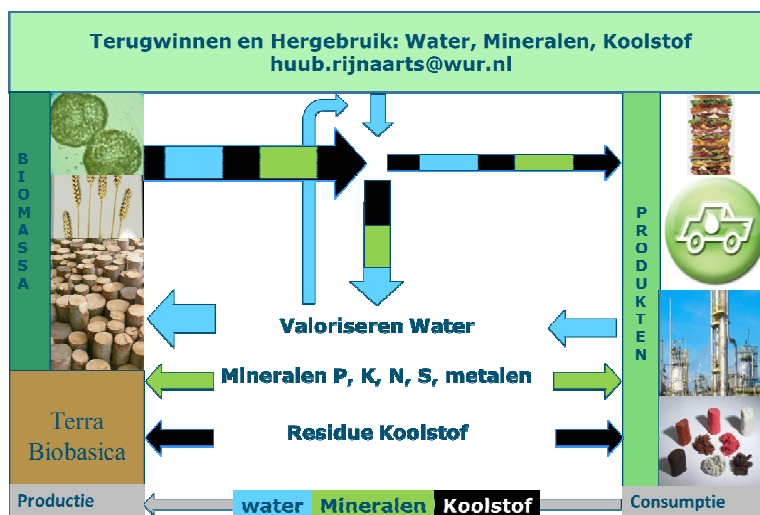


TERUGWINNEN en HERGEBRUIK van Grondstoffen in de Biobased Economy (BBE): WATER, MINERALEN, KOOLSTOF [Huub.Rijnaarts@wur.nl](mailto:Huib.Rijnaarts@wur.nl)

0. Algemeen

Dit werkpakket gaat over terugwinnen van grondstoffen uit zij- en eindstromen van de BBE en het veilig en duurzaam hergebruik daarvan bij de productie of verwerking van biomassa, of bij herstellen van de natuurlijke balans van bodem- en watersystemen. De focus van dit werkpakket ligt op water, mineralen en koolstof, en de effecten op biodiversiteit:

- **Water.** Door schaarste is er noodzaak tot besparing en hergebruik, zodat valoriseren van water door verwijderen van ziektekiemen, schadelijke chemicaliën en zout noodzakelijk is.
- **Mineralen.** Door lokale, regionale en mondiale productieketens die niet gesloten zijn in een kringloop, ontstaan aan de ene kant tekorten en aan de andere kant overschotten, met name m.b.t. mineralen. Beide tasten landbouw en ecosystemen aan in hun productiviteit en stabiliteit. Bovendien ontstaan er de komende decennia grondstoffekorten zoals voor fosfaat, wat de voedselvoorziening bedreigt, en voor enkele metalen wat een probleem wordt voor de industrie. Terugwinnen en hergebruik is dus zowel ecologisch als economisch noodzakelijk.
- **Koolstof.** Mondiaal gaan alle landbouwbodems achteruit in koolstofgehalte, waardoor ze steeds gevoeliger worden voor erosie en uitputting door een verminderd adsorberend vermogen. Daardoor spoelen sporenelementen en nutriënten uit en verarmt zowel het microbiologisch leven als de meso- en macro-fauna in de bodem. De productiviteit en biodiversiteit lopen daardoor gelijktijdig terug en dit moet worden tegengegaan door terugvoer van stabiele koolstofresiduen naar de bodem. De kunst wordt om de juiste stabiele koolstofvormen te vinden als oplossing voor dit probleem, waardoor het functioneren van bodem in biodiversiteit en als duurzame productiefactor wordt verbeterd. Deze nieuw te ontwikkelen antropogene bodems zullen we Terra BioBasica noemen.



Figuur 1. Potentieel terugwinnen en hergebruik van water (blauw), mineralen waaronder nutriënten (groen) en koolstof (zwart), uit de BBE productieketens en uit reststromen voortkomend uit consumptie (grijze pijl).

