo'n energielabel, waarbij de energieklasse wordt berekend op basis van de technische eigenschappen van het product. De energiezuinige koelsystemen die onder dit energielabel vallen, omvatten huishoudelijke koelkasten, diepvriezers en combi-apparaten, wijnbewaarkasten en minibars. In de tuin-/landbouw worden voornamelijk grotere koelsystemen gebruikt, maar de methodologie ter classificering van energiezuinigheid kan hiervoor wel overgenomen worden.

De technische voorwaarden voor energiezuinige koelsystemen zijn afgeleid van de gedelegeerde verordening (EU) 2019/2016 van de Commissie van 11 maart 2019 tot aanvulling van Verordening (EU) 2017/1369 van het Europees Parlement en de Raad met betrekking tot de energie-etikettering van koelapparaten en tot intrekking van Gedelegeerde Verordening (EU) nr. 1060/2010 van de Commissie.⁸⁷

Elk van deze systemen wordt ingedeeld in een "Energie-efficiëntieklasse" van A t.e.m. G of basis van een berekende energie-efficiëntie-index (EEI). Enkel koelsystemen van energie-efficiëntieklasse A (d.w.z. met een EEI ≤ 41%) behoren worden als energiezuinig beschouwd.

De EEI wordt berekend als:

$$EEI = \frac{AE}{SAE}$$

Met:

- AE het jaarlijks energieverbruik (kWh/jaar) van het specifiek te onderzoeken product
- SAE het standaard jaarlijks energieverbruik (kWh/jaar), dit is het jaarlijks elektriciteitsverbruik waartegen producten met dezelfde karakteristieken worden vergeleken

Deze SAE wordt berekend op basis van de volgende vergelijking:

$$SAE = CD \sum_{c=1}^n A_c B_c [V_c V] (N_c + V r_c M_c)$$

Met:

Tabel 21: Parameters ter berekening van SAE

Parameter	Uitleg parameter	Voorbeeld (veronderstelling)
C	Combiparameter (Bijlage IV - Tabel 4)	1 (geen combiapparaat)
D	Deurwarmteverliesfactor (Bijlage IV – Tabel 5)	1 (één deur)
n	Totale aantal compartiment-typen	1 (één compartiment type)

⁸⁶ https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/energy-label-and-ecodesign/about_en

⁸⁷ Deze verordening is [hier](#) beschikbaar.

A_c	Ontdooifactor (<i>Bijlage IV – Tabel 5</i>)	1 (<i>Vrijstaand combiapparaat</i>)
B_c	Inbouwfactor (<i>Bijlage IV – Tabel 5</i>)	1.02 (<i>Ingebouwd apparaat</i>)
V_c	Compartimentvolume	1000 L
V	Volume waarbij $V \leq \sum_{c=1}^n V_c$	1000 L
N_c	Modelleringsparameter (<i>Bijlage IV – Tabel 4</i>)	75 (<i>Vers voedsel</i>)
r_c	Thermodynamische parameter (<i>Bijlage IV – Tabel 4</i>)	1 (<i>Vers voedsel</i>)
M_c	Modelleringsparameter (<i>Bijlage IV – Tabel 4</i>)	0.12 (<i>Vers voedsel</i>)

Als voorbeeld wordt de standaard elektriciteitsconsumptie voor een ijskast met volume van 1000l berekend. De aannames van deze ijskast staan vermeld in Tabel 21.

Met deze aannames wordt volgende elektriciteitsconsumptie berekend:

$$1 \times 1 \times 1 \times 1.02 \times (75 + 1000 \times 1 \times 0.12) = 198.9 \text{ kWh/jaar}$$

Met deze SAE kan er besloten worden dat een frigo met dezelfde karakteristieken zuinig is als diens jaarlijks energieverbruik onder 81.5 kWh/jaar ligt ($\leq 41\%$ SAE).

4.5.7 Bijlagen

4.5.7.1 Waterdebiet (m^3/h) op basis van koelvermogen (kW)

De berekening van het waterdebiet door de warmtewisselaar (m^3/h) uit het koelvermogen van de installatie P_v (kW) is gebaseerd op het werk van Boosterm⁸⁰. Op basis van de in het document verstrekte grafiek kan voor elk koelvermogen een terugwinbaar thermisch vermogen P_t (W) worden gevonden. Na het meten van een aantal punten op de grafiek kan de volgende trendlijn worden gemeten:⁸⁸

$$P_t = 1242.9 P_v + 110.08$$

De hoeveelheid verwarmd water \dot{m} (m^3/u) wordt dan berekend met de volgende vergelijking:

$$\dot{m} = P_t \cdot k \cdot 0.02$$

Met k een waarvan de waarde afhangt van het vermogen P_t (zie Tabel 22).

Tabel 22: Correctiefactor k op basis van verschillende terugwinbare thermische vermogen P_t .

Terugwinbaar thermisch vermogen P_t (W)	Correctiefactor k (-)
$P_t < 10.000$	0.8
$10.000 < P_t < 20.000$	0.85
$20.000 < P_t < 45.000$	0.9
$45.000 < P_t < 70.000$	0.95

⁸⁸ Een binnentemperatuur van 10°C werd gekozen om conservatief te blijven.

4.6 Externe gesloten mestopslag

4.6.1 Algemeen

De externe gesloten mestopslag staat los van een stal of een loods, een sleufsilos of ander bedrijfsgebouw. Er zijn drie types externe gesloten mestopslag die in aanmerking komen voor steun via VLIF: 1) foliebassin, 2) mestsilo en 3) mestzak.

De voornaamste duurzaamheidsaspecten die van belang zijn bij deze investeringsmaatregel, zijn:

- Broeikasgasemissie : emissie van methaan en lachgas uit de mest
- Emissie van ammoniak uit de mest

Vanwege de beperkte hoeveelheid materiaal en de simplistische aard van het materiaal van de opslagsystemen (kunststof/beton), wordt de impact tijdens productie en levenseinde ingeschat als zijnde insignificant ten opzichte van de duurzaamheidsaspecten die hierboven worden vermeld. Deze zullen als gevolg niet worden meegenomen in de berekening.

4.6.1.1 Methaanemissie uit mestopslag

Methaan (CH₄) wordt gevormd door afbraak van organisch materiaal in de mest door micro-organismen onder anaerobe omstandigheden. De emissiefactor voor methaan bij mestopslag wordt als volgt berekend:

$$EF_{CH_4} \text{ (kg CH}_4\text{/t mest)} = ODS \text{ (\%)} \times B_0 \text{ (m}^3\text{ CH}_4\text{/kg ODS)} \times MCF \text{ (\%)} \times 0.622^{89} \text{ kg/m}^3\text{ CH}_4$$

Met:

- ODS (%) : Het gehalte vluchtige bestanddelen in de mest (organisch droge stof)
- B₀ (m³ CH₄/kg ODS) : de bio-degradeerbaarheid van de vluchtige bestanddelen (methaanemissiepotentieel)
- MCF (%) : het aandeel van de biodegradeerbare vluchtige bestanddelen dat effectief wordt omgezet in methaan (methaanconversiefactor)

De ODS en B₀ zijn afhankelijk van diercategorie (runderen, varkens, pluimvee...), terwijl de MCF wordt bepaald door het type mestopslag (en klimaat).

4.6.1.2 Lachgasemissie uit mestopslag

Lachgas (N₂O) wordt door microbiologische activiteit gevormd, via twee belangrijke reacties:

- Nitrificatie : aeroob proces, lachgas wordt uit ammonium (NH₄⁺) gevormd door autotrofe bacteriën
- Denitrificatie : nitriet (NO₂⁻) en nitraat (NO₃⁻) worden gereduceerd tot lachgas, deze reactie is de belangrijkste bron van lachgas

De emissiefactor van lachgas bij mestopslag wordt als volgt berekend:

$$EF_{N_2O} \text{ (kg N}_2\text{O/t mest)} = \text{stikstofinhoud (kg N/t mest)} \times EC \text{ (kg N}_2\text{O-N/ kg N)} \times (44/14)$$

Met:

⁸⁹ Densiteit methaan (CH₄)

- Stikstofinhoud (kg N/t mest): de stikstofinhoud (in verschillende vormen zoals NH₃, NO₃, N als onderdeel van complexe moleculen zoals aminozuren) in de mest, uitgedrukt in kg N per ton mest
- EC (kg N₂O-N/ kg N) : factor die aangeeft hoeveel stikstof vervluchtigd uit de mest, uitgedrukt als stikstof (N₂O-N). Deze is afhankelijk van diercategorie en soort mest (vaste mest / mengmest)
- 44/14: massafactor die wordt toegepast om het gewicht N dat vervluchtigd uit de mest, om te vormen in een gewicht lachgas N₂O (44 & 14 zijn de molaire massa's voor lachgas en stikstof respectievelijk)

4.6.1.3 Ammoniakemissie uit mestopslag

Ammoniak is aanwezig in de mest door enzymatische en microbiële activiteit, en verplaatst in gasvormige toestand vanuit de mest naar het mestoppervlak (via diffusie) waar het kan vervluchtigen naar de vrije luchtstroming (via convectie).

