

EROI en landbeslag van inputs in de landbouw

ahv aardappelteelt en gras

RiBuiLT
november 2020
R.Rovers



algemene introductie.

Zonder energie, functioneert niks. En die energie moet ergens vandaan komen. Op dit moment komt die energie vooral van fossiele brandstoffen. Daar is onze welvaart de laatste 150 jaar op gebaseerd. Die fossiel energie is overigens afkomstig van zonne-energie, dat via biomassa die fossiele voorraden heeft opgeleverd., Het is dus interen op enorme voorraden vastgelegde zonne-energie. Die raken uiteindelijk ook op, echter al eerder blijken de nadelen groter dan de voordelen, en moeten we overschakelen naar meer directe vromen van zonne-energie (hernieuwbare energie) . Dat vormt dan ook de basis van iedere beschouwing hier op aarde: hoe slagen wij er in om effectief van die energie gebruik te maken. Al het andere is daar van afgeleid.

Ik onderscheidt daarbij 4 lagen of stadia:

De eerste is dus de fysische energetische laag: als die niet sluitend is, dan werkt het niet (lang).

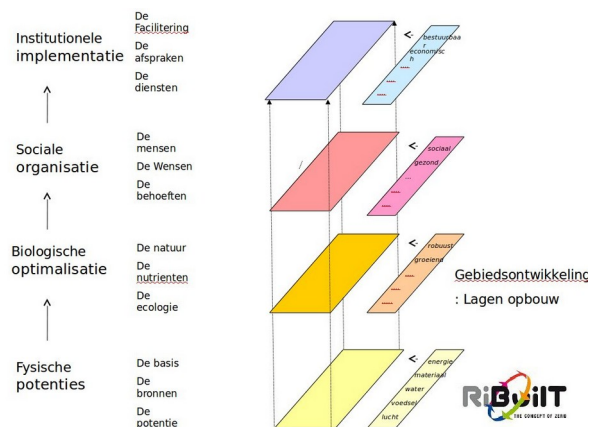
Bijvoorbeeld in het kader van dit project: als er meer energie in een landbouw hectare gaat als eruit komt aan voedsel energie, dan is dat een eindig proces. Ik noem dat dan een energievernietigingsmechanisme.

De tweede lag is dan de biologische laag: die bepaalt hoeveel er feitelijk kan worden gewonnen, geproduceerd met als basis de input van impact vrije zonne-energie. Dat zal per locatie verschillen, per grondsoort en klimaat omstandigheid. Samen zijn die twee dan het fysisch biologisch systeem, maar wel onder de voorwaarde dat er meer uitkomt dan er in gaat (van binnen het systeem)

de derde laag is de sociaal culturele laag, dat zijn de mensen en hen behoeften en wensen. Die bepalen wat er precies geproduceerd wordt, waar behoefte aan is. Op een hectare kan immers diverse opbrengsten leveren . De vierde laag is de institutionele laag , waarin gezamenlijk is geregeld hoe we grond beheren, wat wel en niet ‘mag’ etc. .

De onderste twee zijn het fundament, en bepalen de bandbreedte van die bovenste twee.

De onderste twee lagen kunnen we illustreren met het volgende voorbeeld: er is een systeem grens, de aarde als geheel (daar komt niets meer bij behalve zonne-energie) of een deelsysteem, een land, stad of hectare landbouw. Voor de systeem beschouwing maakt de grootte niet uit. Dat systeem kent feitelijk slechts 1 directe input: zonne-energie. Daarvan afgeleid wind en water , kringlopen die door die zonne-energie worden aangedreven) . dan is er nog sprake van enige “vloerverwarming” (de aardkern die warmte afgeeft) , en wat zwaartekracht (bijvoorbeeld gebruikt voor regenwaterkracht systeem). Dat is het. Daarvan moeten binnen dat systeem de benodigde energie, materialen en voedsel worden betrokken. Als dat niet lukt of niet voldoende is, resten slecht twee opties: uitputten van beperkte voorraden in de ondergrond, of ‘stelen’ bij de burens. Beiden zijn geen oplossing natuurlijk.



Om binnen dat systeem die omzettingen te realiseren, is land de grootst gemene deler, de feitelijke laag waar het allemaal bij elkaar komt en moet gebeuren.

In een tweetal voorbeelden is dat te illustreren [1].

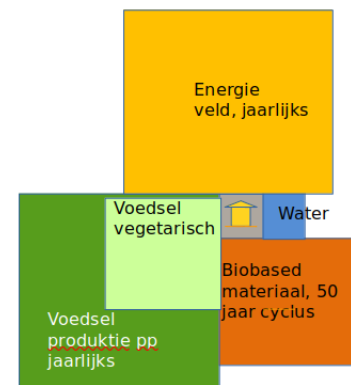
bijvoorbeeld in de vorm van 1 persoon die een huis bouwen en daar wil rondkomen van voedsel materiaal en energie. te visualiseren aan de hand van het land dat bij een woning van ongeveer 100 m² zou moeten horen (figuur 2). Bij zo'n woning blijkt jaarlijks grofweg 3000 m² land nodig per persoon voor de jaarlijkse (biologische) voedselproductie (of 1000 m² bij een vegetarisch dieet), 1600 m² voor de hergroei van de gebruikte biobased materialen, 3000 m² voor energielevering (op basis van 23 m² zonnepanelen, inclusief energie voor herstel materiaalvoorraden) en 100 m² voor het

watergebruik.

Een tweede voorbeeld betreft een studie voor RWS, naar het landbeslag van een lichtmast, van verschillende materialen, zoals aluminium, staal, composiet of hout. Dat geeft enorme verschillen. Hiervoor is gerekend met Circulaire energie, energie nodig om de kringloop te herstellen de voorraden weer aan te vullen. (dat zal verderop verduidelijkt worden).