1. Kansen voor bedrijven en maatschappij

De BBE moet per definitie duurzaam zijn om een echt alternatief te vormen voor de huidige "fossiele grondstof economie". Dit betekent dat vanaf het begin gekozen moet worden voor circulaire (kringloop)systemen, gekenmerkt door een zo laag mogelijk energieverbruik en een zo klein mogelijke footprint. Het terugwinnen en hergebruik is daarmee een onmisbaar element van de BBE. Juist hiermee kan de BV Nederland zich onderscheiden van andere landen die daar minder nadruk op leggen. Dit biedt dus uitstekende kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven. Dat heeft een al een sterke positie in belangrijke sectoren: agro/food en tuinbouw, chemie en energie. Verder heeft Nederland een voorloperpositie in het verwerken van rest- en eindstromen (vooral vanuit de topsector water), watertechnologie, het beheer van bodem- en watersystemen (deltatechnologie), en in transport van biomassa en grondstoffen. Combinaties van bedrijven die regionale en mondiale kringlopen sluiten op basis van nieuwe technologie en nieuwe concepten kunnen zowel Nederland een voorsprong geven, als een duurzame BBE bewerkstelligen.

Van belang is te bedenken dat de BBE meerdere cycli heeft: de keten van biomassaproductie en verwerken naar producten, en die van de product-consumptie met daaruit voortvloeiend huishoudelijk en bedrijfsafval. Beide kringlopen dienen gesloten te worden (Figuur 1), inclusief de kringloop via dierlijke productie. Teruggewonnen grondstoffen kunnen in een groot deel van de behoefte aan meststoffen voor biomassaproductie voorzien. Door zuivering van water (huishoudelijk en industrieel), indien nodig aangevuld door bijv. ontzilting), kunnen veel gebieden zich voor 100% zelfvoorzienend met zoet water maken. Voor de landbouw en de agro-industrie, waaronder de (fris)drank industrie, is dit een noodzakelijke ontwikkeling om in droge seizoenen en in gebieden met schaarste aan zoet water te allen tijde te kunnen blijven produceren. Er zijn voldoende bedrijven die met terugwinning en hergebruik nieuwe business ontwikkelen.

Kansen voor bedrijven.

1. Primaire productiesector.

De primaire sector kan waterverbruik vergaand terugdringen, en daarmee ook de hieraan verbonden energie- en waterzuiveringskosten. Interne waterkringloopsluiting en industriële ecologie bieden (met inachtneming van de eisen van voedselveiligheid en productkwaliteit) bieden kansen op forse besparingen. Van groot belang is het hergebruik van teruggewonnen mineralen en het realiseren van een goede koolstof- en mineralenbalans, een *license to operate* in de duurzame BBE.

2. Industrie.

Er is in de BBE een grote kans op verwaarding van nuttige stoffen uit afvalwater, waar verwerking hiervan nu vooral een kostenpost is. Net als in de primaire productiesector kunnen waterverbruik en de daarmee verbonden kosten van energie en waterzuivering ster worden gereduceerd. Interne waterkringloopsluiting en industriële ecologie bieden ook kans op forse besparingen, mits veiligheid en kwaliteit gewaarborgd zijn.

a. Biobased industrie. Nieuwe chemicaliën en brandstoffen uit biomassa zullen het alternatief moeten bieden voor 'fossiele' chemicaliën en brandstoffen.

Biomassaproductie, en de verwerking hiervan tot bio-ethanol, bio-plastics, etc. hebben een grote waterfootprint die beperkt moet worden. De nutriënten moeten teruggewonnen en hergebruikt worden en de koolstof dient terug gevoerd te worden naar de bodem. De BBE kan in waterschaarse gebieden gezuiverd afvalwater van olie- en gasproductie en stedelijke afvalwater hergebruiken voor bijvoorbeeld (non-) food biomassaproductie.

b. Voedsel-, drank- en agroindustrie. De voedsel- en dranksector is de grootste industriële sector in Nederland die investeert in watertechnologie. Vanwege watertekorten op vele plaatsen van productie (waterschaarse gebieden in de wereld) is naast waterbesparing, waterhergebruik de nieuwe weg te gaan.

Hierbij moet productveiligheid en kwaliteit geborgd worden. Net zoals in de tuinbouw, waar gietwater wordt hergebruikt, zijn desinfectie en ontzilting essentieel. Daarnaast zijn terugwinning van energie en nutriënten uit restproducten belangrijk. Voorheen waren dit belangrijke kostenposten, in de toekomst biedt dit een extra mogelijkheid voor economisch waardevolle producten uit de zijstroom.