De emissiefactor van lachgas bij mestopslag wordt als volgt berekend:

$$EF_{\text{NH}_3} \text{ (kg NH}_3\text{/t mest)} = \text{stikstofinhoud (kg N/t mest)} \times \text{EC (kg NH}_3\text{-N/ kg N)} \times (17/14)$$

Met:

- Stikstofinhoud (kg N/t mest): de stikstofinhoud (in verschillende vormen zoals NH₃, NO₃, N als onderdeel van complexe moleculen zoals aminozuren) in de mest, uitgedrukt in kg N per ton mest
- EC (kg NH₃-N/ kg N) : factor die aangeeft hoeveel stikstof vervluchtigd uit de mest, uitgedrukt als stikstof (NH₃-N). Deze is afhankelijk van diercategorie en soort mest (vaste mest / mengmest)
- 17/14: massafactor die wordt toegepast om het gewicht N dat vervluchtigd uit de mest, om te vormen in een gewicht ammoniak NH₃ (17 & 14 zijn de molaire massa's voor ammoniak en stikstof respectievelijk)

4.6.2 Opgevraagde gegevens

Volgende gegevens worden opgevraagd bij de veehouder:

- Aantal dieren en diercategorie (of jaarlijkse hoeveelheid mest als dit geweten is)
- Referentiescenario: type mestopslag vòòr toepassen externe gesloten mestopslag

4.6.3 Broeikasgasemissie

Het gebruik van externe mestopslag waarbij de mest wordt afgedekt leidt tot een reductie in de emissie van broeikasgassen (CH₄ & N₂O) uit de mest, ten opzichte van het referentiescenario waarbij de mest wordt gestockeerd zonder afdekking.

4.6.3.1 Methaanemissiereductie

De totale jaarlijkse reductie in methaanemissie (kg CH₄) wordt berekend als volgt:

$$\text{Aantal dieren (\#)} \times \text{gemiddelde jaarlijkse mestproductie per dier (kg/dier*jaar)} \times \text{ODS (\%)} \times B_0 \text{ (m}^3\text{ CH}_4\text{/kg ODS)} \times (\text{MCF}_{\text{ref}} \text{ (\%)} - \text{MCF}_{\text{ext}} \text{ (\%)}) \times 0.622 \text{ kg/m}^3 \text{ CH}_4$$

Met:

- MCF_{ref} (%) : de methaanconversiefactor van de mestopslag in het referentiescenario
- MCF_{ext} (%) : de methaanconversiefactor van de externe mestopslag

De standaardwaarden voor gemiddelde jaarlijkse mestproductie per dier, gehalte vluchtige bestanddelen (ODS) & methaanemissiepotentieel per diercategorie worden geleverd als in de Excel-bijlage.

De standaard methaanconversiefactoren die gehanteerd worden bij deze berekening worden gepresenteerd in onderstaande Tabel 23. Deze waarden zijn afkomstig van de IPCC⁹⁰ guidelines (tabel 10.17). Hierbij worden MCF per type mestopslag en klimaat gepresenteerd. De waarden voor de klimaatzone ‘warm temperate moist’ worden gehanteerd voor Vlaanderen⁹¹.

Tabel 23: methaanconversiefactoren verschillende mestopslagsystemen

Type mestopslag	MCF (%)
Mestopslag referentiescenario	
Mest vermengd met stro (vaste mest)	4%
Vloeibare mest, opgeslagen buiten stal (1 maand)	13%
Vloeibare mest, opgeslagen buiten stal (6 maanden)	37%
Opslag in mestkelder onder dierstallen 1 maand	13%
Opslag in mestkelder onder dierstallen 6 maanden	37%
Externe mestopslag	
Mestzak/mestsilo/foliebassin	4%

In het document van de IPCC is geen specifieke waarde beschikbaar voor gesloten externe mestopslag. Er wordt verder niet gespecificeerd of de opslagsystemen afgedekt zijn of niet, behalve voor het type ‘solid storage – covered’. Dit type wordt als gevolg als proxy genomen voor de gesloten externe mestopslag.

Definitie per type mestopslag:

- Mest vermengd met stro (vaste mest) : de opslag van mest, gewoonlijk voor een periode van enkele maanden, op niet-afgesloten stapels of stapels. De mest is stapelbaar door de aanwezigheid van voldoende strooisel of door vochtverlies door verdamping.

⁹⁰ Emissions from livestock and manure management, 2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, IPCC, 2019, URL: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch10_Livestock.pdf

⁹¹ https://forest.jrc.ec.europa.eu/media/filer_public/d8/69/d869d238-ee77-4295-bf0d-bf54b523c1bf/bel_climate.pdf

- Vloeibare mest, opgeslagen buiten stal: Mest wordt opgeslagen zoals het wordt uitgescheiden of met een minimale toevoeging van water of strooisel in tanks of vijvers buiten de stallen. De mest wordt één of meer keren per kalenderjaar verwijderd en over de velden verspreid.
- Opslag in put onder dierstallen : Verzameling en opslag van mest, gewoonlijk met weinig of geen toegevoegd water, meestal onder een roostervloer in een gesloten stal, gewoonlijk voor perioden van minder dan een jaar. Mest kan meerdere malen per jaar uit de opslag worden gepompt naar een secundaire opslagtank, of worden opgeslagen en rechtstreeks op het land worden gebracht.

4.6.3.2 Lachgasemissiereductie

De emissie van lachgas uit mest dat wordt opgeslagen in externe mestopslag (mestzak/mestsilo/oliebassin) wordt berekend met de vervluchtigingsfactoren die worden gehanteerd in EMAV 3.0 en afkomstig zijn van een studie die rond externe mestopslag in Vlaanderen werd uitgevoerd⁹². De emissies per diercategorie worden aangeleverd in Excel formaat. Volgens deze studie is de invloed van afdekken onduidelijk op de lachgasemissie (er wordt hier gerefereerd naar een andere studie waarin een emissiereductie van 71% tot een emissietoename van 1850% van lachgas door afdekken werd gevonden).

Als gevolg wordt een conservatieve aanname gehanteerd die stelt dat het **gebruik van externe mestopslag niet leidt tot een reductie van lachgas ten opzichte van het referentie-opslagsysteem.**

4.6.4 Ammoniakemissiereductie

De emissie van ammoniak uit mest dat wordt opgeslagen in externe mestopslag (mestzak/mestsilo/oliebassin) wordt berekend met de vervluchtigingsfactoren die worden gehanteerd in EMAV 3.0 en afkomstig zijn van een studie die rond externe mestopslag in Vlaanderen werd uitgevoerd⁹². De emissies per diercategorie worden aangeleverd in Excel formaat.

De vervluchtiging van ammoniak uit mest wordt beïnvloed door verschillende factoren waarbij afdekking bij externe mestopslag een belangrijke factor speelt. Verschillende studies worden gerefereerd waarbij een reductiepercentage door afdekken wordt onderzocht, deze liggen in een range van 50 – 100 % afhankelijk van type mestopslag.

Aangezien er geen onderscheid gemaakt wordt tussen de verschillende externe mestopslagsystemen bij de emissiefactoren van ammoniak, kan er geen reductiepercentage per type mestopslagsysteem gehanteerd worden. Als gevolg wordt één algemeen reductiepercentage voor externe mestopslag gehanteerd: deze bedraagt 80% (gemiddelde reductie bij gebruik mestzak⁹²).

De ammoniakemissiereductie door het toepassen van een afgedekte externe mestopslag ten opzichte van niet-afgedekte mestopslag bedraagt dan:

$$\text{NH3}_{\text{ext}} (\text{kg NH}_3/\text{t mest}) \times [1 / (1-0.8) - 1]$$

⁹² Externe mestopslag: inventarisatie van opslagsystemen en bepaling van ammoniak-, lachgas- en methaanemissies uit deze systemen, LNE Afdeling lucht, hinder, risicobeheer, milieu en gezondheid, 2006

5 Kwalitatieve bespreking VLIF-steun binnen andere beleidsprogramma's

In dit hoofdstuk wordt op kwalitatieve wijze besproken hoe de financiële steun, die binnen het VLIF-kader wordt toegewezen aan de Vlaamse tuin- en landbouwer, past binnen enkele relevante beleidsprogramma's op Vlaams niveau met een focus op één/meerdere duurzaamheidsaspecten waarop de investeringen binnen het VLIF een positieve impact hebben. De link wordt gemaakt tussen de relevante doelstellingen binnen deze beleidsprogramma's en de investeringstypen die hierop een antwoord kunnen bieden.

5.1 Programmatische aanpak stikstof (PAS)

Dit beleidsdocument⁹³ werd opgesteld als ondersteunend middel ter realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen die zijn opgemaakt voor de speciale beschermingszones⁹⁴ (SBZ) die deel uitmaken van het Natura2000 netwerk. De stikstofdepositie binnen deze SBZ moet stelselmatig afgebouwd worden om te verzekeren dat de instandhoudingsdoelstellingen behaald worden.