De beschouwing, van in dit geval de landbouw, start dus met een analyse op fysisch niveau, een energie beschouwing (ook wel exergy in de thermodynamica) . Als die niet klopt, er gaat meer in als er uit komt, heeft verder gaan op die andere niveaus geen zin. (ook wel EROI, Energy return on energy investment) Het kan alleen doorgaan door uitputten van voorraden of stelen/importeren van de burens, wat geen oplossing biedt. Komt er meer uit dan er in gaat, dan is de basis aanwezig.

Wat niet wil zeggen dat dan vanzelf alles goed gaat, dan komt de biologische beschouwing, wat is mogelijk op die hectare, met het plaatselijke klimaat, natuurlijke water suppletie en bodem/grond gesteldheid. Er zijn diverse landbouwsystemen mogelijk. Ze zullen allen wel tot behoud van die potentie moeten zorgen, anders houdt het ook op biologisch niveau op. (Ben geen specialist, maar ik neem aan dat als jaar in jaar uit aardappelen worden geteeld , met welk methode dan ook en met een positieve EROI , dat het dan ook biologisch een keer ophoudt).



Die fysische beschouwing op energie niveau is hier ook vertaald naar naar landbeslag, als het medium tussen de enige echte energietoever, de zon, en de omzetting daarvan in voedsel energie en materiaal. . Dat wordt verderop uitgelegd.

Landbouw input

De landbouw is vooral output gericht: opbrengst per hectare. Maar veelal buiten beeld is de input: de investering per hectare. Met name in energie. Onderzoek laat zien dat er in de Nederlandse landbouw gemiddeld 6 x zoveel energie in een hectare gaat, als er aan voedsel energie uitkomt.[2] In landbeslag gerekend is dat nog veel meer. [3] Dat is dan gemiddeld over landbouw, veeteelt, tuinbouw en kassenbouw, voor wat betreft het voedsel deel. Waarbij uiteraard veeteelt een groot aandeel in heeft. Voor akkerbouw op volle grond zonder fossiele input liggen de cijfers gunstiger.

Dit project beoogt die input systematisch in beeld te brengen en daar kengetallen aan te hangen per activiteit, en per hectare van een bepaalde teelt. Als volgt:

uitgangspunten van deze exercitie:

- 1 ontwikkelen van instrument om snel te kunnen bepalen hoe groot de input is in een landbouw systeem voor een bepaalde teelt, in eerste instantie in termen van energie input, in 2^e instantie in termen van land input: landbeslag / Embodied land)
- 2 met dat instrument moet bepaald kunnen worden wat globaal effect is als bepaalde onderdelen geschrapt worden dan wel anders ingevuld, in het benutten van een hectare.
- 3 door opschaling kan het ook gebruikt wordt op bedrijfs- of gebiedsniveau.

input /output

Wat is wat in een input output analyse? Voordat voedsel uiteindelijk verorbert wordt hebben zich een groot aantal processen afgespeeld. En de belangrijkste rode draad daarin is de energiebalans. Immers, voedsel is de energiebron voor mensen . Uiteraard spelen nutriënten en andere stoffen nog een belangrijke rol, maar dat is een secundaire keten. Op de eerste plaats dient de keten meer energie op te leveren als er ingestopt wordt, anders dan stopt het proces ergens onderweg.

In de literatuur wordt algemeen aangenomen dat de een verhouding van 10 nodig is om voldoende

reserve te hebben in het verdere proces (10 x meer opbrengst als input, ook wel EROI, energy return on -energy-investment) , en een EROI van 3 als absolute ondergrens .[4,5]

Dat zegt niet alles natuurlijk, ook het landbeslag speelt ene voorname rol: de eenheid waarover genormaliseerd wordt. Al die toeneemt, vanwege indirect landbeslag buiten de directe systeem grens (de landbouw hectare) , daalt de opbrengst en daarmee de eroi.

In deze analyse, en vele anderen, is de producerende hectare als spilpunt in de analyse genomen: dat wil zeggen daar wordt uiteindelijk het voedsel in ruwe vorm geproduceerd. Om zover te komen, wordt er enorm veel in die hectare gestopt, van arbeid, tot bestrijdingsmiddelen. Ook na die hectare, na de oogst daarvan, spelen er nog de nodige processen, zoals transport, verwerking, en bereiding als kant en klare industriële maaltijden, of als koken door de mens zelf. Er treden dus energieverliezen op aan beide kanten van de keten, wanneer we de ha-productie als middelpunt nemen. Dat houdt in dat er duidelijk meer uit een hectare moet komen als er in wordt gestopt, omdat er sowieso nog verliezen na die hectare-oogst plaatsvinden . [6]

Een andere methode zou zijn om de eind maaltijd als uitgangspunt te nemen, de laatste stap in de keten, en van daaruit terug te redeneren: hoe is die op het bord gekomen, met welke voedingswaarde, en welke inspanning is daarvoor geleverd. Zonder te rekenen is al vast te stellen dat die huidige enorme keten nooit mogelijk zou zijn als er niet enorme hoeveelheden fossiele brandstoffen werden ingezet, om dat globale voedselsystemen zo te organiseren als we nu hebben gedaan. Maar van fossiel willen we juist af. Los daarvan: als het energetisch negatief is, van welke bron ook, is het niet volhoudbaar. Voor de duidelijkheid, de winst energetisch gezien van een hectare zal moeten komen van het vastleggen van zonne-energie. (zie verder)

Juist daarom is het logisch om die hectare als uitgangspunt te nemen, omdat ook als het hele globale industriële systeem wegvalt, de uiteindelijke consument nog steeds afhankelijk is van wat er ergens op een lapje grond groeit .