3. Technologie- en concept-leverende bedrijven. Valoriseren van water voor hergebruik, om zo de *waterfootprint* te reduceren, moet vanwege duurzaamheid en economische overwegingen een focuspunt zijn. Daarnaast zijn essentieel: terugwinning van nuttige componenten uit reststromen en afvalwater, maken van producten voor de markt (bijv. fosfaat-meststoffen) en terugvoer van koolstof naar de bodem.

Voor het valoriseren van water zijn nieuwe technologieën nodig (= kans voor technologie-leverende bedrijven) voor bijvoorbeeld de verwijdering van pathogene organismen (ziektekiemen) en organische microverontreinigingen, en voor energiezuinige ontzilting. Het terugwinnen van nutriënten (N, P, K, S) uit agro-industrieel en huishoudelijk afvalwater en valorisatie van de producten voor hergebruik (bijvoorbeeld P in vorm te verhandelen op de kunstmestmarkt) is al door een aantal organisaties opgepakt. Ontwikkeling naar (internationaal) marktrijpe praktijktoepassingen is nog een uitdaging. In bodem en sediment opgeslagen nutriënten kan men terugwinnen uit drainagewater. Dit geeft ecologisch herstel en lost het tekort aan grondstoffen op (bijv. in NL is er een cumulatief overschot van 5 ton P_2O_5 /ha, Oenema et. al. 2011). Schaarse metalen en elementen zoals koper, nikkel en selenium hebben een toenemende waarde op de grondstoffen markt en kunnen ook uit afvalstromen worden teruggewonnen. Dezelfde "technology providers" die in de stedelijke waterketen opereren kunnen hun technologie aanpassen en beschikbaar maken voor de BBE. Het omgekeerde geldt natuurlijk ook. Daarnaast zijn er kansen voor productie van biobrandstoffen en polymeren uit agro-afvalwater en uit micro-algen.

Naast nieuwe technologie zijn er ook nieuwe concepten nodig voor het terugwinnen van grondstoffen en het verhandelen hiervan op de grondstoffen markt. Volgens het Nutriëntenplatform kan Nederland als eerste land ter wereld een duurzame markt voor teruggewonnen fosfaat ontwikkelen. Daarmee kan het Nederlandse bedrijfsleven – met het perspectief van de groeiende fosfaatschaarste in de wereld - als "*first mover*" een groot concurrentievoordeel behalen in de internationale handel van fosfor- en fosfaatproducten (w.o. kunstmest(ervangers) en bodemverbeteraars). Bovendien zullen veel bedrijven en overheden flink kosten kunnen besparen door afval en mest op te werken tot nuttig toepasbare en waardevolle grondstoffen. Afval, mest en rioolwater vormen bovendien maatschappelijk een groot milieuprobleem, dat langs deze weg met economisch voordeel kan worden aangepakt.

Kansen voor de maatschappij. Tekort aan schoon (chemisch/microbiologisch) water is de komende decennia naast de wereldvoedselvoorziening het grootste mondiale probleem voor mens en ecosysteem. Het gaat in het bijzonder om de volgende onderwerpen.

1. Degradatie van landbouwgrond en teruggang in productiviteit en biodiversiteit. Mondiaal gaan alle landbouwbodems achteruit in organische stof (koolstof) gehalte. Dit moet worden tegengegaan door terugvoer van de juiste stabiele koolstofresiduen naar de bodem om biodiversiteit en bodemfunctioneren te verbeteren.
2. Sluiten mineralenbalansen. Het is van groot belang de mineralenkringloop te sluiten en zo tekorten en overschotten in de bodem te voorkomen. De schaarste aan mineralen (m.n. P) vereist hun terugwinning uit afvalwater en agroreststromen, en mogelijk ook uit de opgeslagen voorraad in bodem en sedimenten. Na verwerking kunnen ze in de praktijk weer als meststof worden gebruikt. Consequenties voor het bodem- en waterleven moeten worden

nagegaan om de gevolgen voor ecosysteemdiensten te bepalen en waar nodig de verwerkingsroutes bij te stellen.