De tuin- en landbouw is de sector met het grootste aandeel in de totale emissie van stikstof in Vlaanderen; deze is verantwoordelijk voor 11.8% van de NO_x-emissies en 95% van de NH₃-emissies (samen leidt dit tot 58.6% van de stikstof-emissies). Verschillende maatregelen worden naar voren geschoven in het zogenaamde 'G8-emissiereductiescenario', waaronder verschillende maatregelen met toepassing op de tuin- en landbouw (te behalen tegen 2030):

- Stopzetting activiteiten van piekbelasters: deze bedrijven (waaronder veeteeltbedrijven, mestverwerkers) hebben een bijzonder grote impact (>50% impactscore) op de SBZ in hun nabije omgeving. Deze bedrijven worden de zogenaamde 'rode bedrijven' genoemd.
- Bronmaatregelen varkens en pluimvee
 - Emissiereductie van 60% vereist voor niet-AEA stallen
- Bronmaatregelen rundvee
 - Emissiereducties van 25% melkvee, en 28% voor mestkalveren (geen reductievereiste voor vleesvee). Deze reducties zijn geldig op sectoraal niveau.
- Nulbemesting: bemesting wordt niet langer toegestaan op de groene bestemmingen, gelegen binnen een SBZ (in 2019 werd nog zo'n 3 431 ha groene bestemming bemest).
- Mestverwerking: de 20 grootste mestverwerkingsbedrijven zijn verantwoordelijk voor 98% van de totale NH₃-uitstoot van deze sector. Twee van deze 20 bedrijven zijn piekbelasters; voor de overige 18 bedrijven wordt een reductie van 30% tegen 2030 geëist.

Deze maatregelen hebben een duidelijke link met bepaalde investeringstypen die via het VLIF worden gefinancierd, voornamelijk de investeringen in een AEA-stal, luchtwasser of investeringstype van de PAS-lijst. Het financieren van deze investeringstypen zal een rol spelen in het behalen van het G8-scenario, en de financiële last van de investeringen voor de veehouder verkleinen.

⁹³ https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1680159367/PAS_Programmadocument_fjbmw6.pdf

⁹⁴ Speciaal afgebakende zones ter bescherming van bepaalde kwetsbare habitattypes en soorten. De juridische basis hiervan is terug te vinden in 2 Europese richtlijnen: de vogelrichtlijn (1979) en de habitatrichtlijn (1992). Deze geven een zekere mate van bescherming aan deze gebieden: zo moet bv. een milieueffectenrapport uitgevoerd worden wanneer een activiteit negatieve gevolgen zou kunnen hebben voor zo'n SBZ.

De VLIF-steun kan een belangrijke rol spelen bij het behalen van de doelstellingen voor de maatregelen die de emissies aan de bron aanpakken. Voor het behalen van de doelstelling van emissiereductie van 60% bij varkens wordt er vermeld dat dit behaald kan worden via het investeren in AEA-stallen, die VLIF-steun ontvangen, of via het reduceren van het aantal dieren. Via een vrijwillige stopzettingregeling wordt er getracht de Vlaamse varkensstapel met 30% af te bouwen tegen 2030.

De stikstofproblematiek is een lokale problematiek, en eenzelfde veebedrijf zal een andere milieu-impact hebben op locatie A dan op locatie B (met aanname van hetzelfde emissieniveau). Bij het inkrimpen van de varkensstapel moet er dus, in de mate van het mogelijke, rekening gehouden worden met een optimalisatie van de productie en diens milieu-impact. Dit betekent dat de productie zo veel mogelijk gelokaliseerd moet worden in gebieden waar geen noemenswaardige natuur aanwezig is, of waar de aanwezige natuur van het habitatype is met de hoogste weerstand tegen stikstofdepositie.

Kanttekening hierbij: indien de afbouw van de varkensstapel niet gepaard gaat met een verandering in het consumptiepatroon van de Vlaming zal er simpelweg minder varkensvlees geëxporteerd worden naar het buitenland, waar mogelijks de productie zal toenemen terwijl er een laxere wetgeving geldt rond veehouderij en haar impact op de omliggende natuur. Het is daarom aangewezen dat de bijkomende productie dezelfde normen hanteert als in Vlaanderen (voorkomen van problem shifting). Herlokalisatie van de varkensproductie naar het buitenland heeft sowieso geen invloed op de emissie van broeikasgassen (met aanname van dezelfde hoeveelheid emissie op verschillende plaatsen). Het broeikasgaseffect is namelijk een globaal probleem; 1 kg CO₂ uitgestoten in Vlaanderen heeft evenveel impact als 1 kg uitgestoten in Spanje. Er mag dus niet zomaar aangenomen worden dat de afbouw van de Vlaamse varkensstapel zomaar een positieve impact heeft op de broeikasgasemissiereductie (niet op globaal niveau, wel op Vlaams niveau); deze moet gepaard gaan met een verlaagde consumptie van varkensvlees (de jaarlijkse vleesconsumptie neemt af in Europa, maar neemt wel toe op globaal niveau⁹⁵).

5.2 Luchtbeleidsplan 2030

Het luchtbeleidsplan bundelt de Vlaamse doelstellingen omtrent emissies van vervuilende stoffen die tot luchtverontreiniging leiden, met schadelijke gevolgen voor onze gezondheid en het milieu. Luchtverontreiniging is de belangrijkste milieu gerelateerde oorzaak van vroegtijdige sterfte in de Europese Unie en in het Vlaamse gewest. De Europese Commissie raamt de gezondheidskost door luchtvervuiling voor België op meer dan 8 miljard euro per jaar⁹⁶. Het plan focust op verschillende emissies waaronder NO_x, NH₃ en fijn stof. De impact op de emissies van deze pollutanten wordt geanalyseerd voor de relevante investeringstypen.

Er worden doelstellingen geformuleerd op korte, middellange en lange termijn. De verschillende maatregelen die worden opgesteld voor de landbouwsector tegen 2030 (middellange termijn) zijn:

- Elektronisch monitoringssysteem op bestaande en nieuwe luchtwassers in varkensstallen en pluimveestallen: Vlaamse milieu-inspecties hebben aangetoond dat luchtwassers niet altijd correct worden uitgebaat. Verstoppingen, storingen en dergelijke problemen blijven vaak te lang aanslepen door het gebrekkig opvolgen van de luchtwasser. In sommige gevallen blijkt de luchtwasser ook ondergedimensioneerd te zijn, wat leidt tot een te kleine contactoppervlakte. Als gevolg wordt de minimale efficiëntie van 70% vaak niet gehaald, terwijl een dergelijk systeem wel het potentieel heeft verwijderingsrendementen van 95% te behalen.

⁹⁵ <https://vilt.be/nl/nieuws/straks-meer-bossen-dan-velden-in-europa>

⁹⁶ Luchtbeleidsplan 2030

- Nieuwe luchtwassers met een minimale verwijderingsefficiëntie van 80 %: het verhogen van de minimale jaargemiddelde efficiëntie van 70% tot 80% zou leiden tot een vermeden emissie van 190 ton NH₃. Op basis van enkele periodieke evaluaties wordt de minimale efficiëntie stapsgewijs mogelijk verhoogd.
- Uitvoering van het zesde mestactieplan
- Verstrenging voorwaarden voor emissiearme aanwending mengmest: volgens het mestdecreet worden verschillende bemestingstechnieken toegelaten (afhankelijk van of de akker beteeld is of niet). Er wordt nagestreefd het aandeel via mestinjectie (meest efficiënte methode) te verhogen, het gebruik van sleepslangen te beperken op grasland en uitgespreide mest 'zo snel mogelijk' in te werken in plaats van binnen de twee uur.
- Betere voorschriften voor gebruik ureum als kunstmest : van alle kunstmesttypes is de emissiecoëfficiënt van NH₃ het grootst voor ureum (15%). Bij de afbraak van ureum wordt NH₃ en CO₂ gevormd. Als dit aan het bodemoppervlak gebeurt, worden deze afbraakproducten aan de atmosfeer afgegeven. Indien het ureum direct wordt ondergewerkt of geïnjecteerd in de bodem, kan de gevormde NH₃ opgenomen worden onder de vorm van NH₄⁹⁷. De ammoniakale emissie wordt dus gereduceerd, en het vermestend vermogen van ureum wordt optimaler benut.

Een specifieke investering waarop wordt gefocust in het luchtbeleidsplan is het toepassen van luchtwassers (relevant voor varkens- en pluimveebedrijven), en het huidige suboptimale verwijderingsrendement dat wordt gehaald vanwege slechte technische opvolging, onderdimensionering en mogelijk zelfs fraude. Daarom wordt elke nieuwe luchtwasser standaard verplicht uitgerust met een monitoringssysteem om na te gaan of de luchtwasser wel effectief aanstaat, en elke bestaande luchtwasser moet tegen eind 2025 uitgerust zijn met zo'n monitoringssysteem. Dit monitoringssysteem meet enkel of de luchtwasser aanstaat en is dus geen indicatie voor een goede werking (hoog verwijderingsefficiëntie) ervan. Om de doelstellingen van het luchtbeleidsplan te behalen, kan er gedacht worden aan additionele voorwaarden zoals een indicatie dat de luchtwasser correct gedimensioneerd is, een jaarlijks onderhoud uitgevoerd door een extern bedrijf (opvolgbaar), het toepassen van continue metingen van de emissies aan de luchtwasser (er wordt momenteel onderzoek gedaan naar systemen voor zulke continue monitoring, dit is tot op heden nog niet beschikbaar).