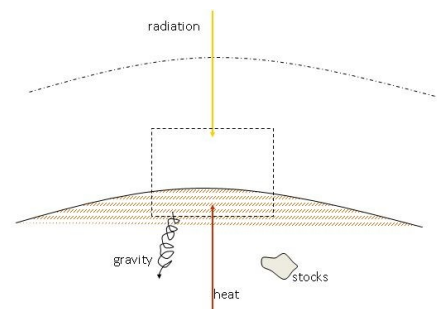
Er is hier dus een scheiding aangenomen in wat er van het land afkomt met de processen die zich daarna afspelen, en wat er in het land geïnvesteerd is, in diverse processen daarvoor. Die scheiding laat ook zien dat er met wat er van het land afkomt, afzonderlijk te manipuleren valt: het kan naar industriële voedselvoorziening gaan, met enorme energie-input en transporten, het kan rauw verspreid worden en tot veganistische eetgewoonten leiden, of tot coöperaties die lokaal voedsel verdelen waarbij alle leden zelf bepalen hoe ze dat eten bereiden en of verorberen. Dat staat los van hoe de opbrengst op die hectare tot stand is gekomen.

Dan is er de hectare zelf, die op talloze manieren benut kan worden, grootschalig, kleinschalig, gevarieerd of monoculturen, biologisch of industrieel etc. etc., ook afhankelijk van de grondsoort uiteraard. Dat heeft uiteraard wel invloed op de input in die hectare. Om die hectare-praktijk zinvol in te kunnen vullen dient wel duidelijk te zijn welke effecten er bovenstrooms, bij de input plaatsvinden, om de juiste keuzes voor die hectare te kunnen maken, om te zorgen dat er meer uitkomt dan erin gaat.

Winst is zonne-energie

Het is verder nog van belang vast te stellen dat er alleen van (energetische) winst op een hectare sprake kan zijn, vanwege de gratis en impact vrije input van zonne-energie. Zonder zonne-energie toevoer naar het aardse systeem, zou ieder proces tot verlies leiden, immers de thermodynamica laat zien dat er bij iedere conversie grote verliezen optreden. Dat is de basis. De Aarde zit in een uitzonderingspositie vanwege zijn afstand tot de zon. Wij kunnen daar ongestraft gebruik van maken, zonder ons eigen systeem uit te putten.*

De zon is de energie die het leven op aarde mogelijk maakt en aandrijft, vergeet niet dat fossiele brandstoffen ook vastgelegde zonne-energie zijn. Wij teren nu in op de ooit aangelegde zonne-energievoorraden. (wat niet handig is, want in dat proces is CO2 vastgelegd en een atmosfeer ontstaan



waardoor er leven mogelijk is, wij maken die CO₂ weer vrij, waardoor het evolutionaire proces wordt omgedraaid, maar dat terzijde.)

orde effecten

Het is belangrijk te beseffen dat input groter is als menigmaal wordt aangenomen. Het gaat bijvoorbeeld bij een trekker niet alleen om de brandstof om op het land te rijden, maar ook om de energie die nodig was om die trekker te produceren. (maak-energie, ook wel embodied energie) En bovendien (een deel van) de energie om de fabriek te bouwen waar die trekker vandaan komt. En niet te vergeten, er zijn voor die trekker materialen nodig die ook tot uitputting leiden, en waar dus energie in geïnvesteerd moet worden om die voorraden weer aan te vullen. Een en ander is onder te brengen in 1^e, 2^e en 3^e orde effecten. Van zowel energetische aard, als van grondstoffen aard.

De grondstoffen impact cq input kan ook in energetische termen worden uitgedrukt: grondstoffen gaan namelijk niet verloren maar raken verspreid in de omgeving, denk aan roestend ijzer of afbladderende verf. Die daarvoor aangesproken voorraden kunnen weer aangevuld worden, door die restanten te verzamelen, maar dat kost dus energie, ergo, ook die zijn in een energetische vergelijking te vatten. Bovendien kan dat dan voor zowel energie als materiaal de stap naar landgebruik gemaakt worden, immers, ons hele leven alhier moet op basis van hernieuwbare energie gaan draaien, ofwel vooral zonne-energie (waarvan wind een afgeleide is) . En om zonne-energie vast te leggen is weer land nodig. Land is uiteindelijk, thermodynamisch gezien de rekeneenheid die zowel bron als conversie in zich verenigt en een netto resultaat laat zien. (“Embodied Land” , landbeslag voor productie of herstel van kringlopen- zie verder).

Het is ondoenlijk om in het korte bestek van dit project het bovenstaand tot in detail uit te werken. Het beperkt zich tot 1^e en enkele 2^e orde effecten, en vooral tot de grootste bijdragen.

Definitie ordes

1^e orde : 1^e orde is wat direct fysiek gerelateerd is aan de hectare. Met de trekker als voorbeeld; het brandstof verbruik daarvan, de arbeidsenergie daarvoor (bestuurdersuren) en de embodied energie , de maak energie van het apparaat dat daadwerkelijk op dat land aanwezig is.

Zowel als de hoeveelheid materiaal in massa , die daarvoor nodig was, en waarvan de voorraad hersteld dient te worden. Dat laatste dan met name voor de Embodied Land berekeningen. In een standaard EROI** vergelijking is dat niet meegenomen. Ook in de categorie valt bijvoorbeeld het stallingsgebouw voor de machines. Het materiaal en de embodied energie daarvan.

2^e orde ; is dan alles wat zich in eerste lijn buiten die hectare heeft afgespeeld om spullen uiteindelijk op die hectare te krijgen, in het voorbeeld van de trekker: transport, fabricage, fabrieken, en het landgebruik daarvan, arbeid, etc. (voor zover cijfers beschikbaar zijn. Het zijn vooral de cijfers van de studie van Smit [2])

3^e orde de 3^e orde, zou kunnen zijn alles wat nodig was om die 2^e orde te laten functioneren: de bouw van die fabrieken, de mijnbouw, de energievoorziening infrastructuur , wegeaanleg (deel van de impact daarvan, etc.) . Die is hier niet meegenomen. ***

arbeid

Arbeid is eveneens naar energie terug gerekend: dwz voor het deel arbeid dat in die hectare is gestoken: handarbeid, trekker besturen etc., is de gemiddelde energiebehoefte van de mens per dag of per jaar is genomen als maat voor een arbeidsjaar equivalent.

