ONDERSTE BOVEN

Open Oproep
Bouwen vanuit de bodem

Stimuleringsfonds Creatieve Industrie

Dingeman Deijs Architects
MNEXT
Deltares

ONDERSTE BOVEN

Open Oproep
Bouwen vanuit de bodem

Stimuleringsfonds Creatieve Industrie

Earth architecture is considered one of the first methods developed by humans to create shelters.

Ankitha Gattupalli

Gattupalli, A.; The Science Behind the Resilience of Earth Architecture; Archdaily; 24.12.2022; https://www.archdaily.com/990660/the-science-behind-the-resilience-of-earth-architecture; 01.10.2024

De ondergrondse ruimte is in het geding. In een alsmaar groter wordende vraag naar woningen en de hiermee toenemende mate van verdichting en verstedelijking, komt er letterlijk en figuurlijk een steeds grotere druk te staan op onze bodem.

In het verleden hebben we de bodemgesteldheid niet serieus genoeg genomen om hier duurzaam gebruik van te kunnen blijven maken. De bodem fungeert al lange tijd als slechts een passieve fundering om op te bouwen.

Een omslag is daarom hard nodig! Er moet een productieve relatie ontstaan tussen onder- en bovengrond. Architectuur moet complementair zijn aan de ondergrond – vice versa moeten we de kwaliteiten van de ondergrond gebruiken in het bouwproces en/of de bouwmaterialen.

Middels het ontwerpend onderzoek ONDERSTE-BOVEN, in een nauwe samenwerking tussen Dingeman Deijs Architects en MNEXT, laten we het belang en de effecten zien van bouwen vanuit de ondergrond. De vraag hoe architectuur van bouwwerken verandert als de bodem weer een leidend principe wordt, en hoe deze architectuur en bodem daarmee integraal toekomstbestendig en lokaal verankerd kunnen worden, uit zich in verschillende ontwerpmodellen en case studies, die het belang tonen van een vitaal, integraal en symbiotisch systeem, en daarmee potentiële handvatten biedt voor de verstedelijkingsopgave om in de toekomst te kunnen ontwerpen en bouwen vanuit de bodem.

In het ontwerpend onderzoek ONDERSTE-BOVEN onderzoeken wij de drie bodemsoorten klei, veen en zand. Dit zijn de 3 hoofdbodemsoorten in Nederland en komen geologisch samen in de stad Groningen. Als vertrekpunt van het onderzoek hebben wij daarom 3 locaties in de periferie van de gemeente Groningen gekozen.

We onderzoeken de bodemkwaliteiten, de problemen en de kansen, om de functies van de bodem, architectuur en landschap met elkaar te verbinden, om tot een vitaal, integraal, en symbiotisch systeem/ benadering te komen.

Het onderzoek ONDERSTE-BOVEN verbreedt hiermee de kennis en de kansen van het bouwen vanuit de bodem, om de bodem waarop we bouwen weer een serieus onderdeel van onze architectuur te maken.

INHOUDSOPGAVE

1.	INTRODUCTIE	6
2.	TEAMSAMENSTELLING	12
3.	BODEMSOORTEN	14
	Nederland	14
	Groningen	16
	locatie 1: kleibodem	18
	locatie 2: veenbodem	20
	locatie 3: zandbodem	26
4.	KWANTITATIEVE WAARDEN	30
	kleibodem	34
	veenbodem	38
	zandbodem	42
5.	GEWAS - MATERIAAL - WONING	46
6.	ECOSYSTEEMDIENSTEN	50
7.	LANDSCHAPSTYPOLOGIEEN	52
8.	INTEGRAAL SYSTEEM	58
	kleibodem	60
	veenbodem	62
	zandbodem	64
9.	CASESTUDIES	66
	introductie	66
	kwantitatieve waarden	70
	kleibodem	74
	veenbodem	78
	zandbodem	82
10.	KANSENKAART	86
	Groningen	86
	Almere	88
	Utrecht	90
	Zwolle	92
11.	REFLECTIE	94
12.	BIJLAGEN	98
	A.1 tabel kwantitatieve waarden kleibodem	100
	A.2 tabel kwantitatieve waarden veenbodem	101
	A.3 tabel kwantitatieve waarden zandbodem	102
	A.4 tabel ecosysteemdiensten	103

01 INTRODUCTIE

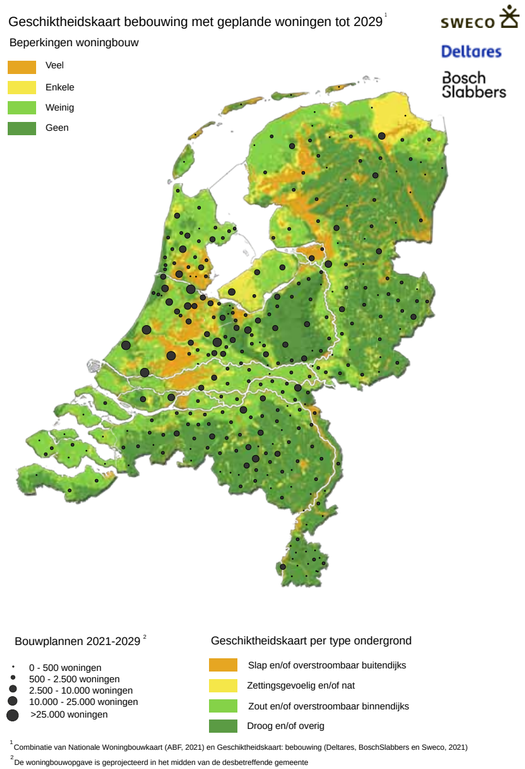
De ondergrondse ruimte is in het geding. In een alsmaar groter wordende vraag naar woningen en de hiermee toenemende mate van verdichting en verstedelijking, komt er letterlijk en figuurlijk een steeds grotere druk te staan op onze bodem.

In het verleden hebben we de bodemgesteldheid niet serieus genoeg genomen om hier duurzaam gebruik van te kunnen blijven maken. We hebben onszelf boven de natuur geplaatst en we zijn afgedreven van de belangrijke connectie met onze planeet aarde. De bodem fungeert zodoende al lange tijd als slechts een passieve fundering om op te bouwen.[1]
We hebben hiermee de grenzen van een gezond en vitaal bodem- en watersysteem verregaand overschreden, terwijl juist een gezonde ondergrond integraal kan bijdragen aan de oplossingen voor maatschappelijke opgaven zoals verduurzaming, verstedelijking, klimaatverandering, overstromingen, bodemdaling, etc.

Een omslag is daarom hard nodig, echter wordt er nog steeds vanuit oude modellen gedacht en gehandeld. Bij de keuze voor nieuwe locaties voor woningbouw houden we in Nederland bijvoorbeeld nog nauwelijks rekening met het bodem- en watersysteem en de gevolgen van klimaatverandering. Dat schrijft deltacommissaris Peter Glas op 8 december 2021 in zijn tweede advies over woningbouw en klimaatadaptatie.[2]

Er zijn naar schatting 820.000 nieuwe woningen gepland in gebieden die kwetsbaar zijn voor klimaatverandering. Het gaat daarbij om gebieden met een slappe ondergrond, overstroombare gebieden, of gebieden met een natte bodem, zoals zichtbaar in figuur 1.

De kwetsbaarheid voor bodemdaling, overstromingen, wateroverlast, droogte en/of hitte zal door klimaatverandering alleen nog maar verder toenemen. Met de ambitie van ca. 1.000.000 woningen voor 2030 wordt ruim 80% hiervan gebouwd op locaties die hiervoor in de huidige generieke vorm, bouwmethoden en denkwijze ongeschikt zijn.



[1] Combinatie van Nationale Woningbouwkaart (ABF, 2021) en Geschiktheidskaart: bebouwing (Deltares, BoschSlabbers en Sweco, 2021)
[2] De woningbouwopgave is geprojecteerd in het midden van de desbetreffende gemeente

fig.1 geschiktheidskaart bebouwing Nederland

Het is hierom van belang om de ondergrond voortaan serieus te nemen in onze bouwmethoden. We moeten architectuur weer zien als een onlosmakelijk onderdeel van de bodem waar deze op staat.[3]

Er moet een productieve relatie ontstaan tussen ondergrond en bovengrond. Dit betekent dat architectuur complementair moet zijn aan de ondergrond – vice versa moeten we de kwaliteiten van de ondergrond gebruiken in het bouwproces en/of de biobased bouwmaterialen. Architectuur moet hierbij lokaal verankerd worden. Zie figuur 2.

In ons ontwerpend onderzoek stellen wij de volgende vragen:

- Hoe wordt architectuur weer een onlosmakelijk onderdeel van de ondergrond waar deze op staat?
- Hoe verandert de architectuur van bouwwerken als de bodem een leidend principe wordt?
- En hoe worden bodem en architectuur hierdoor integraal toekomstbestendig en lokaal verankerd?

Met als hoofdvraag, hoe verbinden we de functies van bodem, landschap en architectuur met elkaar om tot een vitaal, integraal, en symbiotisch systeem/benadering te komen?

Hiermee verenigen we verschillende urgente en maatschappelijke problemen en opgaven met de productieve relatie van boven- en ondergrond, tot een holistische en integrale aanpak, zoals schematisch weergegeven in figuur 3.

In een samenwerking met de experts van MNEXT en Deltares onderzoeken wij verschillende bodemsoorten, de probleemstellingen, en de productieve relaties tussen onder- en bovengrond.

Hieruit vervolgen wij het onderzoek met een uitdieping en verfijning van de bodems middels de kwantitatieve waarden en kwalitatieve effecten. Met deze data maken we generieke rekenmodellen die toepasbaar zijn op specifieke locaties.

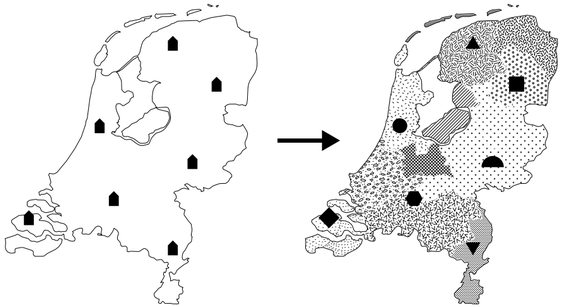


fig.2 locatiespecifiek bouwen

Het doel is een productieve relatie tussen boven- en ondergrond met integrale en toekomstbestendige oplossingen en koppelkansen.

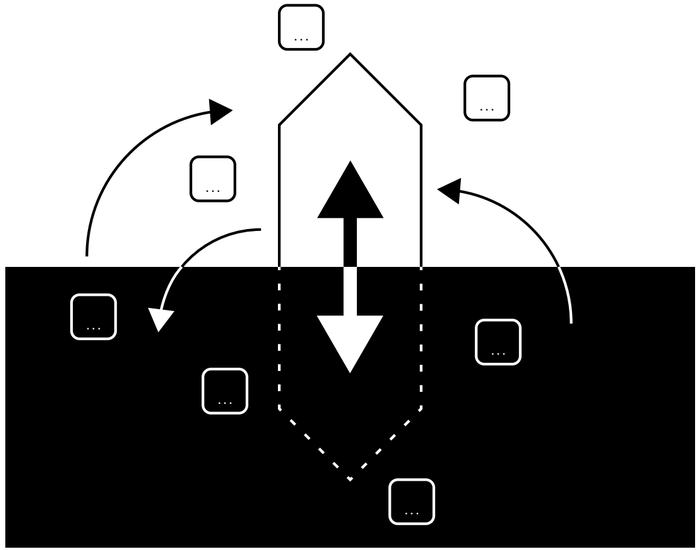


fig.3 conceptschema ONDERSTE-BOVEN

Ontwerpend onderzoek

De Nederlandse bodem is globaal te onderscheiden in 6 verschillende bodemsoorten: vaagbodem (duinlandschap), podzolbodem (zandlandschap), veenbodem (veenlandschap), rivierkleibodem (rivierkleilandschap), zeekleibodem (zeekleilandschap) en lössbodem (heuvellandschap). In figuur 6 worden alle verschillende grondsoorten van Nederland weergegeven.

Zoals zichtbaar in figuur 7 komen in en rondom de stad Groningen de meest voorkomende bodemsoorten van Nederland samen: (zee)klei, zand en veen. Dit maakt Groningen een unieke en de ideale locatie voor ons ontwerpend onderzoek.

Door de verschillende typen bodem, geologische ondergrond en landschappen van Groningen en omgeving als startpunt te nemen voor het onderzoek kan er uiteindelijk antwoord gegeven worden op de centrale vraag: hoe verbinden we de functies van bodem, landschap en architectuur met elkaar om tot een vitaal, integraal, en symbiotisch systeem/benadering te komen?

Het onderzoek ONDERSTE-BOVEN bestaat uit verschillende fasen.