In de subsidiale investeringslijst van de VLIF-steun is er één investeringscode beschikbaar voor het toepassen van efficiëntere bemestingstechnieken, waarvoor een steunniveau van 30% geldt vanwege de emissiereductie van NH₃, NO_x en fijn stof. Het luchtbeleidsplan geeft aan dat het toepassen van deze technieken een relevante bijdrage kunnen leveren tot het reduceren van de sectorale stikstof-emissies. Voor deze investeringscode is er momenteel geen methodologie beschikbaar, het is aangeraden ook hiervoor een methodologie op te stellen en verder onderzoek uit te voeren of er bepaalde bemestingstechnieken een groter voordeel bieden dan anderen en als gevolg meer steun zouden kunnen ontvangen. De emissiefactoren van de verschillende stikstofpolluenten voor verschillende bemestingstechnieken zijn terug te vinden in "Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2019, WUR, 2021"⁹⁸.

⁹⁷ Framework code for good agricultural practice for reducing ammonia emissions, UNECE, 2015 (https://unece.org/sites/default/files/2021-06/Ammonia_SR136_28-4_HR_0.pdf)

⁹⁸ <https://edepot.wur.nl/544296>

5.3 Vlaams Energie- en Klimaatplan (VEKP)

Dit plan vormt een belangrijke basis voor het Vlaamse energie- en klimaatbeleid tussen 2021-2030. Een van de voornaamste doelstellingen is het behalen van een broeikasgasemissiereductie van 35% in 2030 tegenover het referentieniveau in 2005. In 2021 werd de ambitie zelfs nog naar boven opgeschroefd door bijkomende maatregelen toe te voegen die moeten leiden tot een totale emissiereductie van 40% tegen 2030.

Verscheidene maatregelen worden naar voren geschoven om de emissies in de landbouw te reduceren:

- Maatregelen met betrekking tot dierlijke productie
 - Verlagen van de enterische emissies van methaan bij rundvee via het optimaliseren van voederrantsoen. In 2019 werd hiervoor een convenant 'enterische emissies rundvee' opgesteld, waarin doelstellingen rond reductiepercentages zijn opgenomen.
 - Verlagen van emissies bij mestopslag en mestmanagement: verschillende technieken worden hierbij genoemd zoals vergisting van rund-/varkensmest, externe mestopslag, composteren van vaste mest of van de dikke fractie na scheiding, toepassen van smart farming/precisiebemesting
- Maatregelen met betrekking tot plantaardige productie
 - Verhoogde stikstofefficiëntie moet leiden tot minder emissies naar het leefmilieu zoals de emissie van lachgas (sterk broeikasgas)
 - Sluiten van kringlopen en valoriseren van nevenstromen: een voorbeeld hierbij is de vergisting van mest waarbij niet enkel energie wordt gewonnen uit de mest, maar ook een digestaat dat toegepast kan worden als natuurlijke meststof en zo de nutriënten aanwezig in de mest kan terugbrengen naar de bodem.

Verder wordt er in het VEKP veel aandacht geschonken aan de LULUCF sector en de opslag van koolstof in de bodem. Hier speelt de landbouw natuurlijk ook een grote rol, met een grote potentie voor het verhogen van de koolstofconcentratie in landbouwgrond door toepassen van bepaalde landbouwtechnieken: aanpassen van bodembewerking, teeltrotaties, inwerken van gewasresten, extensiveren van het beheer, vernatten van grasland, aanbrengen van kleine landschapselementen en bufferstroken...

Andere technieken zijn eerder te mijden want ze lijden tot een verlaging van de koolstofconcentratie in de bodem: scheuren en vernieuwen van grasland, draineren natte gebieden, te intensieve landbouw. Bovendien is de emissiereductie van broeikasgassen door opslag van koolstof in de bodem niet het enige voordeel ervan, het zorgt ook voor een hogere waterretentie (een positief gegeven bij de huidige droogteproblematiek) en vermindert de kans op erosie.

In het VEKP wordt geen te behalen reductieniveau vermeld voor de enterische methaanemissies, het convenant engageert zich wel om een reductieniveau van 19% te behalen in 2030 ten opzichte van 2005. Door het aanpassen van de voeding (bv. bierdrاف-koolzaadschroot, koolzaadvet...) wordt getracht deze reductie te behalen. Vanuit het DLV wordt financiële steun⁹⁹ geleverd aan veehouders die deze aangepaste voeding aan hun runderen geven, deze steun maakt wel geen deel uit van het VLIF.

De andere maatregelen in het VEKP die moeten leiden tot broeikasgasemissie hebben voornamelijk betrekking tot het beheer/opslag van mest en een efficiëntere opname van stikstof door teeltgewassen (teeltrotatie, aangepaste gewassen, reductie kunstmest). Er zijn maar een beperkt

⁹⁹ https://rundveeloket.be/sites/default/files/inline-files/voedermanagement_-_versie_29032022.pdf

aantal investeringstypen opgenomen in de subsidiale lijst van het VLIF die gerelateerd zijn aan de oplossingen die vermeld worden bij de maatregelen in het VEPK. Anderzijds zijn er wel veel investeringstypen ter reductie van de energetische emissies in de tuin- en landbouw die VLIF-steun ontvangen. Deze steun helpt bij tot het behalen van de doelstellingen in het VEPK, ook al worden zulke maatregelen er niet expliciet in vermeld. Vanaf 2023 worden er hogere steunpercentages voorzien voor energiereducerende investeringen (bv. tweede energiescherm, warmtewisselaar...) en voor de pocketvergister. Deze laatste wordt vermeld in het VEKP als een interessante maatregel ter reductie van emissies uit dierlijk mest. Een steunniveau van 30% wordt voorzien voor investeringen in 'precisielandbouw'; deze kunnen leiden tot een meer optimale bemesting met minder emissies als gevolg. Ook mestinjectietechnieken kunnen steun via het VLIF krijgen, maar deze worden geclassificeerd onder het type investering dat leidt tot een reductie van de N-emissies waarvoor een steunniveau van 30% geldt. In het geval van jonge landbouwers komt hier wel steeds 10% steun bovenop.

6 Algemene beoordeling

6.1 Duurzaamheidsaspecten die aan bod komen in VLIF

De investeringen die gesteund worden door het VLIF hebben elk als doel de duurzaamheid van het bedrijf te verhogen. De verschillende investeringstypen die onder het VLIF vallen, worden geclassificeerd volgens een typologie die aangeeft op welk duurzaamheidsaspect de investering een impact heeft. Het steunniveau wordt vastgelegd per type, bv. investeringen in energiebesparing ontvangen tot 40% steun, investeringen die de waterkwaliteit moeten verbeteren ontvangen tot 40%, investeringen die emissies van NH₃, NO_x en fijn stof doen afnemen ontvangen 40% met telkens 10% bijkomende steun voor jonge landbouwers.

Zoals eerder vermeld worden de investeringstypen onderverdeeld volgens typologie van het duurzaamheidsaspect waarop de investering een impact heeft, naargelang het type wordt het steunniveau voor de investering bepaald. Er zijn ook investeringen die transversaal zijn, en een positieve impact hebben op meerdere duurzaamheidsaspecten. Hoe moet hiermee omgegaan worden? Een mogelijkheid is om een apart (hoger) steunniveau te creëren voor de investeringen die een positieve impact kunnen aantonen op minstens 2 of 3 duurzaamheidsaspecten. Met de verschillende beleidsplannen besproken in het vorige hoofdstuk indachtig, lijkt het relevant een verhoogd steunniveau te beiden aan investeringen die een duidelijk positieve impact hebben op een combinatie van volgende duurzaamheidsaspecten: broeikasgasemissiereductie, emissiereductie van stikstofpolluenten en fijn stof, verhoogde waterkwaliteit en -kwantiteit, en biodiversiteit.

6.2 Methodologie ter berekening van de duurzaamheidsaspecten

Bij het opstellen van de methodologie ter berekening van de duurzaamheidsaspecten van de verschillende geanalyseerde investeringstypen wordt er een trade-off gemaakt tussen de nauwkeurigheid van de resultaten en de administratieve last voor de tuin- en landbouwers. Het aantal opgevraagde gegevens wordt beperkt met gebruik van standaardwaarden waar mogelijk. Bovendien wordt erop gelet dat de gegevens die worden opgevraagd, niet te technisch van aard zijn. Deze beperkingen rond de opgevraagde gegevens moet leiden tot een grotere responsgraad, en minder fouten in de ingediende dossiers.

Vanwege deze trade-off is de methodologie, en dus de berekeningen, inherent gelimiteerd. Voor een algemene inschatting op Vlaams niveau van de grootteorde van de impact op de verschillende onderzochte duurzaamheidsaspecten (energiebesparing, broeikasgasemissie...) ten gevolge van de geleverde steun aan de Vlaamse tuin- en landbouwers, volstaat deze aanpak. Het kan wel aangeraden zijn, na te gaan welke investeringstypen de grootste bijdrage leveren tot de totale impact en hiervoor de methodologie uit te breiden. Dit kan op verschillende manieren geïnterpreteerd worden:

- Afstappen van het concept het aantal (technische) gegevens te limiteren en een diepere analyse hanteren waarbij niet met standaardwaarden wordt gewerkt.
- De methodologie uitbreiden met een berekening voor andere relevante duurzaamheidsaspecten (dit kan breder gaan dan enkel milieu-impact en ook de sociale aspecten kunnen bekeken worden, zoals bv. een bijkomende jobcreatie door het bouwen/onderhouden van pocketvergisters).