Dat geeft nog een iets te gunstig beeld, omdat dan de verliezen die (dan al wel) zijn opgetreden tussen hectare-oogst en maaltijd, buiten beschouwing zijn gelaten (distributie, koken etc.).

Hoe arbeid precies in rekening te brengen is onderwerp van discussie in de wetenschap, er is geen consensus, en er zijn vele varianten. Meestal wordt die voedselinput buiten beschouwing gelaten, maar omdat het hier landbouw betreft, met het doel juist datzelfde voedsel te produceren is het niet meer dan

logisch omdat hier wel te doen.

(In landbeschouwingen moeten we dat feitelijk altijd doen, binnen de menselijke samenleving, aangezien het er juist om gaat die mens en de mensheid te voorzien en in stand te houden, en dat is afhankelijk van land inzet. Zonder de mens in de beschouwing is het irrelevant. De natuur heeft geen doel, die is gewoon.)

zie oa. [6][7]

machine-bedrijfsuren

Een belangrijke component in de land bouw zijn de machines, en vooral de trekker. Om die in de berekeningen eenduidig mee te nemen, en een deel van die impact aan een hectare te kunnen toeschrijven, is de impact per bedrijfsuur genomen. Dat heeft als voordeel dat het niet uitmaakt of de machine eigendom is dan wel via ene loonbedrijf wordt ingehuurd: de inzet is per bedrijfsuur toe te schrijven aan input voor de betreffende hectare.

Overigens is in deze verkenningsstudie, nog niet gedifferentieerd naar verschillende machines: waar machines zijn ingezet is een trekker verondersteld, hoewel dat ook zwaardere of lichtere machines kunnen zijn. Wel is onderscheidt gemaakt naar brandstof per uur voor verschillende bewerkingen, zoals beschikbaar via een algemene indicatoren lijst (via Aequator)

land naar energie rekenen:

Om landgebruik, bijvoorbeeld land bezet door gebouwen en fabrieken, weer in de energie-vergelijking onder te brengen, zijn er verschillende mogelijkheden. Hier is gekozen voor gedeerde voedsel-energie: immers, in de basis had dat landbouw gebied kunnen zijn, als niet dat land was ingenomen voor de productie van goederen om een andere hectare productiever te maken. De gedeerde productie moet dus van de output afgetrokken worden. Het betreft hier dan natuurlijk wel hectare opbrengst van een niet industrieel volle grond productie, minus geïnvesteerde arbeid (-senergie) .

allocatie

Het zou kunnen dat de opbrengst van een bepaald proces gedeeld kan worden voor meerdere sectoren. Bijvoorbeeld: graan levert voedsel via de korrel, en de stengel kan als biobased materiaal verwerkt worden. Die uitsplitsing is, voor zover al relevant in de beschouwde systemen, niet uitgewerkt in deze beperkte studie.

Het land beslag berekenen

Zoal hierboven beschreven is uiteindelijk alles naar landbeslag terug te rekenen. Wat betreft direct land beslag is dat duidelijk: de landbouw hectare zelf , de grond onder de gebouwen, de paden en groenstroken als land begrenzingen. Ook biobased cq organische grondstoffen hebben een directe land relatie aangezien ze op land groeien.

De berekende energie inputs: directe operationele energie en embodied energie zijn terug te rekenen naar land, omdat ze , in een wereld zonder fossiele randstoffen, van hernieuwbare bron dienen te komen. Hier is bijvoorbeeld uitgegaan van biobrandstof voor de machines, verkregen uit koolzaad : zie daar de land relatie. Arbeid is verrekend door de hoeveelheid landbouw opbrengst om in de voedsel energie te voorzien. Hiervoor is een aardappeldieet aangehouden. Dat is enigszins optimistisch gerekend, aangezien aardappelen zo ongeveer de hoogste voedselenergie opbrengst hebben per hectare, maar als dieet natuurlijk niet volstaan.

Voor embodied energie is in eerste instantie gerekend met energie afkomstig van fotovoltaïsche zonnepanelen , en het land beslag daarvan.*****

Dan resteren niet organische grondstoffen, zoals metalen: de embodied energie daarvan is al boven beschreven meegenomen, maar ook dient de uitputting gecompenseerd te worden, de voorraden aangevuld, om een gesloten kringloop benadering in stand te houden, net zoals dat voor organische materialen is gedaan (land voor hergroei) Daarvoor zijn de cijfers genomen berekend in de MAXergy methodiek [8] . Daar is het begrip Circulaire energie geïntroduceerd: de energie nodig om verdunde en verspreide materiaal moleculen weer te concentreren. Zo verwerken en roesten metalen om uiteindelijk

uit te spoelen en in de oceaan terecht te komen. Door filtering van zee water (vergelijk desalinisatie voor drinkwater) is dat weer te concentreren. De energie daarvoor, de circulaire energie, is dan weer in land voor hernieuwbare energie uit te drukken.