Fase 1 Bodemonderzoek + ontwikkeling bouw-scenario's

In fase 1 onderzoeken we de verschillende bodemsoorten, de probleemstellingen, de productieve relaties tussen boven- en ondergrond, relaties tussen architectuur en landschap, en de holistische, integrale en toekomstbestendige mogelijkheden, oplossingen en koppelkansen.

We zoomen hiervoor in op drie verschillende locaties in Groningen, die verschillen in bodemsoort (zeeklei, zand en veen).

Door met een holistische benadering in het onderzoek naast de verschillende bodemsoorten óók onderzoek te doen naar de relaties tussen architectuur en landschap, en de potentie van de ondergrond tot lokaal geproduceerde biobased bouwmaterialen kunnen we tot integrale oplossingen komen, welke specifiek zijn voor de verschillende locaties in Groningen, met de verschillende bodemsoorten klei, veen en zand.

Voor deze 3 specifieke locaties ontwikkelen we elk een generiek scenario dat reageert op de verschillende ondergronden, landschapstypen en bodemproblematiek en/of -kansen.
Deze scenario's zijn een uiting van bouwmethoden die een productieve relatie aan gaan met boven- en ondergrond en hiermee, integrale, toekomstbestendige en lokaal verankerde oplossingen aanreiken. We ontwikkelen hiermee bouw-scenario's die een onlosmakelijk onderdeel zijn van hun ondergrond.

Aangezien in Groningen de meest voorkomende bodemsoorten samenkomen, er veel verschillende landschapstypen voorkomen, en de toekomstige klimaatopgaven uiteraard ook hier spelen, zijn de verschillende locaties representatief voor vergelijkbare locaties in Nederland.
Hierdoor kunnen de uitkomsten van het ontwerpend onderzoek en de ontwikkelde bouw-scenario's ook generiek worden ingezet in onderzoek en de ontwikkeling voor modellen voor andere specifieke locaties in Nederland.

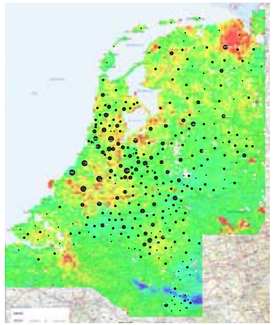
Fase 2 Kwantitatieve waarden en kwalitatieve effecten

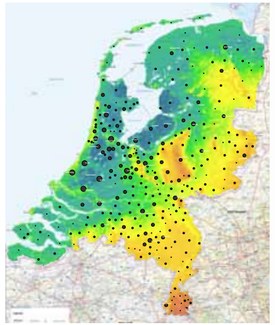
In fase 1 van het onderzoek is veel informatie, kennis en data verzameld en zijn hieruit schema's en generieke ontwerpmodellen ontwikkeld. Deze modellen en schema's zijn een vertrekpunt om het integraal ontwerpen van bodem en architectuur verder te ontwikkelen.

De onderzoeksresultaten uit fase 1 worden in fase 2 specifieker uitgediept en uitgewerkt door nauw samen te werken met het multidisciplinaire team van experts van MNEXT. Hierbij onderzoeken we specifieker de opbrengsten van het bouwen vanuit de ondergrond in kwantitatieve waarden van biobased bouwmaterialen, teelten, bouwdichtheden, etc. en de kwalitatieve effecten van de ontwerpmodellen per bodemsoort, zoals vitaliteit van de bodem, de leefbaarheid, biodiversiteit, klimaatadaptatie, recreatie, economische activiteit, etc.

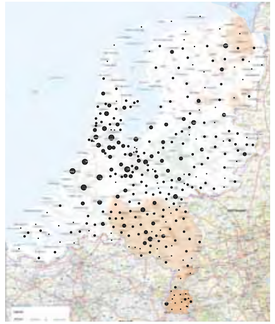
geomorfologisch

archeologisch


bodemdaling


hoogte NAP

overstroming


aardbeving

bodemkaart

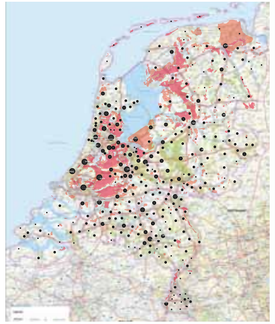

ongeschikte zones

 fig.4 data bodem Nederland

Vanuit deze data verfijnen we de generieke ontwerpmodellen en schema's en wordt het hierbij duidelijker waar de voornaamste uitruilmogelijkheden liggen tussen opbrengsten en andere waarden van het landschap.

Vervolgens testen we deze ontwerpmodellen theoretisch middels case studies. Dit onderzoeken we door middel van 3 contrasterende landschapsmodellen met elkaar te vergelijken: het productielandschap (monocultuur), het semi-natuurlijke landschap (mengcultuur) en het multifunctionele landschap, dienend als 50-50 tussenvorm.
Deze 3 landschappen ontwikkelen en testen we theoretisch op de 3 eerder gekozen locaties in Groningen, uitgaande van de verschillende bodems zeeklei, veen en zand.
Bij het productielandschap wordt uitgegaan van een verkavelde productie, afgezonderd van het woonklimaat en ander landschapsgebruik. In het semi-natuurlijke landschap lopen teelten van verschillende kavels in elkaar over en ontstaat er een verwilderd vermengd landschap van teelt, wonen, productie, recreatie, en biodiversiteit. In het multifunctionele landschap is er sprake van een meer organische vermenging van verkaveling en natuur, waarin teelten deels elkaar natuurlijk overlappen en mengen.

Middels deze landschapsmodellen wordt helder hoe functies met elkaar zijn verbonden, welke voorwaarden er zijn voor specifiek landschapsgebruik en waar de belangrijke keuzes liggen voor toepassingen in grondgebonden bouwopgaves en architectuur. Deze 3 scenario's bieden hiermee inzicht op de mogelijkheden en haalbaarheid van de verschillende ontwerpmodellen.

De bevindingen van de casestudies verwerken we in een uiteindelijke aanscherping van de generieke ontwerpmodellen.
Na in te zoomen op de locaties, in de bodems en op de details van het onderzoek, zoomen we uit op de schaal van Gemeente Groningen. Hierin onderzoeken we middels een kansenkaart wat de potenties zijn van het open landschap rondom Groningen, met als focus het verdichtings-vraagstuk.

De ondergronden (zee)klei, veen en zand zijn naast Groningen ook representatief voor een groot deel van Nederland en kunnen daardoor ook goed worden gebruikt voor de verstedelijkingsopgave i.c.m. de landschapsontwikkeling in Nederland. Een zelfde opzet van de kansenkaart is hierop ook ontwikkeld voor de gemeenten Zwolle, Almere en Utrecht, om ook met deze gemeente in dialoog te gaan over het bouwen vanuit de bodem.

Met het ontwerpend onderzoek ONDERSTE-BOVEN laten we het belang en de effecten zien van bouwen vanuit de ondergrond. De vraag hoe architectuur van bouwwerken verandert als de bodem weer een leidend principe wordt, en hoe deze architectuur en bodem daarmee integraal toekomstbestendig en lokaal verankerd kunnen worden, uit zich in verschillende ontwerpmodellen en case studies, die het belang tonen van een vitaal, integraal en symbiotisch systeem, en daarmee potentiële handvatten biedt voor de verstedelijkingsopgave om in de toekomst te kunnen ontwerpen en bouwen vanuit de bodem.

(1) dig it! building bound to the ground; Baan, I., Mastenbroek, B., SeARCH; p.5-7
(2) https://www.deltaprogramma.nl/documenten/publicaties/2021/12/06/briefadvies-deltacommissaris-woningbouw-en-klimaatadaptatie-spoor-2; bezocht op 22.06.22
(3) dig it! building bound to the ground; Baan, I., Mastenbroek, B., SeARCH; p.623-630

het onderzoek ONDERSTE-BOVEN maakt het belang en de effecten van bouwen vanuit de bodem zichtbaar.

02 TEAMSAMENSTELLING

Het multidisciplinaire team bestaat uit ontwerpers en (wetenschappelijke) experts. Hiermee brengen we kennis en ontwerpend onderzoek samen.

Team
Dingeman Deijs Architects – Dingeman Deijs, architect
Dingeman Deijs Architects – Dennis Koek, architect
MNEXT – Arjen Boon, Docent-onderzoeker Biobased Bouwen
MNEXT – Shannon Peuling, Onderzoeker Biobased Bouwen / Caradt
MNEXT – Annine Rozema, Onderzoeker Biobased Bouwen
MNEXT – Barbora Sabaková, Student Environmental Sciences, Avans Hogeschool
Deltares – Roelof Stuurman, specialist bodem en stedelijk water
Gemeente Groningen

Dingeman Deijs Architects
Dingeman Deijs Architects is een ontwerp- en onderzoeksbureau dat werkt op het raakvlak tussen architectuur en landschap. Het bureau is opgericht door Dingeman Deijs nadat hij in 2009 de gedeelde eerste prijs van de Archiprix won. De verwevenheid tussen architectuur en landschap is een doorlopend thema in ons werk. Hierbij gaat het om de relatie tussen het object en zijn omliggende omgeving. Zij raken onlosmakelijk met elkaar verbonden en vormen een verankering. Ons ontwerpbureau werkt aan complexe ruimtelijke projecten in stad en landschap, door middel van onderzoek en ontwerp. Dingeman Deijs Architects werkt aan de thema's klimaatverandering, energietransitie en stedelijke transformatie met ruimtelijke, strategische oplossingen en innovatieve concepten.

MNEXT
MNEXT is een Centre of Expertise van Avans Hogeschool en Hogeschool Zeeland. MNEXT staat centraal in de transitie naar een biobased economy als kennispartner van veel bedrijven en organisaties. Zij voeren toegepast onderzoek uit, helpen bedrijven met biobased ambities en richten zich op onderwijs. Vanuit MNEXT versterken wetenschappers zoals ecologen, experts in biobased materialen en duurzaam bouwen, biodiversiteit, etc. het team.
MNEXT vormt samen met het MKB de brug tussen innovatie en samenleving in de energie- en materiaaltransitie. Door praktijkgericht onderzoek met studenten, docenten en onderzoekers uit te voeren, zien en pakken we alle kansen om te versnellen.

De experts van MNEXT houden zich in dit onderzoek voornamelijk bezig met de verzameling en berekening van kwantitatieve en kwalitatieve data.

Deltares
Deltares is een onafhankelijk toegepast kennisinstituut op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken zij aan slimme innovaties, oplossingen en toepassingen voor mens, milieu en maatschappij. Deltares houdt zich met experts bezig met de bodemgesteldheid en de klimaatopgaven die hieruit voortkomen.

Gemeente Groningen
De gemeente Groningen is onze lokale partij in het team. Vanuit de Gemeente Groningen maken we gebruik van de lokale kennis, mogelijkheden en netwerk.

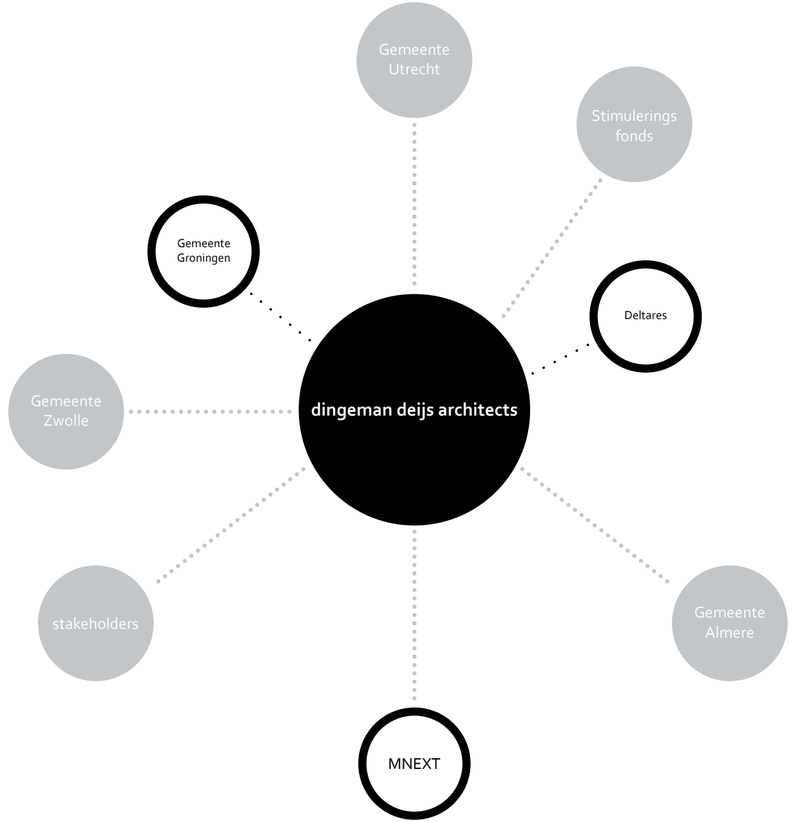


fig.5 organogram

03 BODEMSOORTEN

Nederland

Nederland kent een diversiteit aan bodemsoorten, die elk hun eigen kenmerken en landschappen vormen. Figuur 6 geeft een overzicht van alle verschillende bodemsoorten in Nederland. De verschillende bodemsoorten zijn globaal te onderscheiden in zes verschillende soorten.
Hieronder volgt een beknopte beschrijving van de genoemde bodemsoorten en hun bijbehorende landschappen.