6.3 Limieten methodologie

De grote limiet die inherent is aan de methodologie (trade-off tussen nauwkeurigheid en aantal opgevraagde gegevens) wordt hierboven al besproken, dus wordt niet opnieuw in dit deel aangehaald. Enkele andere limieten worden kort besproken:

- Potentiële vs. reële impact : de huidige berekeningen leiden vaak tot een potentiële impact, maar zijn in feite sterk afhankelijk van het goed gebruik en onderhoud van de investering. Daarom mag het uitvoeren van deze berekeningen niet het eindpunt zijn van de verduurzaming van de Vlaamse tuin- en landbouwsector, maar moet er voldoende ondersteuning geboden en controle uitgevoerd worden om te verzekeren dat de verduurzaming niet enkel op papier behaald wordt. Enkele concrete voorbeelden:
 - Luchtwassers : deze toestellen kunnen significant de emissie van NH₃ doen reduceren, maar de range op de uiteindelijke reductie is zeer groot en afhankelijk van een goed onderhoud. Een monitoringsysteem dat op continue wijze deze emissies meet, laat toe na te gaan of de luchtwasser optimaal presteert of niet. Het verder ontwikkelen en toepassen van zo'n monitoring kan de positieve impact van luchtwassers verder optimaliseren.
 - Klimaatcomputer: de ware impact van een klimaatcomputer is sterk afhankelijk van het goed gebruik ervan en de eigenschappen van de serre waarin deze wordt geplaatst. Daarmee is de huidige methodologie ook zeer beperkt, en wordt een simpele inschatting van het reductiepercentage gehanteerd ter berekening van de energiebesparing. Voldoende technische ondersteuning voor de gebruikers zal mede ervoor zorgen dat deze reductie behaald wordt, of zelfs overtroffen wordt.
 - Pocketvergister: indien de pocketvergister wordt 'overvoed', zal er teveel biogas geproduceerd worden dan de installatie aankan. Dit leidt tot het openen van het veiligheidsventiel waarlangs het overtollige gas ontsnapt tot de overdruk terug gereduceerd wordt tot de limietdruk (dus een emissie van het broeikasgas methaan naar de atmosfeer). Dit probleem kan grotendeels vermeden worden door een juiste dimensionering van de installatie (dus tijdens de bouwfase), maar ook tijdens de uitbating ervan is het belangrijk dat de landbouwer goede kennis van zaken heeft en op de hoogte is van de potentiële milieu-impacten van het overvloedig voeden van de vergistingsinstallatie (zie ook verder bij aanbevelingen).

- Biodiversiteit: In de huidige methodologie wordt geen aandacht gespendeerd aan de (vermeden) impact op biodiversiteit, met andere woorden het ontbreken van een methodologie ter berekening van de impact op biodiversiteit voor de investeringstypen met een bestaande methodologie. Zeker de investeringstypen die leiden tot verminderde emissies van stikstof- en fosforpolluenten kunnen mogelijks een positieve impact hebben op de lokale biodiversiteit. Het is wel belangrijk op te merken dat met de huidige kennis omtrent biodiversiteit¹⁰⁰ en de intrinsieke limiet (trade-off nauwkeurigheid en administratieve last) van de methodologie het zeer moeilijk zal zijn hiervoor een kwantitatieve analyse op te stellen die algemeen toegepast kan worden; om een juiste beoordeling te kunnen maken zou per landbouwbedrijf geweten moeten zijn welke natuurgebieden in de buurt liggen, de afstand tot deze natuurgebieden met inschatting van depositie van de polluenten in deze natuurgebieden (afhankelijk van dominante windrichting), het habitatype per natuurgebied (heide, bos, grasland...), de huidige status van het natuurgebied,... Vanwege de relevantie van de investeringstypen als (gedeeltelijke) oplossing voor het biodiversiteitsverlies in Vlaanderen (voor een significant deel ook te wijten aan de landbouw in de eerste plaats), lijkt meer wetenschappelijk onderzoek naar en bijkomende studies ter modellering van de impact op biodiversiteit een noodzaak. Dit ook met bepaalde doelstellingen opgelegd vanuit Europese richtlijnen indachtig.
- Dubbeltelling/synergie investeringstypen: in de huidige methodologie worden de verschillende investeringstypen apart van elkaar bekeken, terwijl het mogelijk is dat het uiteindelijke resultaat van meerdere investeringstypen die op een bedrijf worden toegepast niet gelijk is aan de som van alle aparte delen. Bepaalde investeringen zijn dan ook intrinsiek gelinkt aan andere aspecten van het tuin- of landbouwbedrijf, waardoor een complete analyse van de impact van de investering een bijna complete analyse van het bedrijf zelf vraagt. Twee voorbeelden hiervan, waarvoor een methodologie ter berekening van de duurzaamheidsaspecten bestaat, zijn: ventilatie en pocketvergisting.

6.4 Aanbevelingen

- Conversiefactoren broeikasgassen: de kennis rond de sterkte (omvorming naar x kg CO₂-eq.) van de verschillende relevante broeikasgassen (hier voornamelijk CH₄ en N₂O) is voortschrijdend en dus wordt aanbevolen de conversiefactoren periodisch aan te passen. Een optie hiervoor is het volgen van de factoren die worden gehanteerd volgens de PEF-methodologie, die wordt opgemaakt en aanbevolen door de Europese Commissie bij het uitvoeren van milieu-impact analyses.
- Bijkomende criteria voor het verlenen van financiële steun: de uiteindelijke reële impact van verschillende investeringstypen wordt gedeeltelijk bepaald door bepaalde eigenschappen (technische eigenschappen van de installatie, of juiste opvolging tijdens het gebruik) die toegevoegd kunnen worden als voorwaarde ter ontvangen van de VLIF-steun om te verzekeren dat de ingeschatte positieve impact op de relevante duurzaamheidsaspecten ook daadwerkelijk behaald worden. De tabel hieronder geeft enkele voorwaarden die opgenomen kunnen worden voor de VLIF-steun.

¹⁰⁰ Zo is er bijvoorbeeld binnen de PEF-methodologie geen impact categorie die op kwantitatieve manier de impact op biodiversiteit kan aangeven, aangezien dit een complex gegeven is

Tabel 24: Investeringstypen en de potentiële voorwaarden die opgenomen kunnen worden voor VLIF-steun

Investeringstype	Voorwaarde
Pocketvergister ¹⁰¹	<p><u>Installeren fakkel</u>: wanneer de reactor wordt overvoed, zal dit leiden tot een overvloedige productie van biogas in de reactor. Om te voorkomen dat de reactor scheurt, is een veiligheidsventiel geïnstalleerd dat opent bij vanaf een bepaalde overdruk. Het overtollige biogas ontsnapt naar de atmosfeer. Door het installeren van een fakkel wordt het methaan in het biogas verbrandt tot CO₂ alvorens het wordt geëmitteerd naar de atmosfeer.</p> <p><u>Jaarlijkse IR gaslekdetectie</u>: lekken (membranen, liners...) komen vaak voor bij een biogasreactor, door middel van een jaarlijkse controle kan er opgevolgd worden welke delen van de reactor vervangen moeten worden om de lekken te minimaliseren.</p> <p><u>Minimale retentietijd</u>: indien de minimale verblijftijd van 30 dagen niet wordt gerespecteerd, wordt het biogaspotentieel van de voeding niet voldoende benut en blijft een aandeel methaan achter in het digestaat dat de kans krijgt te ontsnappen naar de atmosfeer tijdens opslag ervan (zeker wanneer dit een onbedekte opslag is).</p>
Warmtepomp	<p><u>Keuze koelvloeistof</u>: tijdens installatie en gebruik van de warmtepomp zijn ongewenste emissies van de koelvloeistof mogelijk. Deze koelvloeistoffen hebben ook een broeikaseffect, en hebben vaak een gigantische broeikasgassterkte. Zo heeft bv. R134a (een veel voorkomend koelvloeistof) een broeikasgassterkte van 1430 kg CO₂-eq.¹⁰² De keuze van koelvloeistof kan opgenomen worden als voorwaarde, enkel de producten die gebruik maken van de minst schadelijke koelvloeistoffen zouden dan in aanmerking komen voor de VLIF-steun.</p>
Windmolen	<p><u>Minimale gemiddelde windsnelheid</u>: de windkaarten van Vlaanderen geven de gemiddelde jaarlijkse windsnelheid (m/s) aan op een bepaalde hoogte. Deze kaarten zijn een goede indicatie om de beste locaties voor het installeren van een windmolen te selecteren. Het is mogelijk relevant om de VLIF-steun enkel beschikbaar te maken wanneer een minimale jaarlijkse gemiddelde windsnelheid (bv. 4 m/s) wordt behaald om te verzekeren dat de VLIF-steun op de meest efficiënte (milieu-impact/euro steun) manier wordt uitgedeeld. Wanneer de minimale windsnelheid niet wordt behaald (op basis van de Vlaamse windkaarten), moet een meer specifieke scan van de gemiddelde windsnelheid op het landbouwbedrijf wel het potentieel hebben om deze beslissing om te keren.</p>
Warmtewisselaar	<p><u>Periodisch onderhoud</u>: De efficiëntie van de warmtewisselaar kan afnemen met de tijd door opbouw van een stoflaag op de oppervlakte waarlangs de warmteoverdracht gebeurt. Door het periodisch verwijderen van deze stoflaag wordt verzekerd dat de efficiëntie van de warmtewisselaar behouden blijft.</p>