Bij de landbeslag berekeningen is de circulaire energie in een aparte kolom gezet, omdat dit nog geen algemeen gebruikelijke benadering is, en tot zeer hoog landbeslag leidt. Het alternatief, dat niet meenemen, zou overigens ook betekenen dat dan het landbeslag van (hergroei van) organische cq biobased grondstoffen niet wordt meegenomen, om ongelijkheid te voorkomen. (en de ketens zijn dan natuurlijk niet gesloten) [9]

bandbreedte gegevens

De gebruikte cijfers zijn enorm afhankelijk van de door de gegevensbron gebruikte afbakening van het onderzoek, zoals systeemgrenzen, normalisatie, beschikbaarheid subgegevens, omrekenfactoren, gebruikte energiemixen, etc. Daarom zijn de gepresenteerde cijfers niet absoluut, maar een benadering van de effecten. Daarnaast is nog niet alles meegenomen, vanwege soms gebrek aan cijfers. Een derde factor die hier een rol speelt, is de rekenmethode: het voornaamste onderscheidt daarbij is een proces benadering of een input output benadering. Bij de eerste worden de 1 en 2 orde effecten meegenomen, bij de tweede methode in principe alles, ook 3^e en 4^e effecten enz.. Meestal aan de hand van economische benaderingsanalyses. Dat is hier niet gebeurd, maar leidt in alle gevallen tot veel hogere cijfers. Als zodanig kunnen de hier gepresenteerde cijfers als optimistisch worden ingeschat. Met 1 uitzondering: de omrekening naar Embodied Land van niet organisch materiaal via Circulaire energie: Dat wordt tot nu toe in geen enkele methode meegenomen, en is duidelijk maatgevend. Omdat het nog niet gebruikelijk is, is het apart vermeld.

* Overigens puur energetisch gezien, als we de vergelijking starten bij de zon zelf, het kernfusie proces dat zonnestraling genereert, is er aan het eind ook verlies uiteraard. Alleen, wij hoeven daar op aarde geen rekening mee te houden. Als we die zonne-energie niet gebruiken komt ie toch en gaat ongebruikt weer terug naar het heelal als infrarood.

** EROI: Energy Return on Energy Investment – ook wel EROEI genoemd , zie eerdere studie/ als annex

*** afhankelijk van beschikbare cijfers kunnen de grenzen soms iets anders liggen. In het kader van deze beperkte studie is het niet mogelijk alles uit te splitsen.

**** In de oorspronkelijke MAXergy methodiek was het landbeslag door zonnepanelen de referentie om energie naar land om te rekenen, daarbij ook tweede orde effecten meegerekend , zoals de maak energie van die panelen (waardoor extra land gereserveerd dient te zijn). Voortschrijdend inzicht, oa in deze studie, maar ook het feit dat alles er op wijst dat biomassa(-groei) de referentie is voor de potentie in ons systeem, [x] zou die omrekening feitelijk ook op basis van een biomassa energie grondslag moeten plaatsvinden. Dus net als bij de trekker brandstof, via de koolzaad keten, of directer via houtachtige biomassa(-energie) . Dat is hier nog niet verwerkt.

resultaten

1. Aardappelteelt / Energie

de totale energie output van 1 hectare aardappelteelt is , bij 40 ton gemiddeld opbrengst per hectare en een voedingsenergie inhoud van 3,7 GJ per ton, is 148 GJ/ha .

De input in energie is 33,6 GJ , wat de input output verhouding brengt op 4,4 (EROI, Energy return on (energy) investment) Er komt aan voedingsenergie 4,4 keer zoveel uit als er in gaat. Daar zijn een paar kanttekeningen bij te maken: nog niet alles is in kaart gebracht, en er zijn enige aannames gedaan. De 4,4 moet dan ook gezien worden als een maximum, het zal eerder iets lager zijn, als het in nog meer detail wordt uitgewerkt.

De bewerkingen met de grootste input aan energie zijn o.a. dierlijke mest, spuiten met fytofera, en beregening. In iets mindere mate van kunstmest, onkruid bestrijding en opslag sorteren.

De energie is voor een groot deel de brandstof bij de inzet van machines, en energie in de productie van grondstoffen.

Aardappelteelt/ landbeslag

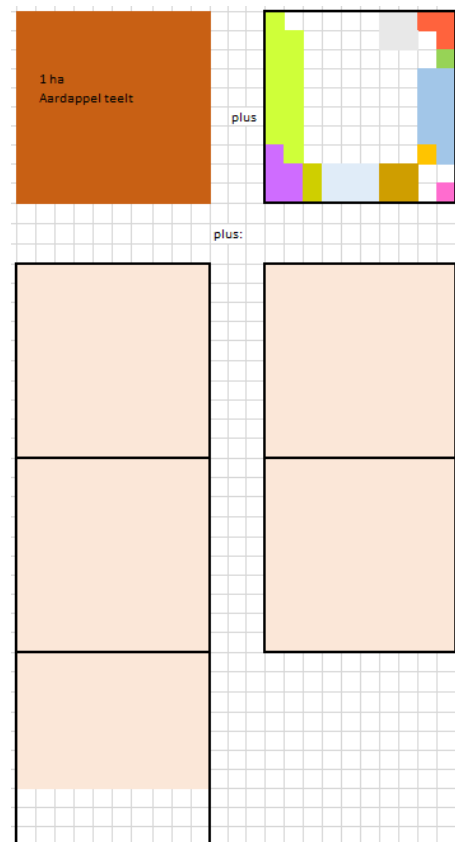
Het direct te herleiden landbeslag van de teelt van 1 hectare aardappelteelt, is 1 hectare voor de teelt zelf, en een 0,5 hectare voor de aanvullende input aan grond- en brandstoffen. De opbrengst van 1 hectare is dus in feite de opbrengst van 1,5 hectare, Grootste bijdragen komen van diverse bewerkingen en beregenen.

Er is ook indirect landbeslag: vooral vanwege de uitputting van grondstofvoorraden, en de (biomassa-) energie voor het herstel van die voorraden. En dat loopt in het geval van metalen sterk op: voor vooral machines is dat in geval aardappelteelt een extra 5 hectare. Dat zit vooral in de metalen inzet via machines.

aardappelteelt overall:

Nemen we het directe landbeslag mee in de berekening, dan daalt de opbrengst per hectare van 148 naar 99 GJ/ha en de EROI daalt naar 2,9 .