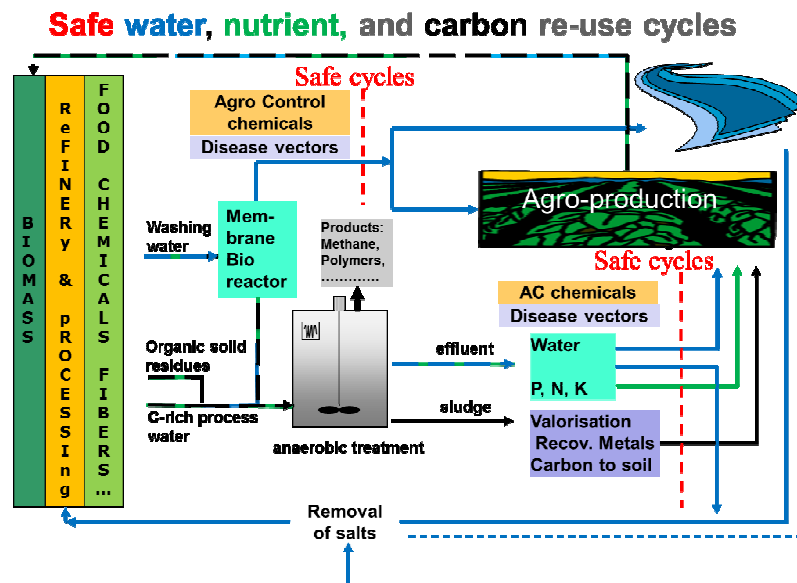
3. Watertekort, teruggang in productiviteit en biodiversiteit versterkt door klimaatverandering en verschuivingen in bevolking. Ongeveer de helft van de wereldbevolking (3,5 miljard mensen) leeft in waterschaarse gebieden, en dit zal de komende decennia verder toenemen door bevolkingsgroei, migratie naar stedelijke gebieden en klimaatverandering. Uitputting van zoet water voor irrigatie en verzilting van watervoorraden, soms leidend tot woestijnvorming, zijn het gevolg. Het is daarom van groot belang om de waterfootprint van de BBE en de daarbij behorende bedrijfsactiviteiten te beperken. Om deze reden moet men ook de gevolgen voor de duurzaamheid van productiesystemen (bodem-gewas) betrekken in de analyses.
4. Watervervuiling. Zowel in de agro-industriële waterketen als in de stedelijk-natuurlijke waterkringloop blijft het tegengaan van vervuiling een zeer actueel aandachtspunt, inclusief vermisting van water en sedimentsystemen en daaruit voorkomende blauwalgenplagen en vergiftiging van water.
5. Water en Klimaatgassen. Organische bestanddelen kunnen deels worden omgezet in broeikasgassen als CO₂, CH₄, en N₂O, bij onjuist uitgevoerde waterzuivering, bij de verwerking van vast afval, of bij verkeerd bodemgebruik.

Millennium Development Goals. Zes van de acht MDG's hebben betrekking op voorzieningen voor sanitatie en schoon (veilig) (drink)water.

Opmerking [h1]: Bullet 6!!!

2. Van agenda naar programma

We hebben te maken met "directe" afvalstromen die bij biobased processen ontstaan, en met "indirecte" afvalstromen die voortkomen uit (huishoudelijk) gebruik van biobased producten. In beide gevallen is het waterverbruik vaak hoog, waardoor verdunde afvalstromen ontstaan. Aanpak van deze problematiek heeft drie doelstellingen: i) schoonmaken van deze stromen zodat het water kan worden hergebruikt voor industriële processen, landbouw of natuur, ii) terugwinnen van waardevolle componenten, en iii) duurzaam gebruik van de bodem.



Figuur 2. Technologische maatregelen in de kringloop van de BBE. Centraal staat het thema SAFE CYCLE.

3. Programma vanuit kansen voor het bedrijfsleven

Centraal staat het thema SAFE CYCLES; het sluiten van kringlopen is noodzakelijk voor een duurzaam water- en grondstoffenbeheer, maar dat kan alleen binnen de randvoorwaarden van voedsel- en biomassa-veiligheid en productkwaliteit.