1. Vaagbodem (Duinlandschap)
Vaagbodems zijn typisch voor duinlandschappen. Deze bodemsoort is kenmerkend voor zandige gebieden zoals de Nederlandse kustduinen. Je spreekt van een vaagbodem als bodemvormende processen nog geen of slechts weinig invloed hebben gehad op de desbetreffende afzetting. Ze hebben een lage voedingswaarde en een zure pH door de uitspoeling van mineralen. Vaagbodems hebben vaak een dunne, donkere humuslaag bovenop een lichte zandleemlaag.

2. Podzolbodem (Zandlandschap)
Podzolbodems zijn veel voorkomend in zandlandschappen, zoals de Veluwe en andere zandgronden in Nederland. Anders dan de vaagbodem, wat ook een zandbodem is, heeft de podzolbodem een vaalgrijs uiterlijk door uitwassing van humus afkomstig van plantenresten. Podzolbodems worden gekenmerkt door een duidelijke horizontale stratificatie, met een donkere humuslaag bovenop een lichte, uitgeloogde zone, genaamd de E-horizont. Deze bodems zijn vaak zuur en arm aan voedingsstoffen.

3. Veenbodem (Veenlandschap)
Veenbodems zijn gevormd uit organisch materiaal dat onder water verzadigd en gedeeltelijk vergaan is. Ze worden voornamelijk aangetroffen in veenlandschappen, zoals in de veenweidegebieden van Nederland. Veenbodems zijn rijk aan organisch materiaal en hebben een hoge waterretentiecapaciteit. Door oxidatie kunnen ze echter inklinken en bodemdaling veroorzaken.

4. Rivierkleibodem (Rivierkleilandschap)
Rivierkleibodems worden gevormd door afzettingen van sediment langs rivieren en uiterwaarden. Ze zijn vruchtbaar en hebben een goede waterhuishouding, waardoor ze geschikt zijn voor landbouw. Deze bodems komen voor in rivierkleilandschappen, zoals langs de rivieren de Rijn, Maas en Waal.

5. Zeekleibodem (Zeekleilandschap)
Zeekleibodems zijn afgezet door de zee en komen voor in kustgebieden en delta's. Ze zijn over het algemeen vruchtbaar en bevatten veel mineralen. Zeeklei wordt vaak gebruikt voor akkerbouw en weilanden. Voorbeelden van zeekleilandschappen in Nederland zijn te vinden in de provincies Zeeland en Friesland.

6. Lössbodem (Heuvellandschap)
Lössbodems zijn te vinden in heuvellandschappen, zoals Zuid-Limburg. Ze zijn gevormd door de afzetting van fijne deeltjes door de wind en hebben een goede water- en vochthuishouding. Lössbodems zijn over het algemeen vruchtbaar en worden vaak gebruikt voor akkerbouw, wijngaarden en boomgaarden.

De Nederlandse bodem is globaal te onderscheiden in zes verschillende bodemsoorten.

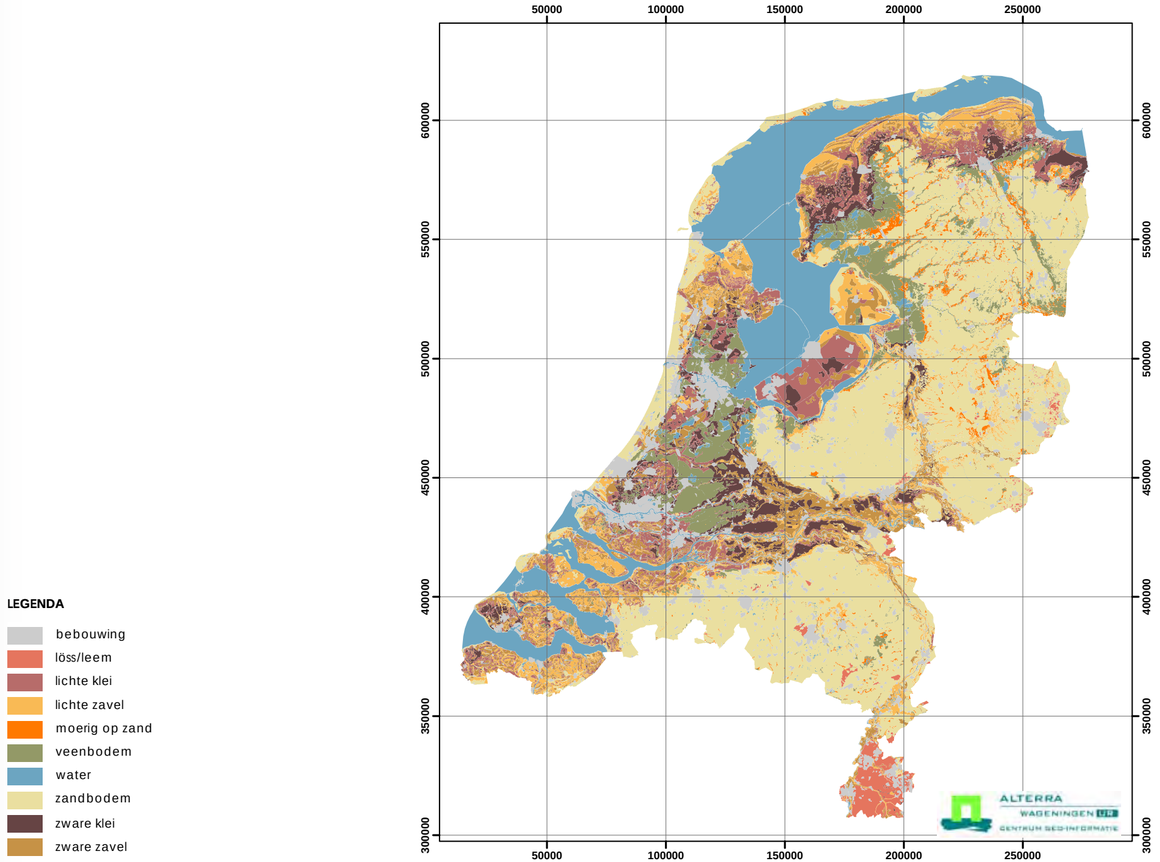


fig.6 bodemkaart Nederland

BODEMSOORTEN

Groningen

Gemeente Groningen ligt wat betreft bodemsoorten op een unieke locatie. Met drie van de zes belangrijkste bodemsoorten die hier samenkomen - (zee)klei, veen en zand - vertegenwoordigt Groningen een gebied met een opmerkelijke diversiteit en een rijke bodemgeschiedenis. Zie figuur 7. We hebben voor ons onderzoek ONDERSTE-BOVEN daarom Groningen als vertrekpunt genomen.

De aanwezigheid van rivier- en zeeklei in de bodem van het noorden van Groningen is een erfenis van het verleden, toen dit gebied werd beïnvloed door de zee en rivieren die sedimenten afzetten. Deze kleisoorten hebben een hoge vruchtbaarheid en zijn van oudsher van groot belang geweest voor de landbouw in de regio. De rijke kleigronden boden een vruchtbare basis voor de ontwikkeling van agrarische activiteiten en hebben bijgedragen aan de economische welvaart van Groningen.

Daarnaast is veen een veel voorkomende bodemsoort in Groningen, in de zuidelijke delen van de stad. Veenbodems, ontstaan uit organisch materiaal dat onder water verzadigd en gedeeltelijk vergaan is, zijn van oudsher kenmerkend geweest voor de noordelijke regio's van Nederland. Het veenlandschap van Groningen heeft niet alleen invloed gehad op de flora en fauna, maar ook op de manier waarop het land werd gebruikt en ontwikkeld door de mens.

Ten slotte vormt zand een ander belangrijk onderdeel van de bodem van Groningen. Zandgronden zijn te vinden in de oostelijke en zuidelijke delen van de stad en hebben specifieke eigenschappen die van invloed zijn op landbouwpraktijken, waterbeheer en ruimtelijke ordening.

De combinatie van deze diverse bodemsoorten heeft de stad Groningen een uniek landschap en een gevarieerde natuurlijke omgeving gegeven.

Zoals te zien is in de bodemkaart kent de bodem een menging en overlapping van verschillende bodemsoorten. Deze overlapping speelt ook in een verticale doorsnede van de bodem een rol, waarbij een bodem nooit slechts uit één bodemsoort bestaat.

Echter, om de problemen, kwaliteiten en kansen goed te onderzoeken is er gekozen om in het onderzoek ONDERSTE-BOVEN de drie verschillende belangrijkste bodemsoorten rondom de stad Groningen sec te behandelen.

We zoomen in op drie verschillende locaties aan de stadsrand van Groningen, die verschillen in bodemsoort: locatie 1 (zee)klei, locatie 2 veen en locatie 3 zand.

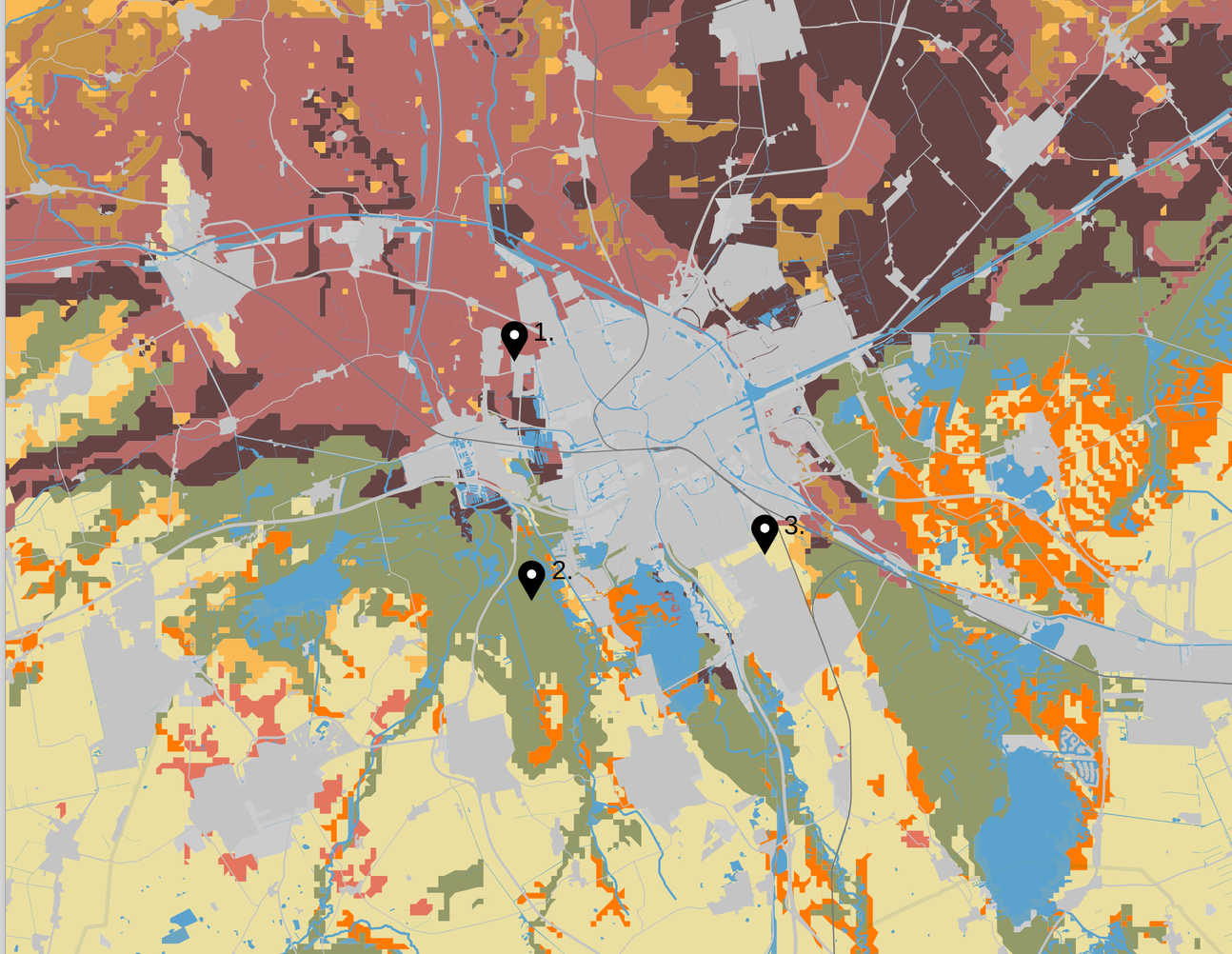


fig.7 bodemkaart Groningen

BODEMSOORTEN

locatie 1: kleibodem

De bodemsoort (zee)klei is ontstaan door afzettingen van sedimenten die door de zee zijn afgezet. Kenmerkend voor zeeklei is de compactheid van de bodem, de hoge vruchtbaarheid en de aanwezigheid van verschillende mineralen, wat het zeer geschikt maakt voor landbouwdoeleinden.