Als we ook indirect landgebruik meenemen, dan daalt de EROI naar 0,68. Ofwel, er gaat meer energie in als er uit komt.



2 Grasland/energie

De totale output van grasland is 5 ton per hectare, en met een voedingsenergie-inhoud van 14,7 GJ per ton komt dat neer op 78 GJ aan voedingsenergie.

De input aan energie is 17,6 GJ, wat de input-output verhouding brengt op 4,4. (EROI) . Er komt aan voedingsenergie 4,4 keer zoveel uit als erin gaat. Kanttekeningen: nog niet alles is in kaart gebracht, en er zijn enige aannames gedaan. De 4,4 moet dan ook gezien worden als een maximum, het zal eerder lager zijn., als het in meer detail wordt uitgewerkt.

De bewerkingen met de grootste input aan energie zijn kunst mest en beregening, en daaronder bewerken, oogsten en onkruidbestrijding.

Grasland/landbeslag

Het direct te herleiden landbeslag van de teelt van 1 hectare gras, is 1 hectare voor de teelt zelf, en een 0,36 hectare voor de aanvullende input aan grond- en brandstoffen. De opbrengst van 1 hectare is dus in feite de opbrengst van 1,36 hectare, Grootste bijdragen komen van diverse bewerkingen en beregenen.

Er is ook indirect landbeslag: vooral vanwege de uitputting van grondstofvoorraden, en de (biomassa-) energie voor het herstel van die voorraden. En dat loopt in het geval van metalen sterk op: voor vooral machines is dat een extra 3,6 hectare. Dat zit vooral in de metalen inzet via machines.

Grasland overall

Nemen we het directe landbeslag mee in de berekening, dan daalt de opbrengst per hectare van 78 naar 57 GJ/ha en de EROI daalt naar 3,2 .

Als we ook indirect landgebruik meenemen, dan daalt de EROI naar 0,88. Ofwel, er gaat meer energie in als er uit komt.

Let op: gras is secundair

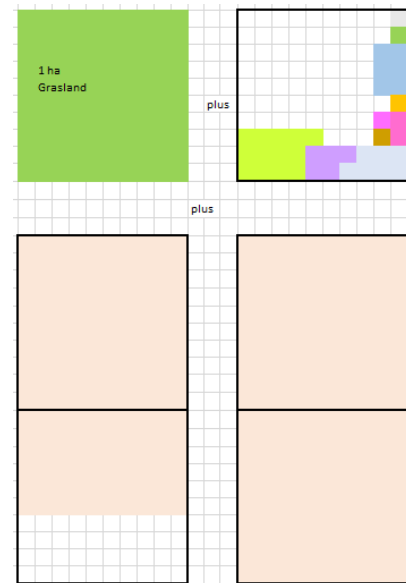
Overigens, dit is gerekend als voedingswaarde van gras, dat niet geschikt is voor menselijke consumptie. Gras is feitelijk een tussenproduct in de voedselproductie voor de mens, waarbij de uiteindelijke output van veeteelt de feitelijke opbrengst zal zijn. In dit geval bijvoorbeeld melk. Als we de gras opbrengst onderbrengen in de output van melk, dan levert dat voor 1 hectare gras 7,4 GJ aan melk voedingsenergie op, en de EROI is dan als indicatie nog slechts 0,4.

Overigens is dat nog zonder de proces inputs in de veehouderij alsmede zonder landbeslag over de hele keten.

conclusies en aanbevelingen

Dit is een hoogst interessante analyse die direct veel inzicht geeft op hoofdlijnen waar de grootste problemen zitten. Zeker gezien het feit dat we zonder fossiel moeten gaan werken betekent dat veel processen in de landbouw moeten omschakelen en die processen daarbij een directe relatie krijgen met hun eigen activiteiten zoals biodiesel uit koolzaad. Dat maakt de consequenties ook zeer zichtbaar.

De beperkte studie laat op zich nog een gunstig resultaat zien, aardappelen is een van de minst bewerkelijke en hoogst productieve teelten in termen van voedseloutput. (niet voor niks dat van Gogh uitkwam op het schilderen van aardappeleters) . Het toont daarmee tevens aan dat het de moeite loont om dezelfde berekening voor andere teelten te maken, en voor diverse grondsoorten, zodat en erg



energie-intensieve processen aangepakt kunnen worden en een meer optimaal landgebruik naar soorten mogelijk wordt.

Het moge duidelijk zijn dat in principe de energie vergelijking voorafgaat aan de biologische potentie van een gebied. Het kan nog zo interessant zijn een bepaalde teelt op een bepaalde manier uit te voeren op een bepaalde locatie. Als er meer energie ingaat als eruit komt, of in ieder geval minder dan 3 x (en dat is al een harde ondergrens) dan heeft het gewoon geen zin om er aan te beginnen. Er zal echt gezocht moeten worden naar teelten die ruim boven een eroei van drie uitkomen, om de output op langere termijn zeker te stellen

Wat dit verkennend onderzoek vooral aantoont is dat dit nodig uitgebreid moet worden, en liefst ook wetenschappelijk ondersteund, vanwege de keuze in ketens, dataonderzoek, systeemafbakening, allocatie keuze, ontbrekende gegevens etc.