¹⁰¹ Voorwaarden op basis van voorgestelde maatregelen in het rapport “onderzoeksrapport pocket power, Inagro & UGent”

¹⁰² <http://www.installinfo.nl/wp-content/uploads/GWP-waardentabel-Westfalen.pdf>

<p>Investeringstypen die leiden tot warmteproductie/recuperatie</p>	<p><u>Minimale consumptie/afname van gerecupereerde warmte:</u> verschillende investeringstypen (pocketvergisting, energierecuperatie bij frigo's) leiden tot de productie/recuperatie van warmte. Het is ongeweten of deze warmte ook daadwerkelijk nuttig gebruikt wordt nadien, of verloren gaat. Een minimaal nuttig gebruik ervan (bv. door gebruik on-site, of afgifte aan een warmtenet, of een direct verbinding met een afnemer van de warmte) kan als voorwaarde opgenomen worden voor het ontvangen van de VLIF-steun.</p>
---	---

- Randvoorwaarden: sommige investeringstypen zorgen duidelijk tot een positieve impact op de duurzaamheid van het tuin- of landbouwbedrijf, toch wordt de omschakeling niet altijd zomaar gemaakt: er zijn andere randvoorwaarden die van belang zijn. Het kan relevant zijn deze op te sommen om alvast mee te geven aan beleidsmakers welke barrières bestaan en of er mogelijkheden zijn deze weg te nemen.
 - Energieprijs: het gebruik van een warmtepomp kan de consumptie van fossiele brandstoffen reduceren door aan de thermische energievraag te voorzien, met enkel een elektriciteitsconsumptie. Een groot deel van de energie wordt uit de omgeving (lucht of water afhankelijk van type warmtepomp) gehaald, maar toch zal het gebruik van een warmtepomp nog leiden tot een grote elektriciteitsconsumptie. Een volatiele prijs van de elektriciteit kan tuin- en landbouwers doen afschrikken en leiden tot minder investeringen. Andersom leidt een stijgende prijs van fossiele brandstoffen (gasprijs) ervoor dat de warmtepomp interessanter wordt, uiteindelijk zal de rentabiliteit van de warmtepomp sterk afhangen van de prijsevolutie van deze twee energiebronnen (elektriciteit en fossiele brandstof).
 - Voldoende sterk elektriciteitsnet: indien er meer en meer een overschakeling wordt gemaakt naar enkel een elektriciteitsconsumptie (zoals het punt hierboven met de warmtepomp), moet er zekerheid zijn dat het elektriciteitsnet overal voldoende sterk is om te voldoen aan deze stijgende vraag. Het aanleggen van een nieuwe hoogspanningslijn kan makkelijk veel langer duren dan origineel gedacht door de oppositie van burgers en gemeenten waardoor de nieuwe lijn zou lopen (denk aan het Ventilus-project in West-Vlaanderen). Investerings die zorgen voor een hogere energie-efficiëntie of het decentraal opwekken van elektriciteit zijn manieren om de druk op het elektriciteitsnet te reduceren.
 - Onzekerheid over levensduur LED-belichting: in serres worden de huidige HPS-lampen meer en meer vervangen door LED-belichting aangezien deze een hogere energie-efficiëntie vertonen, wat leidt tot een lagere elektriciteitsconsumptie. Toch wordt de overstap niet zomaar gemaakt, aangezien deze technologie relatief nieuw is en er te veel onzekerheid bestaat over de ware levensduur van deze producten. Typisch wordt een levensduur van 10-15 jaar geclaimd door producenten op basis van labotest, maar deze levensduur is nog niet voldoende bewezen in ware omstandigheden. Als gevolg is het lastig een economische balans op te maken van zo'n investering, met onzekerheid of de balans uiteindelijk negatief of positief uitdraait. Bovendien is de prijs van LED-lampen het voorbije decennium niet zo sterk gedaald als men oorspronkelijk had ingeschat.
 - Burgeroppositie tegen windmolens: een tuin- of landbouwbedrijf dat wenst een kleine/middelgrote windmolen aan te leggen, kan stuiten op burgeroppositie die vrezen overlast te ondervinden van de slagschaduw of vinden dat de windmolen het visueel karakter van het landschap schaden. Meer draagkracht moet gecreëerd worden bij de burgers om te voorkomen dat zulke aanvragen vertraging oplopen of geweigerd worden.

- Voldoende aanbod producten: enkele investeringstypen zijn voor hun productie ervan sterk afhankelijk van bepaalde onderdelen die de komende jaren wel eens het doelwit kunnen worden van geopolitieke worstelingen. Zo bevatten de magneten in windmolens het element Neodymium dat voornamelijk in China wordt geproduceerd¹⁰³, chipsfabrikanten zijn de voorbije jaren ook af en toe in het nieuws gekomen vanwege een stopgezette productie, een belangrijke producent van warmtepompen is onlangs in overgenomen door een Amerikaans bedrijf¹⁰⁴.
- Op basis van de kwalitatieve bespreking (hoofdstuk 5) van de relevantie van VLIF-steun binnen Vlaamse beleidsplannen wordt een lijst van investeringstypen voorgesteld waarvoor het opstellen van een methodologie voorrang zou moeten krijgen:
 - Mestinjecteur en andere emissiearme mestspreadingstechnieken : relevant binnen het luchtbeleidsplan en VEKP vanwege de mogelijkheid de emissie van broeikasgassen en stikstofpolluenten te verminderen.
 - Precisielandbouw: investeringen die leiden tot een meer efficiënte bemesting
 - Mestscheider: het scheiden van mengmest in een dikke en dunne fractie leidt tot een reductie van de ammoniakemissies.

6.5 Emissiefactoren AEA-stallen

De laatste versie van de emissiefactoren voor de emissies van CH₄, N₂O, NH₃, PM_{2.5}, PM₁₀ en geuremissies wordt gehanteerd bij het inschatten van de emissies per type aea-stal. Per mail werd contact opgenomen met de relevante personen ter bevestiging dat dit inderdaad de meest up-to-date emissiefactoren zijn. Er wordt meegedeeld dat het ILVO momenteel in opdracht van beleidsdomein Omgeving een nieuwe studie uitvoert rond dit thema, en het deelrapport rond vleeskippen (op moment van schrijven) bijna afgerond is.

Een uitgebreide evaluatie van de emissiefactoren voor ammoniak, fijn stof en geur woerd reeds uitgevoerd door ILVO¹⁰⁵. Enkele relevante conclusies uit dit rapport:

- Uit een vergelijking met andere landen blijkt dat er slechts één land is waar de AEA-stalsystemen vergelijkbaar zijn met deze in Vlaanderen, namelijk Nederland. Enkel vanuit Nederland kunnen dus emissiefactoren overgenomen worden indien er specifieke emissiefactoren voor Vlaanderen ontbreken.
- Door aanhoudende veranderingen in stallenbouw en management is er blijvende nood aan actualisatie van emissiefactoren op basis van metingen. Sommige huidige emissiefactoren zijn ook gebaseerd op een zeer beperkt aantal metingen, en verdienen een actualisatie.
 - Klachten van geuroverlast uit pluimveestallen doen vermoeden dat de emissiefactoren van geur voor deze diercategorie geactualiseerd moeten worden.
 - Meetcampagnes meten grote variaties in de emissiereducties in biobedden en luchtwassers voor ammoniak en geur. Meer onderzoek naar optimale werking, en technische ondersteuning voor de veehouder zijn nodig om een hoger verwijderingsrendement te halen.

¹⁰³ <https://www.acs.org/greenchemistry/research-innovation/endangered-elements/neodymium.html>

¹⁰⁴ https://www.standaard.be/cnt/dmf20230427_94582432

¹⁰⁵ Evaluatie van de emissiefactoren voor ammoniak, geur en fijn stof zoals opgenomen in het MER Richtlijnenboek Landbouwdieren 2018, ILVO