In Nederland heeft de zeekleibodem een lange geschiedenis van agrarisch gebruik. Door de vruchtbare eigenschappen van de klei hebben zich hier belangrijke landbouwgebieden ontwikkeld, waar gewassen zoals graan, suikerbieten en aardappelen worden verbouwd. Ook veeteelt, zoals het houden van melkvee, gedijt goed op de rijke graslanden die op zeeklei worden aangetroffen.
Naast agrarisch gebruik wordt zeeklei ook gebruikt voor andere doeleinden. Het is een belangrijke grondstof voor bijvoorbeeld de keramische industrie en wordt gebruikt voor dijkversterkingen en oeverbescherming vanwege zijn cohesieve eigenschappen.

Hoewel de zeekleibodem zeer vruchtbaar is, brengt het ook uitdagingen met zich mee, met name op het gebied van bodemdaling en verzilting. Door inklinking van de klei en de invloed van zout water kunnen problemen ontstaan voor de landbouw, woningbouw en de zoetwatervoorziening. Het beheer en behoud van deze waardevolle bodemsoort zijn daarom belangrijke aandachtspunten in het kustgebied van Nederland.

De gekozen (zee)klei locatie ligt in het noordwesten van Groningen. Oorspronkelijk was dit gebied voornamelijk landbouwgrond, behorend tot het uitgestrekte agrarische landschap rondom de stad Groningen. Tegenwoordig worden weiden afgewisseld met uitbreidings woonwijken. De locatie is een weidelandschap, ingeklemd tussen deze verschillende wijken. Zie figuur 9.

De appelboormeting in figuur 8 laat zien dat geologische samenstelling van de bodem uit verschillende soorten bestaat, waarbij klei en zand de voornaamste soorten zijn. In het onderzoek ONDERSTE-BOVEN kiezen wij ervoor om de bodem sec als een kleibodem te zien, om vanuit hier de kwaliteiten van deze bodemsoort te onderzoeken.

Een eerste analyse van de bodem van locatie 1 zijn verwerkt in het concept-analyseschema in figuur 10.

Coördinaten:	229753, 583153 (RD)
Maaiveld:	-0.71 m t.o.v. NAP
Diepte t.o.v maaiveld:	0.00 m - 493.38 m
Geselecteerde diepte:	0.00 m - 100.33 m

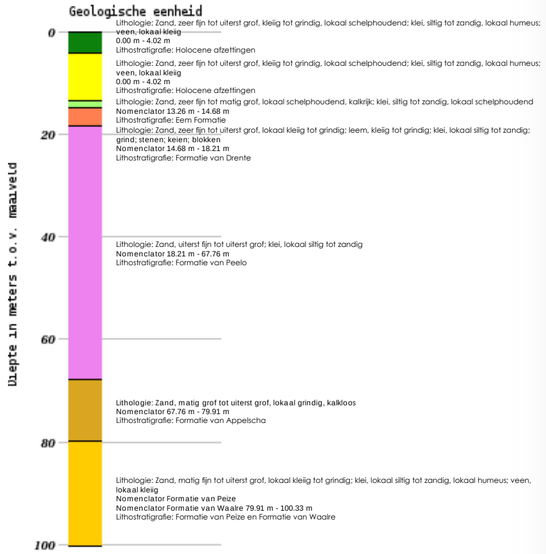
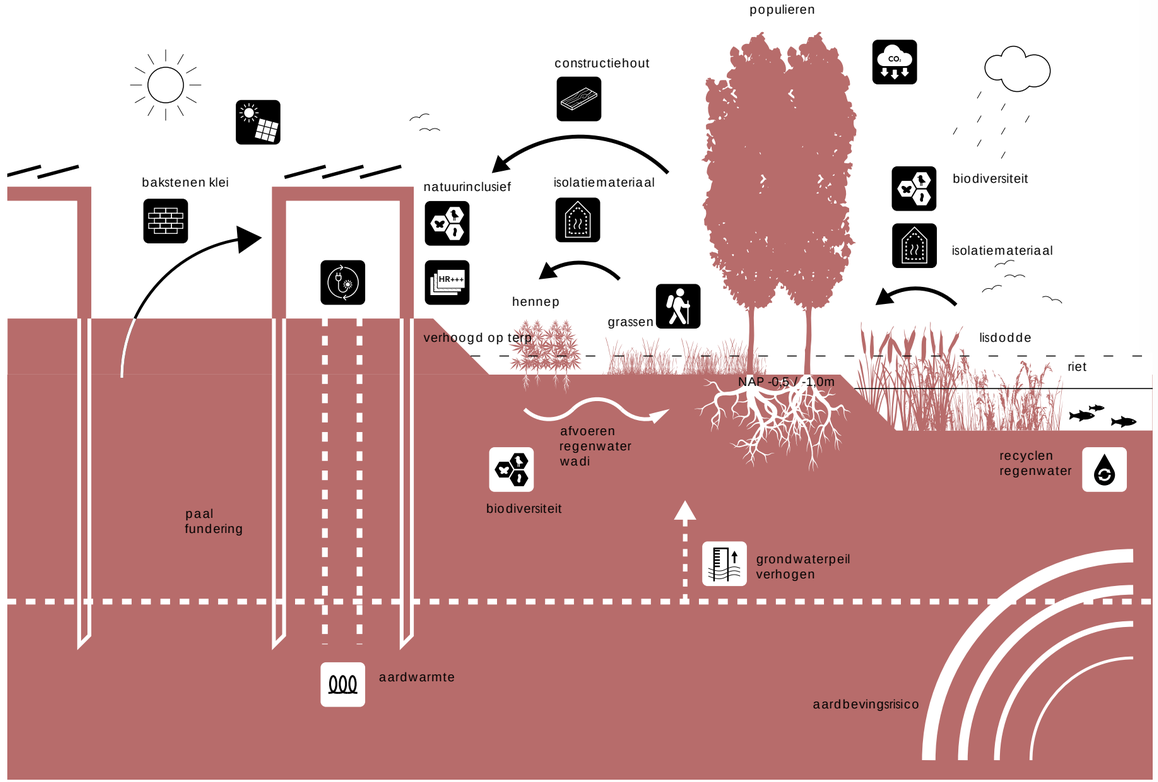


fig.8 appelboormeting locatie klei

fig.9 locatie + landschap + bodemsoort



20. *fig.10 concept-analyseschema klei*

bodemkaart

bodemgebruik

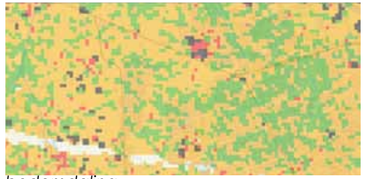
aardbevingen

overstromingsdiepte

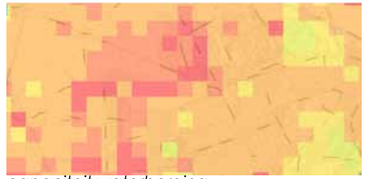
ondergrondverdichting

stedelijke hemelwater infiltratie

diepte grondwaterspiegel kleinste diepte



bodemdaling



capaciteit waterberging

diepte grondwaterspiegel grootste diepte

kwetsbare fundering door droogte

archeologische waarden

fig.11 selectie onderzoek locatie klei

21.

BODEMSOORTEN

locatie 2: veenbodem

Veenbodems zijn gevormd door de accumulatie van organisch materiaal, voornamelijk plantenresten, in waterrijke omstandigheden met een hoge waterstand. Door de gedeeltelijke afbraak van dit organisch materiaal onder zuurstofarme omstandigheden, ontstaat veen.
Veenbodems staan bekend om hun donkere kleur, hoge organische stofgehalte en sponsachtige structuur. Vanwege hun hoge waterretentiecapaciteit hebben veenbodems een belangrijke rol gespeeld in het vasthouden en reguleren van water in natte gebieden, zoals veenweidegebieden en veenmoerassen.

Historisch gezien zijn veenbodems van groot economisch belang geweest voor Nederland, omdat ze werden gebruikt voor de winning van turf, een belangrijke brandstof in het verleden. Echter, de ontwatering van veengebieden voor agrarische doeleinden en de turfwinning hebben geleid tot bodemdaling en veenoxidatie.
Tegenwoordig worden veenbodems vaak gebruikt voor agrarische doeleinden, zoals weilanden en akkerbouw, maar er is ook een groeiende erkenning van het belang van het behoud en herstel van veengebieden vanwege hun ecologische waarde en functie in het vasthouden van koolstof en het reguleren van waterstromen.
Natte veenbodems zijn sponzig en droge veenbodems hebben kans op inklinking, wat de veenbodem in beide gevallen een onstabiele bodem maakt op op te bouwen.

De gekozen locatie in het veenlandschap ligt in het zuidwesten van Groningen. Dit landschap is een ‘wet-land’, genaamd Eelderdiep. Het Eelderdiep heeft een belangrijke historische en ecologische waarde. Het speelde vroeger een rol in de afwatering van het gebied en diende als transportroute voor goederen en personen. Het gebied is tegenwoordig een habitat voor veel diverse planten- en diersoorten en biedt hiermee veel gelegenheid tot natuur-recreatie.

De appelboormeting in figuur 12 laat zien dat geologische samenstelling van de bodem uit verschillende soorten bestaat. In het onderzoek ONDERSTE-BOVEN kiezen wij ervoor om de bodem sec als een veenbodem te zien, om vanuit hier de kwaliteiten van deze bodemsoort te onderzoeken.

Een eerste analyse van de bodem van locatie 2 zijn verwerkt in het concept-analyseschema in figuur 14.

Coördinaten:	231055, 577227 (RD)
Maaiveld:	-0.69 m t.o.v. NAP
Diepte t.o.v maaiveld:	0.00 m - 431.51 m
Geselecteerde diepte:	0.00 m - 100.08 m

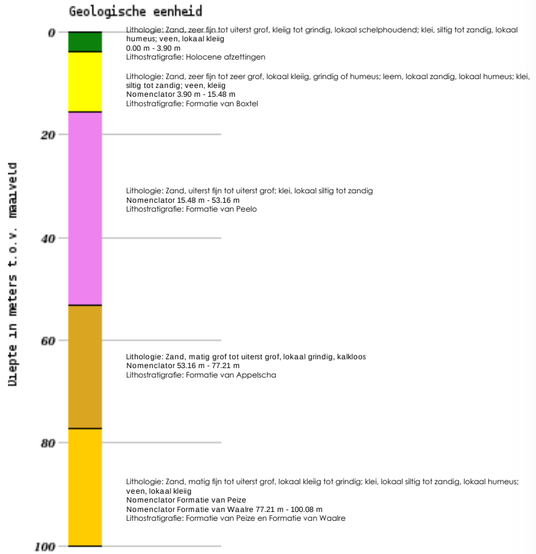
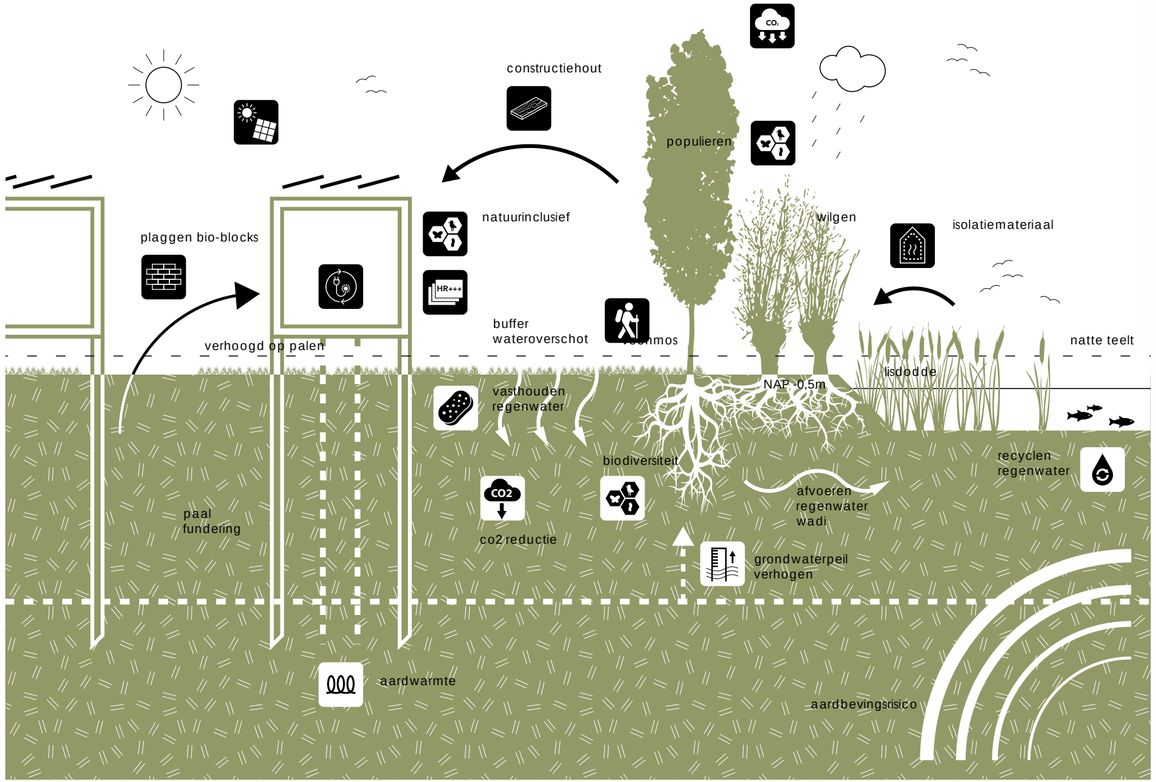