Slotwoord

Feitelijk is dit een zoek en testfase geweest: Is het mogelijk om landbouw systemen te ontleden en te evalueren op hun impact, per hectare, per bedrijf of per sector, en hoe dan een voor de praktijk bruikbare indeling daarvoor te verkrijgen. Na diverse modellen en invalshoeken te hebben geprobeerd, leek er een het meest praktisch: die aan de hand van separate activiteiten uitgevoerd op het land. Als test is dat uitgewerkt voor aardappelteelt, en als dubbele check voor grasland. De uitkomst voor aardappelteelt is vergelijkbaar met de algemene cijfers van Smit [2], daarmee aangevend dat deze methode bruikbaar is voor een meer gedetailleerde en praktisch gerichte evaluatie methode per teelt, of bedrijf. Om dit verder uit te werken voor ene grote variëteit aan teelten en hun EROI, kan dit model als basis dienen voor een meer gestructureerde en fundamentele opzet.

Annex: lessen voor de maxergy methode

LROLI Land return on land investment

We zouden ook van land naar land kunnen rekenen, dus de land output van 1 hectare tov de landinput, van direct en indirect landbeslag. Het maximum is dan 1 uiteraard: de opbrengst van die 1 hectare zonder externe input. Dat is dan zeg maar de natuurlijke staat van de natuur. Zodra er wordt ingegrepen kan het niet anders dan minder dan 1 zijn. (Waarbij die 1 als hectare vaststaat, maar de opbrengst natuurlijk wel kan variëren, die staat voor de lokale vruchtbaarheid etc)

Neem bijvoorbeeld 1 hectare die handmatig wordt ingezaaid, uit de opbrengst van het jaar ervoor: En stel iemand is daar 1 maand mee bezig, schoffelen zaaien etc. En vervolgens nog 1 maand met oogsten. Dan is de input twee maanden arbeidsenergie, ofwel de het equivalent aan voedsel energie daarvoor, wat dan weer een hoeveelheid land (opbrengst) vertegenwoordigt. In dit project is gerekend met 0,0175 GJ/gewerkt uur, ofwel bij 2 maanden werk is dat 5,6 GJ. In geval het aardappelvoorbeeld, lokale output is 148GJ/ha, is dus 0,037 ha input nodig, dus de netto output is dan 0,963, zijnde de land return on Land input, de LROLI.

Overigens, is hier gerekend met de output van 1 hectare hoog energie intensieve landbouw, en niet met de opbrengst van die handwerker alleen. Die zou ook minder zijn. Voor arbeidsenergie is de omrekenfactor van Smits [x] aangehouden, uitgaande van een te voeden gezin en totaal aantal uren te voeden. 1 op 1 gerekend in arbeid is er tegenover minder opbrengst ook minder arbeidsland nodig. Daar moet nog eens aan gerekend worden.

Dit toegepast op de cijfers in dit project, zou de aardappelhectare een LROLI kennen van $1/7 = 0,14$.

Voor gras is het $1/5$ ofwel 0,2. (als tussenproduct evenwel weer)

Wat wil dat zeggen? Dat in feite maar netto 0,14 ha effectief gebruikt wordt. Ofwel, als je het mondiaal

beschouwt, we misschien wel een hoge output per hectare hebben, maar effectief maar 1/7 van het aantal hectaren beschikbaar hebben. De rest gaat op aan secundaire omzettingen en tussenproducten.

In een eerdere fase van het VK project heb ik eens berekend dat voor een voedselbos de output minimaal 89 GJ zou zijn, alleen gerekend met de bomen oogst, indien walnoten en appels. [6] De bijdrage van de onderlagen nog niet meegerekend dus. De arbeids input daarvoor zou 2/7 mensjaar zijn (beperkt onderhoud en oogsten) . Uitsluitend met die ene arbeider gerekend en netto uren dat neer op 8 GJ.. Maw de EROI is 11. In land: er is 0,09 ha nodig aan input, dus de LROI is dan 0,91. (de oorspronkelijk berekening ging niet uit van de omrekenfactor van Smits, maar puur de arbeidsenergie van 1 persoon (1 GJ) , en dan komt de EROI uit op 89!)

Overigens zijn dit wel de soort berekeningen die voor de industriële revolutie in feite maatgevend waren: ook een os kon worden ingezet voor het ploegen, maar die nam ook weer voedsel-land in beslag. In de literatuur zijn voorbeelden te vinden waarbij steden in de problemen kwamen om dat de gevraagde voedselvoorraden niet meer voldoende waren mede door de voedselbehoefte voor ossen , vanwege inzet voor ploegen maar ook het transport door ossen, naar steeds verder gelegen velden, dat zijn grenzen kende. Uiteindelijk allemaal een voedsel-land-tijd probleem . (lees bijvoorbeeld het zeer interessante boek 'in the servitude of power', dat daar uitgebreid op ingaat.)

Afkortingen

de afkortingen gebruikt in de tabel zijn als volg:

l = landbouw f=fabriek/fabricage andere letters verwijzen naar de rubriek zelf(k=kunstmest etc.)

1^e orde

- OE-l operationele energie in gebruik in landbouw (brandstof trekker etc.)
- EE-l embodied energie in gebruik in landbouw. (van machines, grondstoffen,)
- AE-l arbeids- energie inzet in landbouw (bestuurder)
- EM-l materialen ingezet in landbouw (van machines, grondstoffen)
- EL-l landbeslag landbouw zelf (netto/bruto oppervlak, gebouwen, infra)