1. Primaire sector

- a. Reductie waterverbruik bij biomassa-productie, binnen de kaders van energiebesparing, voedselveiligheid en productkwaliteit: verwijdering van ziektekiemen, chemicaliën, toxische stoffen. Gebruik O&G en stedelijk water voor irrigatie en biomassa-productie.
- b. Sluiten van kringlopen zodat een goede koolstof- en mineralenbalans ontstaat, een *license to operate* in de duurzame BBE. Ontwikkeling van mestconcepten met teruggewonnen mineralen.
- c. Nieuwe processen voor biomassa uit wieren en algen, of snelgroeiende waterplanten als Azolla.

2. Industrie

- a. Biobased industrie (Biomassa verwerkende industrie).
 - i. Reductie waterfootprint bij biomassa-productie en -verwerking,
 - ii. Invoer van Biobased Systems Dynamic and Control. Bedrijven: industriële eindgebruikers en systeemontwikkelaars (ICT). Ontwikkeling van ecosysteemdiensten met betrekking tot bodemkwaliteit.
- b. Voedsel-, drank- en agro-industrie
 - i. waterbesparing uitbreiden met waterhergebruik, waarbij productveiligheid en kwaliteit geborgd worden (desinfectie en energiezuinige ontziltling).
 - ii. Verbetering productie diervoeding en dierlijke productie: veel invloed op water- en nutriëntenfootprint,
 - iii. Verwerking zijstromen dierlijke productie (decentrale dierlijke sanitatie, mest N/P/K recovery; medicijnen, antibiotica, pathogenen)

3. Bedrijven die Technologie en Concepten leveren.

- a. Technologie voor valoriseren water
 - i. Verwijderen pathogene organismen en chemische verontreiniging.
 - ii. Makkelijk omzetbaar organische stof naar nuttige producten.
 - iii. Tegengaan van accumulatie van zout, zuur, loog, of specifieke componenten; optimalisatie van biologische behandeling bij dat soort extreme condities
- b. Technologie voor water-, mineraal- en koolstofbalansen.
 - i. Terugwinnen van N, P, K, en S uit afvalwaterstromen, bijvoorbeeld via NH₃-MFC, Struviet, of andere vormen van P-neerslagen of via algentechnologie
 - ii. Moeilijk afbreekbaar organische stof (slib, concentraten) geschikt maken voor hergebruik via stabiele eindproducten (juiste keuze uit Biochar, Biocement, Sludge2Soil en Sludge2Ash2Soil in relatie tot biodiversiteit en productiviteit)
- c. Concepten voor water-, mineraal- en koolstofbalansen
 - i. Urban en Industrial Harvest: terugvoer van zoetwater in agroprocessen naar de landbouw.
 - ii. Marktaanpak en kwaliteitsborging van geproduceerde meststoffen voor de nationale en internationale kunstmestmarkt; leveren van commodity grondstoffen gecertificeerd voor de productieketen.

Programma vanuit kansen voor de maatschappij

1. Degradatie landbouwgrond en teruggang in productiviteit en biodiversiteit.

Terugvoer van stabiele koolstofresiduen naar nieuwe antropogene bodems, Terra BioBasica.

2. Sluiten mineralenbalansen door terugwinning mineralen uit afvalwater, agreststromen, en bodem- en sedimentsystemen; verbetering functioneren en productiviteit van de bodem.
3. Watervervuiling: chemische en microbiologische veiligheid bij herwinnen en hergebruik.
4. Water en Klimaatgassen: watertechnologie en bodembewerking die methaan- en lachgasemissie voorkomt.
5. Watertekort, biodiversiteit en klimaatverandering en Millenium Development Goals. Vermindering lokale waterfootprints door zuivering van water voor hergebruik in irrigatie en voor herstel van natuurlijke watervoorraden; verbetering biodiversiteit; daaraan gekoppelde ecosysteemdiensten voor water- en bodemkwaliteit.