fig.12 appelboormeting locatie veen

fig.13 locatie + landschap + bodemsoort

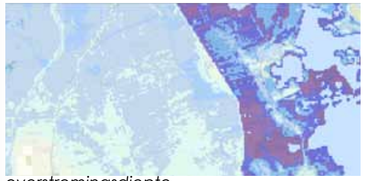


24. *fig.14 concept-analyschema veen*

bodemkaart

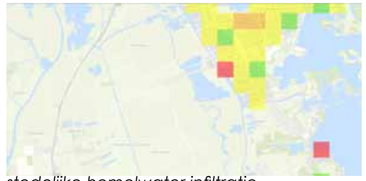
bodemgebruik

aardbevingen



overstromingsdiepte

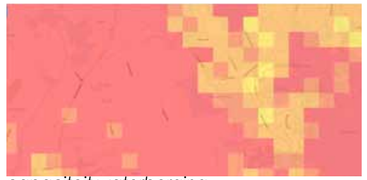
ondergrondverdichting



stedelijke hemelwater infiltratie

diepte grondwaterspiegel kleinste diepte

bodemdaling



capaciteit waterberging

diepte grondwaterspiegel grootste diepte

kwetsbare fundering door droogte

archeologische waarden

fig.15 selectie onderzoek locatie veen

BODEMSOORTEN

locatie 3: zandbodem

Zandbodems worden gekenmerkt door hun hoge zandgehalte en zijn ontstaan door de afzetting van zand door rivieren, wind of gletsjers gedurende duizenden jaren.
Zandbodems hebben specifieke eigenschappen die van invloed zijn op landbouw, waterhuishouding en bebouwing. Ze zijn over het algemeen waterdoorlatend, wat de afwatering ten goede komt, maar waardoor ze tegelijk wel gevoelig kunnen zijn voor droogte. Ze hebben vaak een lage voedingswaarde en bevatten weinig organisch materiaal. Dit is deels ook het resultaat van de landbouw die tot uitputting van de (zand)bodem heeft geleid.

In Nederland worden zandbodems gebruikt voor akkerbouw, weiland, bosbouw en natuurgebieden zoals heidevelden. Ze bieden ook een ideale ondergrond voor het aanleggen van wegen, dijken en bebouwing, dankzij een sterke draagkracht en een kleine kans van zetting.
Het beheer van zandbodems is belangrijk om erosie te voorkomen en de vruchtbaarheid van de bodem te behouden. Methoden zoals bodemverbetering, irrigatie en het gebruik van gewassen die goed gedijen op zandgronden kunnen worden toegepast om de productiviteit en duurzaamheid van zandbodems te bevorderen.

De locatie op de zandbodem ligt ten zuidoosten van Groningen, ingeklemd tussen uitbreidings woonwijken en infrastructuur. Dit gebied ligt op de uitloper van de Hondsrug. Dit is een langgerekte zandrug die ontstond tijdens de laatste ijstijd, ongeveer 150.000 jaar geleden, toen smeltwaterstromen zand en grind afzetten op de bodem van een gletsjermeer.
Hoewel het reliëf van de Hondsrug niet zo uitgesproken is als in sommige andere gebieden in Nederland, heeft het een belangrijke rol gespeeld in de vorming van het landschap en de diversiteit van de natuur in Groningen. Het landschap I wordt gekenmerkt door een afwisseling van bossen, heidevelden, en akkerland.

De appelboormeting in figuur 16 laat zien dat geologische samenstelling van de bodem uit verschillende soorten bestaat. In het onderzoek ONDERSTE-BOVEN kiezen wij ervoor om de bodem sec als een zandbodem te zien, om vanuit hier de kwaliteiten van deze bodemsoort te onderzoeken.

Een eerste analyse van de bodem van locatie 3 zijn verwerkt in het concept-analyseschema in figuur 18.

Coördinaten:	231055, 577227 (RD)
Maaiveld:	-0.69 m t.o.v. NAP
Diepte t.o.v maaiveld:	0.00 m - 431.51 m
Geselecteerde diepte:	0.00 m - 100.08 m

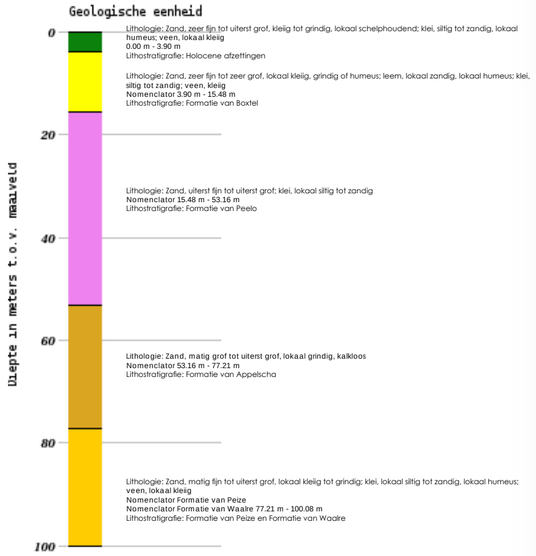
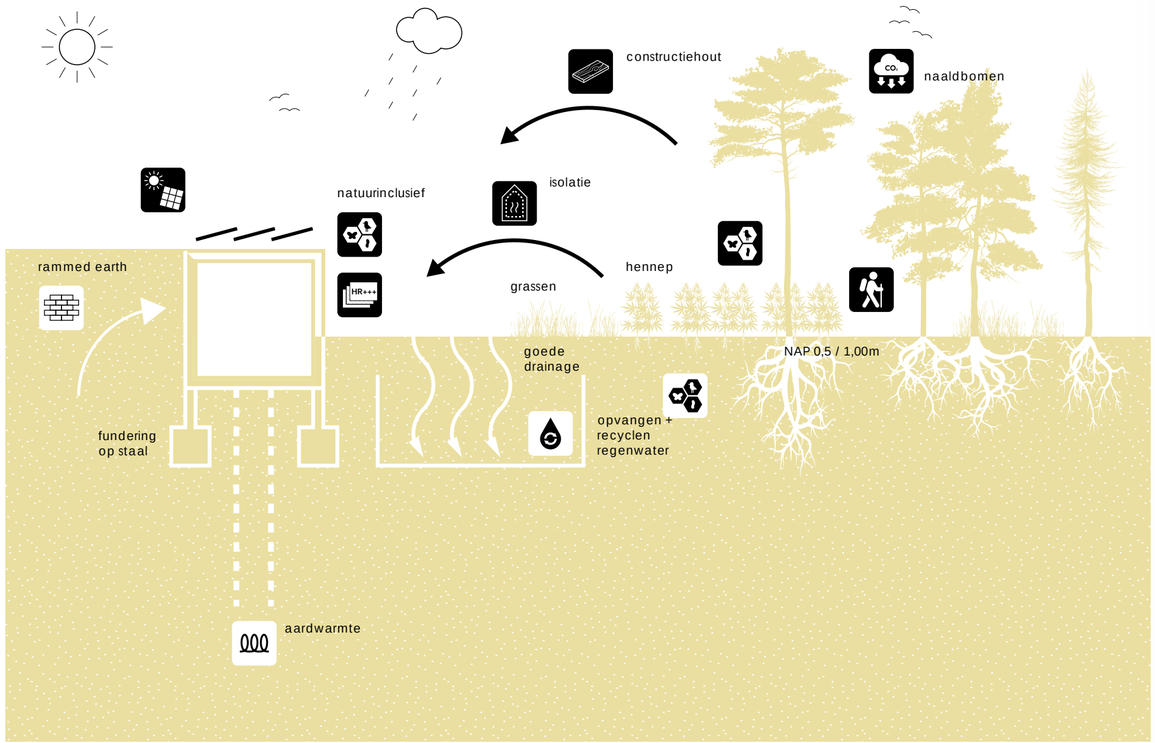


fig.16 appelboormeting locatie zand

fig.17 locatie + landschap + bodemsoort

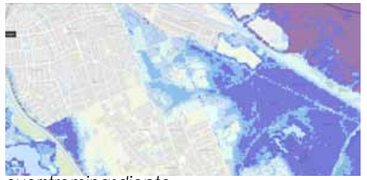


28. *fig.18 concept-analyschema zand*

bodemkaart

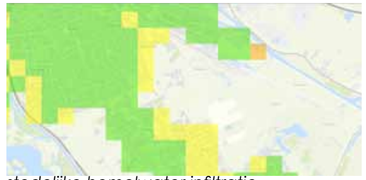
bodemgebruik

aardbevingen



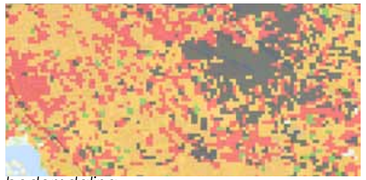
overstromingsdiepte

ondergrondverdichting



stedelijke hemelwater infiltratie

diepte grondwaterspiegel kleinste diepte



bodemdaling

capaciteit waterberging

diepte grondwaterspiegel grootste diepte

kwetsbare fundering door droogte

archeologische waarden

fig.19 selectie onderzoek locatie veen

29.

04 KWANTITATIEVE WAARDEN

Een erg belangrijk potentieel van de verschillende bodemsoorten is de productie van gewassen voor biobased bouwmaterialen. Biobased materialen zijn materialen die hoofdzakelijk zijn afgeleid van hernieuwbare biomassa, zoals plantaardige vezels, hout, landbouwafval en andere organische bronnen. In tegenstelling tot gangbare materialen die afkomstig zijn van fossiele brandstoffen, zoals plastic en metalen, zijn biobased materialen gebaseerd op natuurlijke en hernieuwbare grondstoffen.

Het gebruik van biobased materialen biedt verschillende voordelen ten opzichte van traditionele materialen op basis van fossiele brandstoffen. Ten eerste verminderen biobased materialen de afhankelijkheid van niet-hernieuwbare hulpbronnen en verminderen ze de CO2-uitstoot en de ecologische voetafdruk van producten en processen. Daarnaast kunnen biobased materialen bijdragen aan de ontwikkeling van een circulaire economie door het sluiten van kringlopen en het verminderen van afval en vervuiling.
Het schema 'construction material pyramid' in figuur 20 laat de CO2 footprint van verschillende materialen ten op zichte van elkaar zien.

De verschillende bodemsoorten zijn geschikt voor het groeien van gewassen voor deze biobased bouwmaterialen. Elke bodemsoort kent een eigen bodemkwaliteit als het aankomt op gewassen.
In het individueel uitzetten van de verschillende bodemsoorten (zee) klei, veen en zand is vanuit deze methode ook een kwantitatieve uiteenzetting gemaakt van mogelijke gewassen per bodemsoort. De schema's op de volgende pagina's (figuur 21, 24, 27) laten per bodemsoort de verschillende kwantitatieve waarden zien.

Deze schema's zijn een beeldende vertaling van data uit tabellen welke zijn ontwikkeld in dit onderzoek Onderste-Boven. Deze tabellen met meer uitgebreide informatie zijn te vinden in de bijlage.

Voor de berekening van het grondgebruik voor de woningen, de kwantitatieve waarden zijn de ruwweg volgende drie stappen gezet:

1. Keuzes van gewassen
In eerste instantie zijn modelwoningen ontworpen en is een beschrijving gemaakt van de benodigde bouwmaterialen en -elementen, en hun samenstelling. Denk hierbij aan dragende delen, isolatie, beplanking voor bodems en plafonds, afwerking binnen en buiten en op daken. Op basis van de samenstelling van de materialen is gekeken naar de opties voor de natuurlijke grondstoffen, d.w.z. de gewassen en boomsoorten die voor deze elementen gebruikt kunnen worden. Voor de bouwelementen is gekozen voor zoveel mogelijk natuurlijke grondstoffen, dus geen biocomposieten waarin materialen van fossiele brandstoffen verwerkt zijn. Er is een impliciete aanname gemaakt dat deze bouwelementen kunnen worden gemaakt van de beschikbare grondstoffen. Een belangrijke keuze is voor hout in dragende delen en afwerking. Voor (buiten)wanden is gekozen voor bodemmateriaal.