Lijst van tabellen

Tabel 1: beoordeling reductiepercentage per type energiescherm	14
Tabel 2: beoordeling reductiepercentage per type glas	15
Tabel 3: Gemiddelde melkproductie (L/dier/jaar) voor drie verschillende melkdieren.	18
Tabel 4: Aanpassen van het jaarlijks gebruiksduur t op basis van gebruiksfrequentie van het verwarmde water	19
Tabel 5: Energieverbruik ventilatie per diercategorie en type ventilatie	21
Tabel 6: productie bruikbare warmte per score collectorlabel	22
Tabel 7: Resultaten LCA warmtepomp.....	40
Tabel 8: default waarden voor t heating & t cooling	41
Tabel 9: Modellering EoL warmtepomp.....	42
Tabel 10: Gemiddelde jaarlijkse windsnelheid (m/s) per ashoogte en Vlaamse provincie	45
Tabel 11: Jaarlijkse elektriciteitsproductie bij nominaal vermogen tussen 1-5 kW.....	45
Tabel 12: Jaarlijkse elektriciteitsproductie bij nominaal vermogen tussen 10-72 kW.....	46
Tabel 13: Jaarlijkse elektriciteitsproductie bij nominaal vermogen tussen 100-300 kW.....	46
Tabel 14: Parameters ter berekening energiebesparing voor verschillende landbouwen. ⁵²	50
Tabel 15: Parameters ter berekening energiebesparing voor kassen en loodsen.....	51
Tabel 16: Resultaten voor LCA van de warmtewisselaar ECO800-6 (Vencomatic Group).....	53
Tabel 17: Gemiddelde binnentemperatuur voor verschillende diercategorieën	54
Tabel 18: Standaard energieverbruik belichting (kWh/m ²) per type gewas.....	56
Tabel 19: Aanpassen van het jaarlijks gebruiksduur t op basis van gebruiksfrequentie van het verwarmde water	60
Tabel 20: Resultaten LCA van de warmtewisselaar bij een koelinstallatie.	62
Tabel 21: Parameters ter berekening van SAE	63
Tabel 22: Correctiefactor k op basis van verschillende terugwinbare thermische vermogen Pt.	64
Tabel 23: methaanconversiefactoren verschillende mestopslagsystemen	67
Tabel 24: Investeringstypen en de potentiële voorwaarden die opgenomen kunnen worden voor VLIF-steun.....	77
Tabel 25: Emissiefactoren fossiele brandstoffen	83
Tabel 26: Emissiefactoren biobrandstoffen	83
Tabel 27: Emissiefactoren elektriciteit.....	84
Tabel 28: Rendement per verwarmingsinstallatie (ketel).....	84
Tabel 29: (biogas) ODS per mesttype.....	85
Tabel 30: methaangehalte (%) in biogas per mesttype	85
Tabel 31: elektrische en thermisch rendement per WKK-unit.....	86

Tabel 32: DS per mesttype	86
Tabel 33: Windmolenmodellen	87

Lijst van figuren

Figuur 1: Scope van de methodologie voor pocketvergister	24
Figuur 2: Jaarlijkse impact broeikasgasemissie (t CO ₂ -eq./jaar) warmtepomp.....	41
Figuur 3: Power curve van een windmolen.....	43
Figuur 4: Windkaart Vlaanderen op ashoogte 20m	44
Figuur 5: Schematische voorstelling van een kruisstroomwarmtewisselaar.....	47
Figuur 6: Voorbeeld van warmtewisselaar voor pluimveehouderij met links de warme lucht die de wisselaar binnenkomt en rechts de warmtewisselaar.....	48
Figuur 7: Jaarlijkse impact broeikasgasemissie (t CO ₂ -eq./jaar) warmtewisselaar	53
Figuur 8: Schematische voorstelling van een koelinstallatie	58
Figuur 9: Schematische voorstelling van een warmterecuperatiesysteem bij een koelinstallatie.....	58
Figuur 10: Jaarlijkse impact broeikasgasemissie (t CO ₂ -eq./jaar) energierecuperatie bij koelinstallatie	62
Figuur 12: Voorbeeld technische fiche warmtepomp.....	89

Bijlagen

Bijlage 1. Emissiefactoren energie

De gehanteerde bronnen voor deze emissiefactoren zijn terug te vinden in de Excel.

Tabel 25: Emissiefactoren fossiele brandstoffen

Brandstof	Broeikasgasemissie volledige levenscyclus	Broeikasgasemissie verbranding	Emissie PM < 2.5 μm	Emissie PM > 2.5 μm & < 10 μm	Emissie PM > 10 μm	Emissie NOx
	kg CO2-eq./MJ	kg CO2-eq./MJ	kg/MJ	kg/MJ	kg/MJ	kg/MJ
Aardgas	0.073	0.053	9.50E-08	NA	NA	1.38E-05
Bruinkool	0.136	0.091	1.998E-05	3.996E-05	1.399E-04	9.990E-05
Kolen	0.132	0.095	5.000E-06	1.000E-05	3.497E-05	6.000E-05
Lamp-petroleum	0.084	0.067	NA	NA	NA	NA
Lichte stookolie	0.088	0.074	5.011E-07	NA	NA	2.756E-05
Propana/butaan	0.083	0.065	2.0026E-07	NA	NA	2.688E-05
Zware stookolie	0.087	0.078	8.278E-06	1.183E-06	2.365E-06	9.854E-05
Andere*	0.088	0.074	5.0115E-07	NA	NA	2.756E-05

*: lichte stookolie als proxy voor 'andere'

Tabel 26: Emissiefactoren biobrandstoffen

Brandstof	Broeikasgasemissie volledige levenscyclus	Broeikasgasemissie verbranding	Emissie PM < 2.5 μm	Emissie PM > 2.5 μm & < 10 μm	Emissie PM > 10 μm	Emissie NOx
	kg CO2-eq./MJ	kg CO2-eq./MJ	kg/MJ	kg/MJ	kg/MJ	kg/MJ
Biodiesel*	0.05039	0	NA	NA	NA	NA
Bio-ethanol**	0.045816	0	NA	NA	NA	NA
Biogas/methaan***	0.0154	0	1.11E-07	NA	NA	1.09E-05
Hout (afvalhout, residu uit bos)	0.006	0	2.71E-05	1.50E-05	NA	6.01E-05
Hout (korte omloophout)	0.0366	0	2.71E-05	1.50E-05	NA	6.01E-05

Houtpellets	0.0347	0	2.71E-05	1.50E-05	NA	6.01E-05
Stro	0.0099	0	5.02E-05	NA	NA	1.40E-06
Andere biobrandstof****	0.05039	0	NA	NA	NA	NA

*: gewogen gemiddelde van biodiesel afkomstig van koolzaadolie, sojaolie, palmolie & zonnebloemolie en consumptiemix afkomstig van <https://11.be/sites/default/files/2020-06/20190914-evaluatie-biobrandstoffen-Belgie-3.pdf>

** : gewogen gemiddelde van bio-ethanol afkomstig van graan, mais en bieten en consumptiemix afkomstig van <https://11.be/sites/default/files/2020-06/20190914-evaluatie-biobrandstoffen-Belgie-3.pdf>

***: biomethaan in boiler ter productie van warmte

****: biodiesel als proxy voor 'andere biobrandstof'

Tabel 27: Emissiefactoren elektriciteit

Elektriciteit bron	Broeikasgasemissie volledige levenscyclus	Emissie PM < 2.5 μm	Emissie PM > 2.5 μm & < 10 μm	Emissie PM > 10 μm	Emissie NOx
	kg CO ₂ -eq./kWh	kg/kWh	kg/kWh	kg/kWh	kg/kWh
Aardwarmte (geothermie)	0.024	0	0	0	0
Elektriciteit (BE mix)	0.206	0	0	0	0
Zonne-energie	0.078	0	0	0	0

Bijlage 2. Rendement per verwarmingsinstallatie (ketel)

Tabel 28: Rendement per verwarmingsinstallatie (ketel)

Brandstof	Rendement (%) bouwjaar voor 2005	Rendement (%) bouwjaar na 2005
Zware stookolie	80	90
Gasolie/lichte stookolie	91	95
Lamppetroleum	93	95
Aardgas (conventioneel)	95	95
Aardgas (condensatieketel)	95	102
Propaan	100	100
Kolen/bruinkool	75	80
Hout	83*	83

*: geen waarde beschikbaar voor rendement bij bouwjaar voor 2005, gelijk gesteld aan bouwjaar na 2005 (conservatieve aanname)

Bronnen:

- Rendement (%) bouwjaar voor 2005 : BBT Glastuinbouw 2005 (Derden A., L. Goovaerts, P. Vercaemst en K. Vrancken (2005), Best Beschikbare Technieken voor de glastuinbouw, Gent, Academia Press)
- Rendement (%) bouwjaar na 2005 : Tool 'brandstofvergelijking', KCE Thomas More, URL : <https://kce.thomasmore.be/tool-brandstofvergelijking.html>

Deze rendementen werden besproken en gevalideerd met experts van Thomas More team glastuinbouw.

Bijlage 3. Tabellen pocketvergisting

Tabel 29: (biogas) ODS per mesttype

Mesttype	ODS	Biogas ODS
	%	Nm ³ biogas/t ODS
Rundveemengmest	5.6	380
Rundveemengmest (Dagvers)	5.6	536
Varkensmest	6	420
Varkensmest Dikke fractie	20	420
Zeugenmengmest	3.2	420
Stalmest	15	400
kippenmest	50.8	400
kalkoenmest	46.3	400
Energiemaïs	31.68	650
Gras ingekuuld	31.96	600
Natuurgras	32	560

Bron: pocket-rekentool Biogas-E <https://www.biogas-e.be/node/469>

Tabel 30: methaangehalte (%) in biogas per mesttype

Mesttype	Methaangehalte in biogas
	(% CH ₄)
Rundveemengmest	55%
Rundveemengmest (Dagvers)	55%
Varkensmest	60%

Varkensmest Dikke fractie	60%
Zeugenmengmest	60%
Stalmest	60%
kippenmest	60%
kalkoenmest	60%
Energiemaïs	52%
Gras ingekuuld	53%
Natuurgras	53%

Bron: pocket-rekentool Biogas-E <https://www.biogas-e.be/node/469>

Tabel 31: elektrische en thermisch rendement per WKK-unit

WKK-unit	Elektrisch rendement	Thermisch rendement
Gasmotor 10kW	30%	55%
Gasmotor 20kW	30%	55%
Gasmotor 30kW	31%	54%
Gasmotor 40kW	32%	53%
Gasmotor 60kW	33%	52%
Gasmotor 80kW	33%	52%
Gasmotor 100kW	34%	51%
Gasmotor 150kW	35%	50%
Gasmotor 200kW	35%	50%
Gasturbine 30kW	28%	50%
Stirling 10kW	24%	68%