Inhoudelijke onderzoeks- en innovatieagenda op de as van fundamenteel en toegepast onderzoek, en valorisatie

Fundamenteel onderzoek

1. Technologieontwikkeling voor zuivering van water (ziektekiemen, chemicaliën, zout), voor terugwinning van mineralen uit reststromen, en vorming van kwaliteitsproducten (Met name Programma TTI Water/Wetsus). Nulemissie klimaatgassen in bioprocessen in BBE.
2. Effect van koolstofresiduen en mineraalresten op bodemkwaliteit: ontwikkeling van de Terra Biobasica.
3. Ontwikkeling van een ecosysteem-dienstenconcept voor grondstoffen, bodemkwaliteit en vermindering van de waterfootprint, om productiviteit van landbouw en natuur te behouden. Industrial ecology en watermanagement voor reductie van de waterfootprint.

Toegepast onderzoek/Valorisatie

1. Terugvoer van zoetwater in agroprocessen en naar de landbouw, onder meer uit afvalwater van de olie- en gasproductie en de stedelijke waterketen; gevolgen voor de duurzaamheid van productie- en (half)natuurlijke ecosystemen.
2. Kwaliteitsborging van geproduceerde meststoffen voor kunstmestmarkt; levering van commodity grondstoffen gecertificeerd voor de productieketen.

Valorisatie

1. Bestaande technologieën en concepten voor terugwinnen van water, nutriënten, mineralen en koolstof voorzien van kwaliteitsborging; introductie van deze technologieën op de markt.

4. Mogelijkheden voor het MKB om aan te sluiten. Dit werkpakket is een sterk Technology Provider gericht werkpakket waarin ruim plaats is voor MKB en nieuwe startups. Nieuwe BBE bedrijven zijn vaak MKB's die kunnen aansluiten.

5. Aansluiting van regionale clusters en vestigingsaspecten. Wetsus heeft zijn oorsprong in Noord Nederland, Wageningen Universiteit heeft een sterke binding met de Zuidwestelijk Delta (o.a. via de Business Case Leven met Zout), Oost Brabant/Limburg, en de Provincies Gelderland, Overijssel en Flevoland, alle centra met een hoge biomassa-productiviteit. Andere lokale initiatieven (voor water, koolstof en mineralenbalansen) en bedrijfsinitiatieven (bijvoorbeeld Biocab) kunnen hier aansluiten. Dit thema heeft bij uitstek een regionale focus. Waar mogelijk zullen kringlopen zoveel mogelijk lokaal en regionaal gesloten moeten worden. De hergebruiksconcepten zullen dan ook een integraal onderdeel worden van de groeiende regionale biohubs.

6. Aansluiting op de Europese onderzoeks- en innovatieagenda (KP-7, Joint Programming, CIP).

Er loopt onder FP7 een aantal projecten, en in aanloop naar KP8 wordt in verschillende discussiefora mede richting gegeven aan het komende programma.

7.Financiën en instrumenten (inventarisatie incompleet op 9-12-2011; alle getallen louter indicatief!!)

Ca 30 tot 40 M€ in lopende PPS-en voor komende vijf jaar
Minimaal 10 M€ over 5 jaar aan extra bedrijfsbijdragen nodig voor realisatie van het programma.

8.Aspecten voor de Human Capital Agenda (onderwijs, scholing en arbeidsmarkt)

Bij Wageningen UR worden onderwijs en onderzoek uitgevoerd onder de kwaliteitsborging van de onderzoekscholen, met name WIMEK (onderdeel SENSE) en VLAG. Het gaat om de opleidingen Master Environmental Sciences (MES), Master Urban Environmental Management, Master Biotechnology en een *joined degree Water Technology* samen met RUG en UTwente. In die programma's worden ca. 75 – 100 MSc afstudeerders per jaar geleverd, en c.a. 20 PhD's promoveren per jaar in richtingen relevant voor de BBE. Daarnaast is onder coördinatie van WU een opleidingscentrum in oprichting "Centre of Biobased Economy (CBBE)" die samen met een aantal HBO instellingen de ambitie heeft om ook een zware impuls te geven op BSc niveau (HBO en Universiteiten), het voorlopend traject op de middelbare scholen, en aansluiten op MSc en PhD trajecten. Internationale samenwerkingen in Europa (Ersamus) en met VS, Canada, Vietnam, Indonesië, China, Brazilië en Chili bestaan en worden verder uitgebouwd.

Opmerking [h2]: Joined!!
Engels!!! Joint = hashjies