2. Opbrengsten van gewassen
Vervolgens is onderzocht welke van de mogelijke gewassen en boomsoorten goed groeien op de verschillende grondsoorten zand, klei en veen. Er is vooral gekozen voor opbrengsten uit teelten en niet gekeken naar reststromen uit landbouw of andere bronnen. De keuze hiervoor is vooral ingegeven op basis van de beschikbaarheid en redelijke consistentie van gegevens over teelten. Uit beschikbare literatuur en websites in Nederland en soms ook buitenland zijn de mogelijke opbrengsten betrokken. Hierbij is voor de berekeningen uiteindelijk niet gekozen voor de hoogste opbrengsten, maar zijn gemiddelde waarden gebruikt. Er bestaat echter grote variatie in opbrengsten.

Voor opbrengsten van bomen voor dragende delen en planken diende omrekeningen te worden gemaakt van dichtheid aan bomen naar volume per ha. Hierbij is uitgegaan van standaard verliezen; niet alle onderdelen van bomen zijn even bruikbaar, en ook treden zaagverliezen op.

fig.20 construction material pyramid - CINARK (Julie Zepernick Jensen)

3. Omrekening naar bouwelementen

Om van de beschikbare grondstoffen van gewassen naar bouwelementen voor isolatie te komen dienen omrekeningen gemaakt te worden van gewicht aan droge stof naar volume. Hierbij is uitgegaan van dichtheden van isolatiematerialen en van benodigde isolatiewaarden om tot de juiste dikte van wanden en dus volume te komen. Voor balken, beplanking en afwerkingsmateriaal is gekeken naar het volume van het verwerkte hout (dus na verliezen van oogsten en zagen). Dit is omgezet naar volume nodig voor de bouwelementen. Hier treden zeker nog verliezen op, maar er is uitgegaan van 100% conversie.

De schema's met de kwantitatieve data maken de onderlinge verschillen inzichtelijk tussen de verschillende gewassen in relatie tot de mogelijke biobased materialen. De schema's tonen hoeveel materiaal biobased per jaar geproduceerd kan worden per hectare landbouwgrond van de specifieke bodemsoort. Hieraan gekoppeld is de CO_2 reductie per gewas per hectare per jaar.

KWANTITATIEVE WAARDEN

kleibodem

Kleibodems hebben een zeer fijne structuur, waardoor ze compact en dicht zijn. Hierdoor is de waterdoorlatendheid beperkt, wat zowel een voordeel als een nadeel kan zijn.
Kleigronden houden goed water vast, wat voordelig is in drogere perioden. Echter is de doorlatendheid van de compacte kleibodem minder voordelig, doordat het slecht overtollig water kan afvoeren. Dit kan leiden tot verzadiging en zuurstoftekort voor de gewassen.

Klei heeft een hoge capaciteit om voedingsstoffen vast te houden, wat gunstig is voor plantengroei. De bodem bevat vaak veel mineralen. Met goed beheer kunnen kleigronden zeer vruchtbaar zijn en hoge opbrengsten leveren.

Kortom, kleigrond is zeer vruchtbaar en rijk aan voedingsstoffen, maar vraagt goed waterbeheer en zorgvuldige bewerking om nadelen zoals wateroverlast en hardheid tijdens droogte te voorkomen.

Gewassen die een hoge efficiëntie hebben om tot biobased materiaal verwerkt te kunnen worden zijn: hennep, vlas, riet en de populier.
De kleigrond zelf is goed te verwerken tot droogstenen.

In het individueel uitzetten van de verschillende bodemsoorten (zee) klei, veen en zand is vanuit deze methode ook een kwantitatieve uiteenzetting gemaakt van mogelijke gewassen per bodemsoort. De schema's in figuur 21 laten voor de kleibodem de verschillende kwantitatieve waarden zien.

De samenstelling in het overzicht in de afbeeldingen 22 en 23 toont welke gewassen mogelijkheid bieden tot welke biobased materialen.

Een samenkomst van verschillende biobased bouwmaterialen is bepalend voor de materialisatie en de esthetiek van bouwwerken. Hierdoor heeft bouwen vanuit de bodem 1 op 1 invloed op de uiterlijke kenmerken van de architectuur.

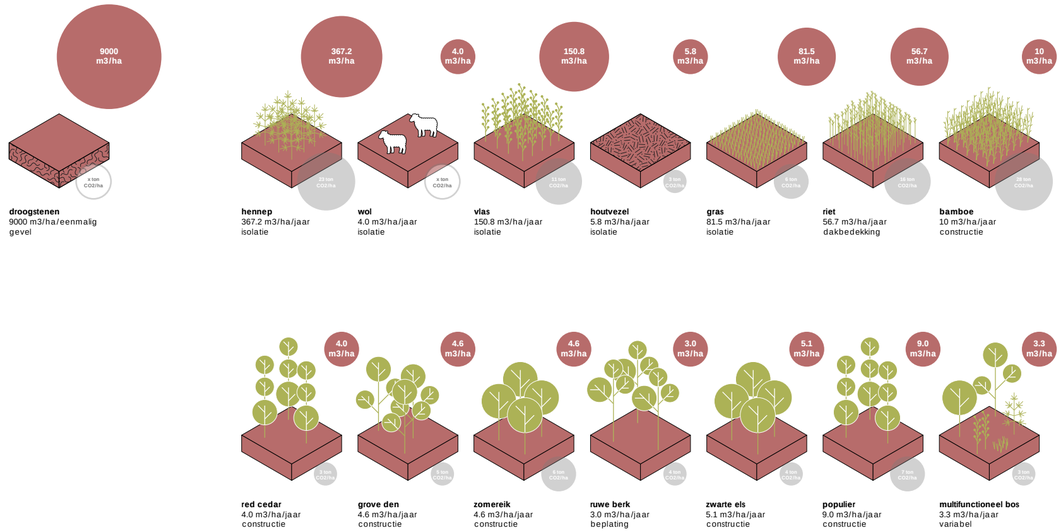


fig.21 kwantitatieve waarden klei

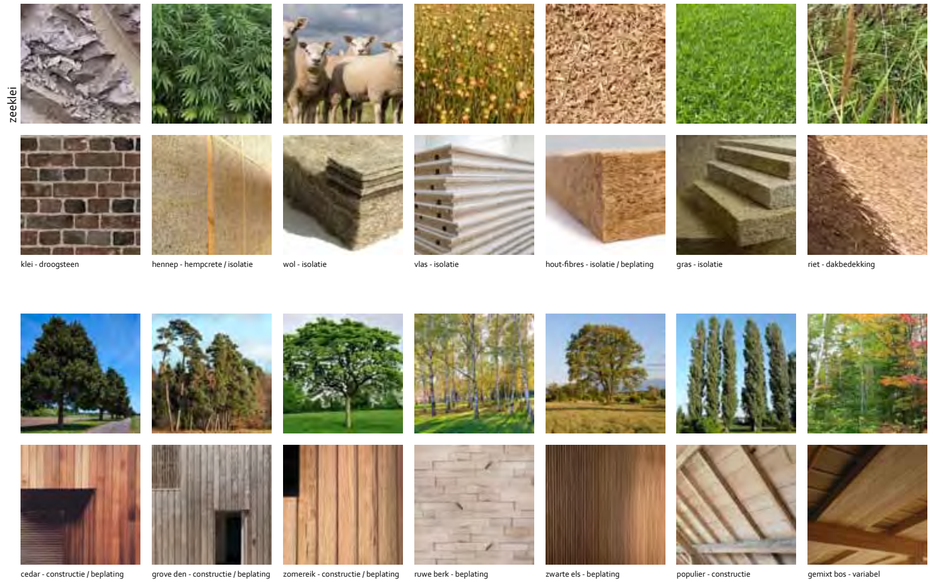


 fig.22 gewas - biobased materialen

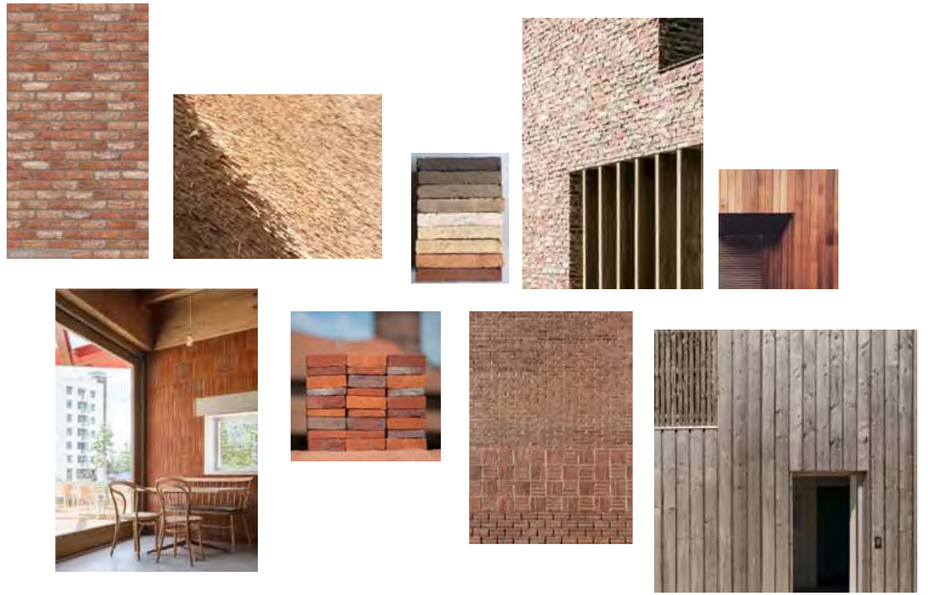


fig.23 esthetiek biobased materialen

KWANTITATIEVE WAARDEN

veenbodem

De veenbodem is een bodemtype dat voornamelijk bestaat uit gedeeltelijk verteerde plantenresten en organisch materiaal. Veenbodems zijn hierdoor zeer los en veerkrachtig, met een hoog gehalte aan organisch materiaal. Ze houden veel water vast, maar kunnen bij droogte sterk inklinken (samendrukken en volume verliezen).

Hoewel veen organisch rijk is, bevat het vaak relatief weinig minerale voedingsstoffen en heeft het een lage pH-waarde (is zuur), wat de groei van bepaalde gewassen kan beperken.

Veen houdt veel water vast, maar is daardoor ook gevoelig voor verzadiging en wateroverlast. Drainage kan noodzakelijk zijn, maar kan ook leiden tot verdroging en inklinking.

Veenbodems zijn daardoor geschikt voor gewassen die van een meer vochtige bodem houden. Het is van belang deze bodems zorgvuldig te blijven sturen op het waterpeilbeheer om oververzadiging of inklinking te voorkomen.

Gewassen die een hoge efficiëntie hebben zijn om tot biobased materiaal verwerkt te kunnen worden zijn: lisdodde, riet en de zwarte els. Het veen is te verwerken tot veenblokken.

Daarnaast heeft veen een grote capaciteit om koolstof op te slaan, wat een milieutechnisch voordeel is in termen van CO2-opslag.

In het individueel uitzetten van de verschillende bodemsoorten (zee) klei, veen en zand is vanuit deze methode ook een kwantitatieve uiteenzetting gemaakt van mogelijke gewassen per bodemsoort. De schema's in figuur 24 laten voor de veenbodem de verschillende kwantitatieve waarden zien.

De samenstelling in het overzicht in de afbeeldingen 25 en 26 toont welke gewassen mogelijkheid bieden tot welke biobased materialen.

Een samenkomst van verschillende biobased bouwmaterialen is bepalend voor de materialisatie en de esthetiek van bouwwerken. Hierdoor heeft bouwen vanuit de bodem 1 op 1 invloed op de uiterlijke kenmerken van de architectuur.