Bron: pocket-rekentool Biogas-E <https://www.biogas-e.be/node/469>

Tabel 32: DS per mesttype

Mesttype	DS gehalte per mesttype
	(%)
Rundveemengmest	7.5
Rundveemengmest (Dagvers)	7.5
Varkensmest	7.5
Varkensmest Dikke fractie	25

Zeugenmengmest	4
Stalmest	24.8
kippenmest	60.5
kalkoenmest	56.5
Energiemaïs	33
Gras ingekuuld	34
Natuurgras	40

Bron: pocket-rekentool Biogas-E <https://www.biogas-e.be/node/469>

Bijlage 4. Windmolens; bijkomende technische informatie

Tabel 33: Windmolenmodellen

Nominaal vermogen (kW)	Model	Masthoogte (m)	Rotordiameter (m)
0.25	ACSA-LMW-250	6 - 12	1.7
0.6	ACSA-LMW-600	6 – 12	2.2
1	ACSA-LMW-1000	6 - 12	3.12
5	Aeolos-H 5	9 - 18	6.4
10	AIRCON 10	10 - 30	7.5
20	Aria Libellula 20	20	17.4
50	Atlantic Orient AOC 15/50	24.4 – 30.5	15
72	WES50	15 - 30	20
100	EOX M-21	32	21
200	ADES 200	36	36
300	ADES 335*	36	36

*: windmolen met nominaal vermogen van 335 kW als proxy voor windmolen met nominaal vermogen van 300 kW

Bronnen windmolens:

- ACSA-LMW-250/600/1000 : http://www.agenergia.org/wp-content/uploads/2018/05/1234272123_Cat_logo_miniturbinas.pdf
- Aeolos-H 5 : <http://windup.pt/resources/Aeolos-H%205kw%20Brochure.pdf>
- AIRCON 10 : https://www.lely.com/media/filer_public/bb/71/bb71670f-b537-4675-a456-9882c21b2344/lely_aircon_product_brochure_en.pdf
- Aria Libellula 20 : <http://www.aria-srl.it/aria-staging/wp-content/uploads/2015/11/Depliant-20kW-2015-ENG.pdf>

- Atlantic Orient AOC 15/50 : http://freedomworksllc.net/wp-content/uploads/2012/01/AOC-15_50-Technical-Overview-071710.pdf
- WES50 : <https://windenergysolutions.nl/wes/windturbine-wes-50/?lang=nl>
- EOX M-21 : <https://eocycle.com/nl/m-reeks/>
- ADES 200/335 : <http://www.ades.tv/en/products/pendular-wind-turbine/id/24>

Bijlage 5. Voorbeeld technische fiche warmtepomp

De technische fiche¹⁰⁶ voor de warmtepomp “Daikin Altherma 3 Integrated lage temperatuur” wordt hieronder gegeven. Dit model is een lucht/water pomp voor verwarming en warm water productie. De technische gegevens worden gepresenteerd voor de verschillende versies van de warmtepomp. We bekijken hier het voorbeeld van de versie 04S18D6V(G)+04DV (eerste kolom, aangeduid in geel).

Aangezien de warmtepomp wordt gebruikt ter productie van warmte en warm water, hebben we volgende gegevens nodig:

- Verwarmingscapaciteit (kW) : 4.3
- SCOP : 3.26
- COP : 5.1
- Volume warm water tank : 180l

¹⁰⁶ https://www.daikin.be/nl_be/productgroepen/lucht-water-warmtepompen-lt/daikin_altherma_3.html

Rendementsgegevens		EHVH + ERGA	04S18D6V(G)+ 04DV	04S23D6V(G)+ 04DV	08S18D6V(G)/D9W(G) + 06DV	08S23D6V(G)/D9W(G) + 06DV	08S18D6V(G)/D9W(G) + 08DV	08S23D6V(G)/D9W(G) + 08DV
Verwarmingscapaciteit Nom.		kW	4,30 (1) / 4,20 (2)		6,00 (1) / 5,90 (2)		7,50 (1) / 7,50 (2)	
Opgenomen vermogen Verwarmen Nom.		kW	0,850 (1) / 1,16 (2)		1,24 (1) / 1,69 (2)		1,63 (1) / 2,14 (2)	
Prestatiecoëfficiënt (COP)			5,10 (1) / 3,62 (2)		4,85 (1) / 3,50 (2)		4,60 (1) / 3,50 (2)	
Verwarming ruimtes	Wateruitlaat Algemeen SCOP			3,26			3,32	
	gemiddeld klimaat 55°C	η _s (Seizoensgeb. rendement ruimteverw.)		127			130	
		Rendementsklasse seizoengeb. ruimteverw.				A++		
	Wateruitlaat Algemeen SCOP		4,48		4,47		4,56	
Verwarming sanitair warm water	gemiddeld klimaat 35°C	η _s (Seizoensgeb. rendement ruimteverw.)		176			179	
		Rendementsklasse seizoengeb. ruimteverw.				A+++ (3)		
	Algemeen Aangegeven belastingsprofiel		L	XL	L	XL	L	XL
	Gematigd klimaat	η _{wh} (verwarmingsrendement water)	127	134	127	134	127	134
	Energierendementsklasse waterverw.						A+	
Binnenunit		EHVH	04S18D6V(G)	04S23D6V(G)	08S18D6V(G)/D9W(G)	08S23D6V(G)/D9W(G)	08S18D6V(G)/D9W(G)	08S23D6V(G)/D9W(G)
Behuizing	Kleur		Wit + zwart					
	Materiaal		Hars / Metaalplaat					
Afmetingen	Unit Hoogte x Breedte x Diepte	mm	1.650x595x625	1.850x595x625	1.650x595x625	1.850x595x625	1.650x595x625	1.850x595x625
Gewicht	Unit	kg	131	139	131	139	131	139
Boiler	Watervolume	l	180	230	180	230	180	230
	Maximale watertemperatuur	°C				60		
	Maximale waterdruk	bar				10		
	Corrosiebescherming					Beitsen		
Werkbereik	Verwarmen Omgevingstemp. Min.–Max.	°C				5–30		
	Waterzijde Min.–Max.	°C				15–65		
	Sanitair Omgevingstemp. Min.–Max.	°CDB				5–35		
	warm water Waterzijde Max.	°C				60		
Geluidsvermogeniveau Nom.		dB(A)				42		
Geluidsdruk niveau Nom.		dB(A)				28		
Buitenunit		ERGA	04DV	06DV		08DV		
Afmetingen	Unit H x B x Diepte	mm	740x884x388					
Gewicht	Unit	kg	58,5					
Compressor	Aantal		1					
	Type		Hermetisch gesloten swingcompressor					
Werkbereik	Koelen Min.–Max.	°CDB	10–43					
	Sanitair warm water Min.–Max.	°CDB	-25–35					
Koelmiddel	Type		R-32					
	GWP		675,0					
	Vulling	kg	1,50					
	Bediening		Expansieventiel					
Geluidsvermogeniveau	Verwarmen Nom.	dB(A)	58		60		62	
	Koelen Nom.	dB(A)	61			62		
Geluidsdruk niveau	Verwarmen Nom.	dB(A)	44		47		49	
	Koelen Nom.	dB(A)	48		49		50	
Voeding	Naam/Fase/Frequentie/Spanning	Hz / V	V3/1N~/50/230					
Stroom	Aanbevolen zekeringen	A	25					

(1) Koelen Ta 35°C - LWE 18°C (DT = 5°C); verwarmen Ta DB/NB 7°C/6°C - LWC 35°C (DT = 5°C) (2) Koelen Ta 35°C - LWE 7°C (DT = 5°C); verwarmen Ta DB/NB 7°C/6°C - LWC 45°C (DT = 5°C)
(3) Conform EU nr. 811/2013 - label lay-out 2019 - (G) Kleur: zilvergrijs

Figuur 11: Voorbeeld technische fiche warmtepomp

Voor de parameters verwarmingscapaciteit en COP zijn steeds twee waarden terug te vinden, aangeduid met (1) en (2). De uitleg hiervoor staat onderaan de technische fiche. Deze waarden zijn geldig voor eenzelfde warmtepomp, maar vertegenwoordigen twee verschillende gebruiken. Optie 1 vertegenwoordigt een gebruik waarbij de warmtepomp moet koelen van 35°C naar 18°C, in optie 2 moet de warmtepomp koelen tot 7°C. In Vlaanderen zal voornamelijk het eerste geval voorkomen.

Ook voor de SCOP worden twee opties gegeven afhankelijk van wat de warmtepomp moet presteren, de keuze is gelinkt aan de temperatuur die wordt afgegeven aan de te verwarmen ruimte.



EXPERTS EN OPLOSSINGEN IN DUURZAME ONTWIKKELING
rdcenvironment.be - contact@rdcenvironment.be

Adres

Gustave Demeylaan, 57
1160 Brussel, België

Telefoon

+32 2 420 28 23

Web Online

contact@rdcenvironment.be

www.rdcenvironment.be