2^e orde

- EE-f Embodied energy toel. fabrieksgebouwen (fabrieks energie, landelijke infra energie,)
- AE-f arbeids- energie (ingezet in fabrieken oa)
- EM-f Materialen beslag door fabrieken (machines, en fabrieken zelf, transportmiddelen)
- EL-f landbeslag fabrieken en toel. Industrie (direct oppervlak gebouwen en wegen)
- CE Circulaire energie in Embodied Land (indirect land ter sluiting van kringlopen en compensatie EE)

relatie energie en land voor effecten		energie	landbeslag	Circ. Energie/land
1e orde				
operationele energie in gebruik in landbouw (brandstof trekker etc.)	OE-l	x	x	
embodied energie in gebruik in landbouw. (van machines, grondstoffen,)	EE-l	x	x	
arbeids- energie inzet in landbouw (bestuurder)	AE-l	x	x	
materialen ingezet in landbouw (van machines, grondstoffen)	EM-l		x	x
landbeslag landbouw zelf (netto/bruto oppervlak, gebouwen, infra)	EL-l		x	
2e orde				
Embodied energy toel. fabrieksgebouwen (fabrieks energie, landelijke infra energie,)	EE-f	x	x	
arbeids- energie (ingezet in fabrieken oa)	AE-f	x	x	
Materialen beslag door fabrieken (machines, en fabrieken zelf, transportmiddelen)	EM-f		x	x
landbeslag fabrieken en toel. Industrie (direct oppervlak gebouwen en wegen)	EL-f		x	
Circulaire energie in Embodied Land (indirect land ter sluiting van kringlopen en compensatie EE)	CE			x

als voorbeeld: de trekker heeft

1^e orde: OE (brandstof) en EE (maakenergie), AE: Arbeidsenergie, deze tellen bij energieberekening maar ook als landbeslag: verondersteld is dat ze hernieuwbare dienen te worden 'geoogst.

De trekker heeft ook 1^e orde EM embodied materials (diezelfde van de EE) . Die tellen als 1^e orde direct landbeslag indien organisch, en als indirect landbeslag indien niet organisch (CE)

2^e orde: EE en AE tellen als energie en idem als onder 1^e orde in 2e orde land.

EM komt erbij , maar dan van toeleverende keten, en als hiervoor in 2^e orde land

EL idem

referenties:

[1] Artikel in Landschap najaar 2020 nr 4: Land is ons Kapitaal:

<https://www.landschap.nl/tijdschrift/2020-4/het-landschap-is-ons-kapitaal/>

[2] De duurzaamheid van de Nederlandse landbouw : 1950 – 2015 – 2040, Meino Smit, 2018 WUR, isbn 9789463432894; 9463432892 , <http://library.wur.nl/WebQuery/wda/2244882> [3] blog smit

[3] Embodied Land en de landbouw: <http://ronaldrovers.nl/kringlopen-berekenen-embodied-land-de-landbouw/>

[4] 1] EROI of different fuels and the implications for society , Charles A.S. Hall n , Jessica G. Lambert, Stephen B. Balogh , Energy Policy 64 (2014) 141–152

[5] see also Year in review – EROI or energy return on (energy) invested, Article in Annals of the New York Academy of Sciences, January 2010, David J. Murphy and Charles A. S. Hall

[6] EROI Landbouw: <http://ronaldrovers.nl/laat-de-natuur-zijn-het-werk-doen-eroi-landbouw/>

[7] arbeid als energiebron <http://ronaldrovers.nl/arbeid-eeen-duurzame-energiebron-die-verdwijnt/>

[8](a) MAXergy : Zie www.maxergy.org (geraadpleegd 2 oktober 2020)

(b) ‘Gebroken Kringlopen’, naar een volhoudbaar gebruik van bronnen. Utrecht. Uitgeverij Eburon.

(c) Rovers, R., M. Ritzen, J. Houben & V. Rovers, 2017. Closing Cycles: Circular Energy, the missing link. Conferencepaper: 5th International Exergy, LCA, and Sustainability Workshop & Symp. (ELCAS5), Greece.

[9] discriminatie tussen grondstoffen: <http://ronaldrovers.nl/circulair-part-2-grondstof-racisme/>

Literatuur /Achtergrond bij berekeningen

[10] algemene bronnen landbouw systemen:

(a) Nemecek, lca of agricultural systems,

https://www.ecoinvent.org/files/131021_nemecek_lca_of_agricultural_systems.pdf

(b) Energy and the food system, Wood et all, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2935130/>

(c) Aguilera et al 2015 Embodied energy in agricultural inputs

<http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/141278>

[11] trekker: [2] en

(a) Wat kost je tractor? WUR depot , <https://edepot.wur.nl/429700>

(b) Landbouwmachines, 2008, <http://www.fedecom.nl/wp-content/uploads/2016/09/Rapport-landbouwmachines-2008.pdf>

[12] Arbeid: [2] en

(a) Arbeid/banen UWV Agrarische en groenese sector: Factsheet arbeidsmarkt,

<https://www.uwv.nl/overuwv/Images/factsheet-agrarisch-groene%20sector-2019.pdf>

(b) zie ook Aguilera 10c

[13] kunstmest: [2] en

(a) Aguilera, 10 c

[14] Pesticiden: [2] en

(a) Aardappel 2.0 heeft minder bestrijdingsmiddelen nodig, in <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/agri-food/33177/aardappel-duurzaam>

(b) Gebruik gewasbeschermingsmiddelen opnieuw gedaald , 10-6-2020 Wageningen research:
<https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2275&indicatorID=2072>

(c) Gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw per gewas, 2012-2016, Compendium voor de leefomgeving 16-01-19: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0006-gebruik-gewasbeschermingsmiddelen-in-land--en-tuinbouw-per-gewas>

[15] Berekening,

(a) Water op wielen, winst bij aardappelen weg , 030818, <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2018/08/03/water-op-wielen-winst-bij-aardappelen-weg>

[16] Embodied Land

(a) Circular energy:

https://www.researchgate.net/publication/318318419_Closing_Cycles_Circular_Energy_the_missing_link

(b) MAXergy rapport:

<http://www.maxergy.org/wp-content/uploads/2016/01/maxergy-report-march2013-with-updates-010116.pdf>

[17] Gebouw transport en infra: Smit [2] en eigen gegevens

[18] zaai goed: geen gegevens

[19] Dierlijke mest: Smit [2]

[20] Aardappelen: Gegevens Aequator

[21] grasteelt: gegevens Aequator