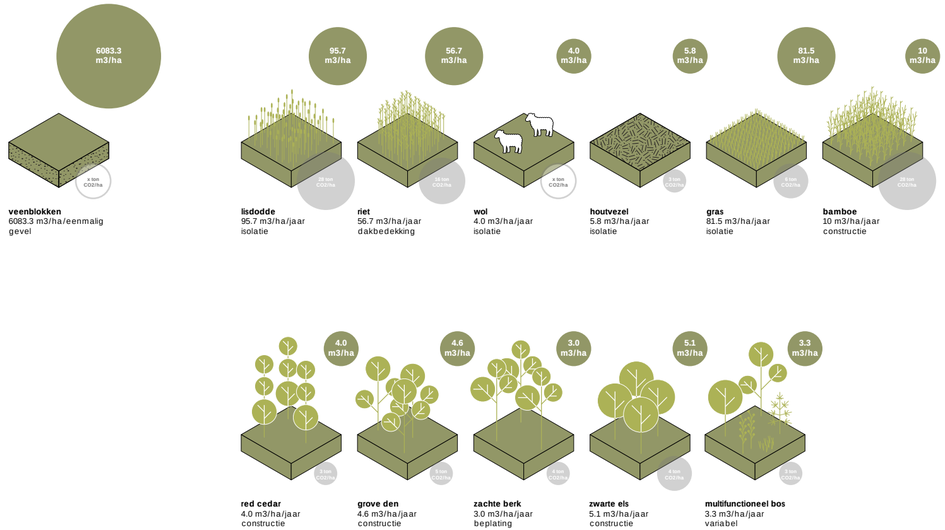


fig.24 kwantitatieve waarden veen

 fig.25 gewas - biobased materialen

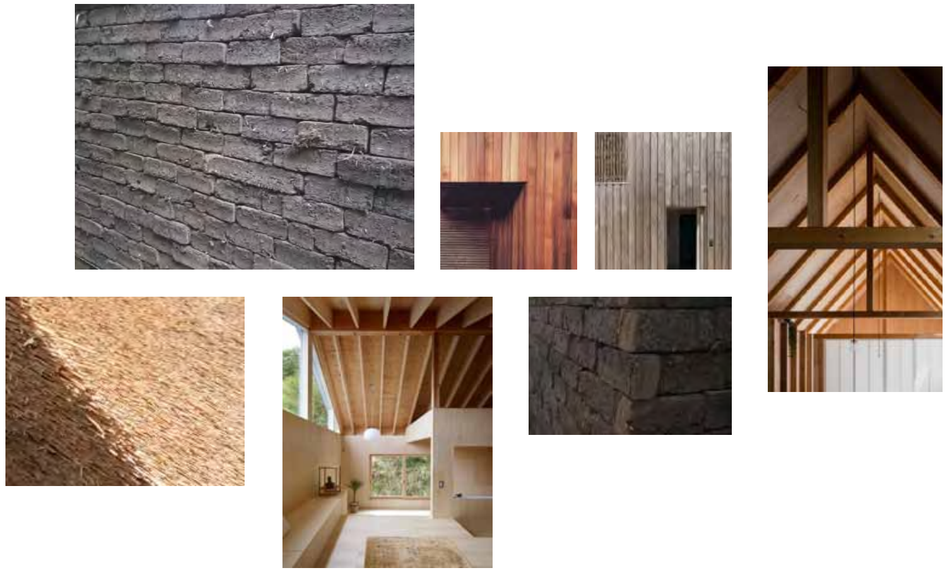


fig.26 esthetiek biobased materialen

KWANTITATIEVE WAARDEN

zandbodem

Zandbodems zijn los en goed doorlatend. Water en zuurstof kunnen hierdoor gemakkelijk door de bodem bewegen, wat belangrijk is voor plantengroei. De doorlatendheid zorgt voor een goede drainage van de bodem.

Echter zorgt dit er tegelijk voor dat zand hierdoor vaak een lage capaciteit voedingsstoffen heeft, of weet vast te houden. Door de doorlatendheid van de bodem spoelen voedingstoffen gemakkelijk uit.

Hierbij komt dat de snelle drainage op momenten van hitte de bodem makkelijk opwarmt en snel zou kunnen uitdrogen. Hierdoor heeft de zandbodem voor het telen van gewassen voldoende aanvoer, hetzij het vasthouden van water nodig.

De zandbodem is hierdoor geschikt voor gewassen die niet van natte wortels houden. Gewassen die een hoge efficiëntie hebben zijn om tot biobased materiaal verwerkt te kunnen worden zijn: hennep, vlas en de populier.

Lemig zand zelf is ook inzetbaar als biobased materiaal, in de vorm van stampleem (rammed earth).

In het individueel uitzetten van de verschillende bodemsoorten (zee) klei, veen en zand is vanuit deze methode ook een kwantitatieve uiteenzetting gemaakt van mogelijke gewassen per bodemsoort. De schema's in figuur 27 laten voor de zandbodem de verschillende kwantitatieve waarden zien.

De samenstelling in het overzicht in de afbeeldingen 28 en 29 toont welke gewassen mogelijkheid bieden tot welke biobased materialen.

Een samenkomst van verschillende biobased bouwmaterialen is bepalend voor de materialisatie en de esthetiek van bouwwerken. Hierdoor heeft bouwen vanuit de bodem 1 op 1 invloed op de uiterlijke kenmerken van de architectuur.

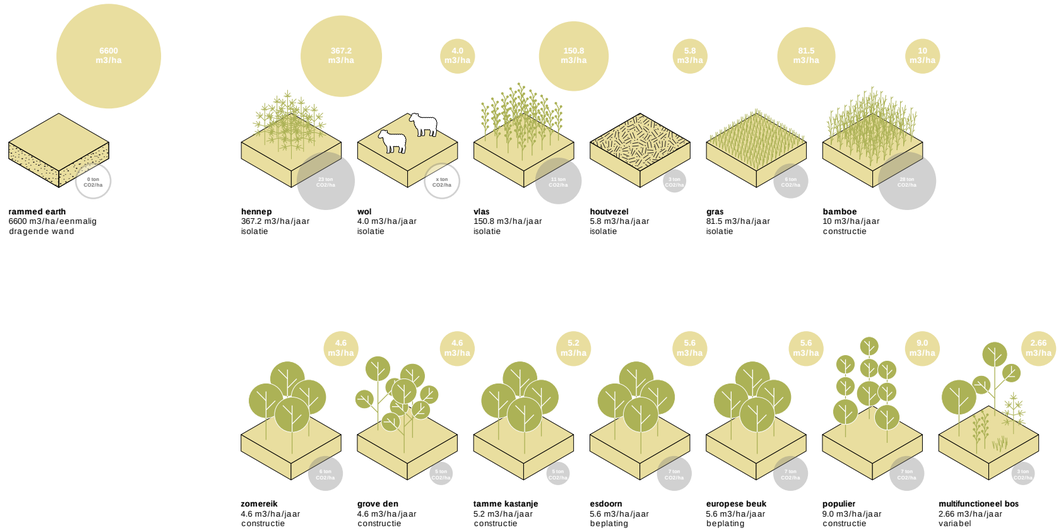


fig.27 kwantitatieve waarden zand

zand

klei - droogsteen

hennep - hempcrete / isolatie

wol - isolatie

vlas - isolatie

hout-fibres - isolatie / beplating

gras - isolatie

zomereik - constructie / beplating

grove den - constructie / beplating

tamme kastanje - constructie / beplating

esdoorn - beplating

beuk - beplating

populier - constructie

gemixt bos - variabel

 fig.28 gewas - biobased materialen

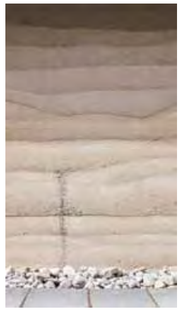


fig.29 esthetiek biobased materialen

Een belangrijke onderzoeksvraag in dit ontwerpend onderzoek ONDERSTE-BOVEN gaat over de invloed van bouwen vanuit de bodem op de architectuur. Bovenstaande kwantitatieve waarden hebben we daarom vertaald in architectuur. Deze stap betreft het berekenen van het aantal hectare grond dat via bovenstaande stappen nodig is voor een woning per grondsoort.

Voor een overzichtelijke en inzichtelijke vergelijking van de in het voorgaand hoofdstuk behandelde kwantitatieve waarden per bodemsoort is er voor gekozen om het ontwerp van de architectuur uit te drukken in de bekende standaard archetypische vorm van de Nederlandse rijtjeswoning, met een vast gebruik/verhouding van bouwelementen per huis om zodoende het grondgebruik van een woning per grondsoort te kunnen standaardiseren. De woningen en het woonvolume zijn hierbij identiek aan elkaar. Echter verschillen de rijtjeswoningen van materialen. Deze materialisatie is inherent aan de mogelijkheden van biobased materialen die de verschillende bodemsoorten leveren, zoals uitgezet in voorgaande schema's.

De schema's in figuur 30 geven een overzicht van de uitwerking van deze woningtypologie per bodemsoort. In een exploded view wordt inzichtelijk gemaakt welke elementen er nodig zijn in de woning en in welk materiaal deze uitgevoerd dien te worden.
Er is hierbij gekozen om de opzet van de woningen eenvoudig te houden. De woningen bestaan daarom uit de basis elementen, zoals de geïsoleerde buitengevels, constructie, tussenvloeren en het dak. De footprint van de woning en de gestelde behoefte aan publieke ruimte incl. infrastructuur en parkeren, zijn in dit schema ook meegenomen. Overige elementen van een woning zoals binnenwanden, kozijnen, trappen, etc. zijn ten behoeve van de overzichtelijkheid buiten beschouwing gelaten.

Deze elementen en hun hoeveelheden zijn op de volgende pagina in schema's 31 en 32 gekoppeld aan de kwantitatieve waarden.
De verschillende biobased bouwmaterialen die nodig zijn per archetypische modelwoning zijn vertaald in een calculatie naar gewas en hectare grond die hiervoor nodig zijn. In deze berekening is de footprint van de woning en het gebruik van publieke ruimte inclusief parkeren en infrastructuur per woning ook meegenomen. Dit is in de schema´s opgenomen als ´omgeving´.
Dit resulteert in een schematisch overzicht van de verhouding landbouwgrond en aantal woningen die hieruit voort kunnen komen, als we de bodem weer als leidend principe nemen en bouwen vanuit de bodem.

De schema's in figuur 31 laten de berekening van de opbrengst woningen van 1 hectare grond zien, uitgaande van de bouwelementen en kwantitatieve waarden zoals hiervoor geschetst. Er is hier uitgegaan van een omlooptijd van de gewassen van 1 jaar. De meeste gewassen voor biobased materialen kunnen geoogst worden per 1 omloopjaar. Houtproductie neemt echter meer tijd in beslag; hiervoor is ook uitgegaan van de houtproductie op 1 jaar, uitgaande van de situatie waarbij er sprake is van een constante aanwas.

De gemiddelde omlooptijd van hout ligt aanzienlijk hoger. De omlooptijd van de gekozen boomsoorten (populier en zwarte els) ligt op 50 jaar. In het schema in figuur 32 is er daarom uitgegaan van een berekening met een omlooptijd van 50 jaar. Hierbij bereikt de boomsoort een volledige levensduur tot geschikt bouwmateriaal en worden de andere jaarlijkse gewassen in een 50-voud doorberekend. Dit resultaat is verbeeld in het schema in figuur 32.

De berekening over 50 jaar is geen kwestie van vermenigvuldigen met 50. De ratio tussen houtproductie en andere gewassen verandert hierbij, aangezien er in de periode van 50 jaar meer houtproductie van een enkele boom kan worden geoogst.

Bij het uitgaan van een omlooptijd van 1 jaar, beslaat het oppervlakte voor houtproductie (bos) een groot deel van de gewassen, omdat er meer oppervlakte nodig is om te voldoen aan de houtproductie. Bij een omlooptijd van 50 jaar neemt dit oppervlakte dus aanzienlijk af.
Met een omlooptijd van 50 jaar neemt natuurlijk ook de hoeveelheid woningen die uit dit landschap geproduceerd kunnen worden toe.

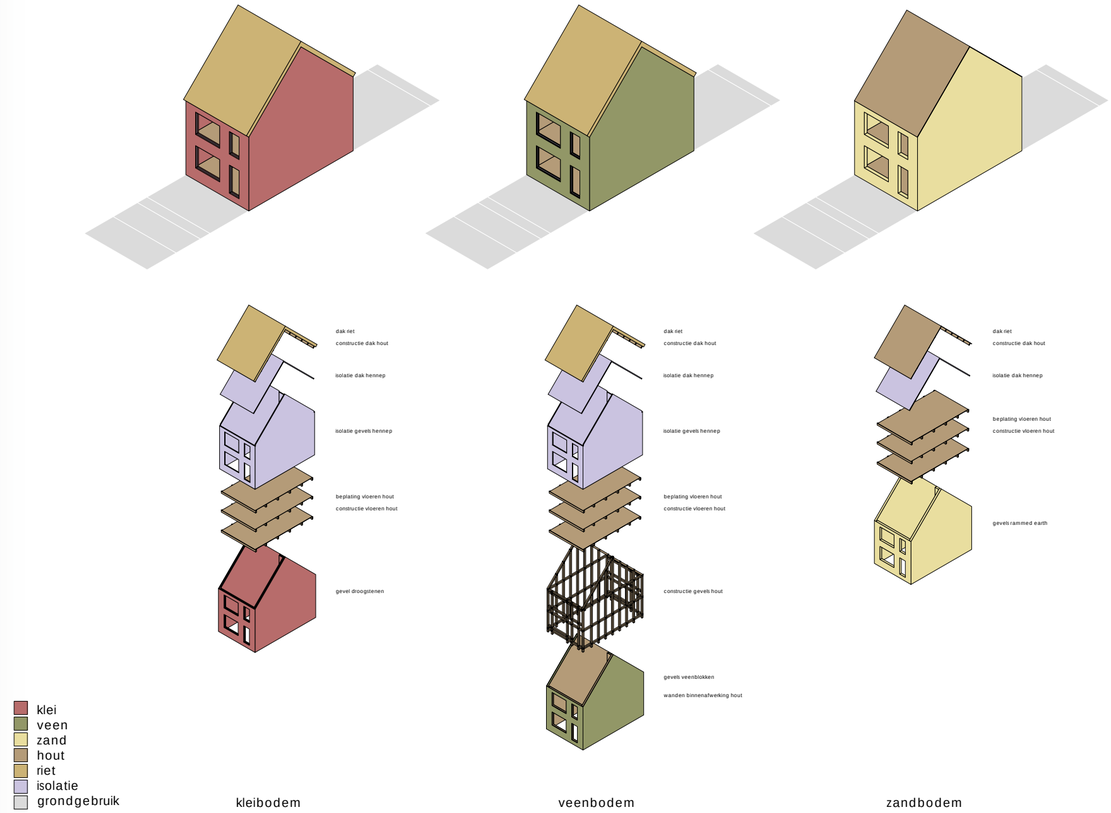
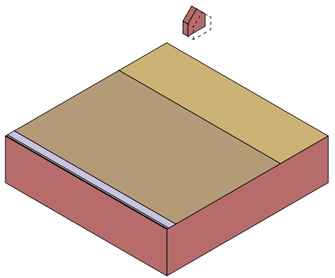


fig.30 overzicht woningtypologieën

GEWAS - MATERIAAL - WONING

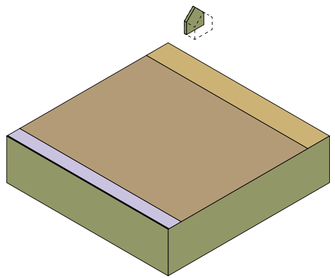
1 jaar omlooptijd
1 ha / x woning



kleibodem

0.46 woning

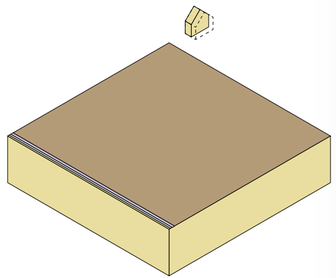
- 0.26% (0.002 ha) klei: droogsteen - gevel
- 0.89% (0.008 ha) oppervlakte woning + omgeving
- 4.28% (0.04 ha) hennep - isolatie
- 64.91% (0.65 ha) populier - constructie
- 29.67% (0.30 ha) riet - dakbedekking



veenbodem

0.21 woning

- 0.25% (0.002 ha) veen: veenblokken - gevel
- 0.75% (0.02 ha) oppervlakte woning + omgeving
- 8% (0.35 ha) lisdodde - isolatie
- 77% (3.69 ha) zwarte els - constructie
- 14% (0.64 ha) riet - dakbedekking



zandbodem

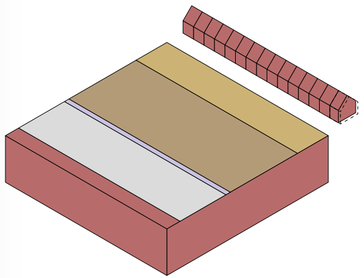
0.58 woning

- 0.86% (0.008 ha) lemig zand: rammed earth - gevel + dragend
- 1.11% (0.01 ha) oppervlakte woning + omgeving
- 1.40% (0.01 ha) hennep - isolatie
- 96.63% (0.97 ha) populier - constructie + dakbedekking

- klei
- veen
- zand
- hout
- riet
- isolatie
- grondgebruik

fig.31 verhouding gewas - materiaal - woning (1 jaar)

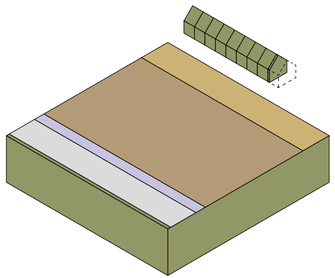
50 jaar omlooptijd
1 ha / x woning



kleibodem

14.81 woningen

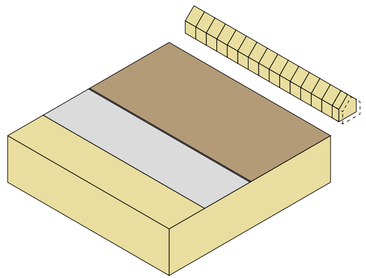
- 8.21% (0.08ha) klei: droogsteen - gevel
- 28.44% (0.28 ha) oppervlakte woning + omgeving
- 2.73% (0.03 ha) hennep - isolatie
- 41.66% (0.42 ha) populier - constructie
- 18.96% (0.19 ha) riet - dakbedekking



veenbodem

8.16 woningen

- 1.72% (0.017 ha) veen: veenblokken - gevel
- 15.67% (0.16 ha) oppervlakte woning + omgeving
- 5.77% (0.058 ha) lisdodde - isolatie
- 60.52% (0.61 ha) zwarte els - constructie
- 14% (0.16 ha) riet - dakbedekking



zandbodem

14.64 woning

- 21.89% (0.22 ha) lemig zand: rammed earth - gevel + dragend
- 28.11% (0.28 ha) oppervlakte woning + omgeving
- 0.71% (0.007 ha) hennep - isolatie
- 49.29% (0.49 ha) populier - constructie + dakbedekking

fig.32 verhouding gewas - materiaal - woning (50 jaar)

06 ECOSYSTEEMDIENSTEN

kwalitatieve effecten

Het gebruik van vegetatie (gewassen, bomen) als grondstof voor (biobased) bouwmaterialen roept de vraag op hoe deze grondstoffen kunnen worden verkregen. Deze gewassen kunnen worden geteeld, net zoals voedselgewassen. Ook kunnen bepaalde gewassen worden verkregen uit oogst (onderhoud) van (semi-)natuurlijke gebieden.
Los van de mogelijke beperking die dat geeft voor de soort grondstoffen, kan dit grote gevolgen hebben voor het landschap waaruit we deze grondstoffen betrekken, en de waardering van deze landschappen. Om dit beter te begrijpen is gekeken naar de ecosysteemdiensten die verschillende landschappen opleveren, de kwalitatieve effecten.
Deze analyse is vooral kwalitatief gedaan omdat er voor een kwantatieve analyse zeer veel data nodig zijn. Deze zijn in dit geval niet of nauwelijks beschikbaar.

Het startpunt daarbij is dat biobased materialen vooral via agrarische methoden worden geleverd en dat bij een verandering van landgebruik van landbouw naar multifunctioneel landgebruik de productiewaarde zal dalen, maar andere waarden zullen toenemen.

Ecosysteemdiensten kunnen worden beschreven als de bijdragen van ecosystemen aan het menselijk welzijn. Zoals zichtbaar in figuur 33 worden ecosysteemdiensten (ESD) onderverdeeld in productiediensten, regulerende diensten en culturele diensten. Productiediensten zijn tastbare goederen die uit ecosystemen kunnen worden gehaald zoals water, hout e.d. Regulerende diensten omvatten ecologische processen die bijdragen aan o.a. onze gezondheid en veiligheid zoals waterzuivering, koolstofopslag etc. Culturele diensten zijn het resultaat van een andersoortige menselijke interactie met natuur zoals recreatie, spiritualiteit, schoonheid, onderwijs en meer.

Agrarische landschappen leveren bijvoorbeeld meer productiediensten op, zoals bepaalde gewassen en bomen op een gereguleerde manier. Semi-natuurlijke gebieden, zoals bossen, wetlands, rivieren en meren leveren minder productiediensten maar daarentegen meer regulerende en culturele diensten.

In figuur 34 zijn de verschillende categorieën ecosysteemdiensten uitgezet in de verschillende diensten die hieraan verbonden zijn.

productie diensten | regulerende diensten | culturele diensten

fig.33 categorieën ecosysteemdiensten

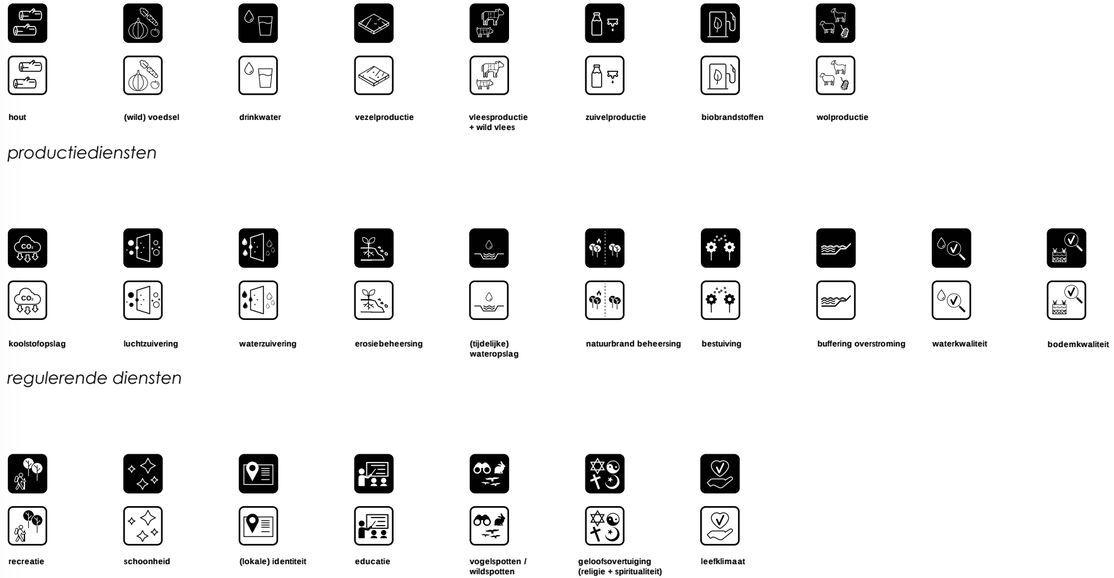


fig.34 pictogrammen ecosysteemdiensten

07 LANDSCHAPSTYPOLOGIEEN

Zoals omschreven bij voorgaande ecosysteemdiensten bepaalt het type landschap dat wordt gebruikt voor biobased grondstoffen de waardering van het landschap en de andere, ook essentiële, functies die het landschap uitvoert voor ons welzijn.

De verschillen tussen landschappen worden onderverdeeld in een aantal verschillende landschapstypologieën. Landschapstypologieën beschrijven verschillende soorten landschappen op basis van hun fysieke kenmerken en gebruik. In Nederland kennen we 5 verschillende landschapstypologieën. Zie figuur 35. Hieronder is een overzicht van de belangrijkste verschillen tussen landbouw, bos, wetlands, grasland en rivieren.

Landbouw
Landbouw zijn intensief bewerkte gronden voor de teelt van gewassen en veeteelt. Deze gronden worden vooral gebruikt voor voedselproductie in de vorm van akkerbouw of veeteelt. Landbouw gaat uit van een efficient model en kent daardoor veel monoculturen. In combinatie met pesticiden en kunstmest is de biodiversiteit erg laag. Het landschap kenmerkt zich door open velden en rechte lijnen van gewassen, soms omgeven door heggen of bomenrijen.

Bos
Bossen zijn gebieden bedekt met bomen en ondergroei. Meestal hebben de bossen een variërend landschap van dichte begroeiing, open bossen en dicht struikgewas. Met veel verschillende plant- en diersoorten kent het bos een hoge biodiversiteit. Deze is echter wel afhankelijk van de bossoort (loofbos, naaldbos, of gemengd bos). Het landschapstype bos zorgt voor houtproductie, recreatie, natuurbehoud en ecologische functies zoals koolstofopslag.

Wetlands
Kenmerkend voor wetlands zijn de moerassige gebieden met verzadigde bodems, en vaak seizoensgebonden of permanent hoge waterstanden. Het landschap bestaat een combinatievan moeras, rietvelden, open water, afwisselend met drogere gebieden. Deze gebieden worden vaak ingezet voor waterbeheer, natuurbehoud, visserij en recreatie. De biodiversiteit is hier zeer hoog en is vooral een habitat voor veel vogelsoorten, amfibieën, vissen en planten.

Grasland
Grasland wordt gedomineerd door grassen en kruiden met zeer weinig bomen. Dit zijn vaak uitgestrekte velden met gras, soms afgewisseld met bloeiende kruiden.
Vaak wordt grasland ingezet voor begrazing door vee, hooiproductie of natuurbehoud. De biodiversiteit is afhankelijk van het beheer variërend van laag (bij intensieve begrazing) tot hoog (bij extensief beheer).

Rivieren/meren
De typologie rivieren/meren kenmerkt zich door stromende rivieren en/of meren. In dit landschap kunnen verschillende rivieren en/of meren onderdeel van elkaar zijn. Rivieren en meren worden gebruikt voor (drink)waterwinning, transport, recreatie, energieopwekking en visserij. De oevers van de rivieren en meren kennen een rijke biodiversiteit, met veel verschillende vegetatie en fauna.

Elke bovengenoemde landschapstypologie heeft unieke functies en waarden. Afhankelijk van het gebruik en het beheer horen hier per landschapstypologie verschillende ecosysteemdiensten bij. Deze zijn uitgezet in figuur 36.

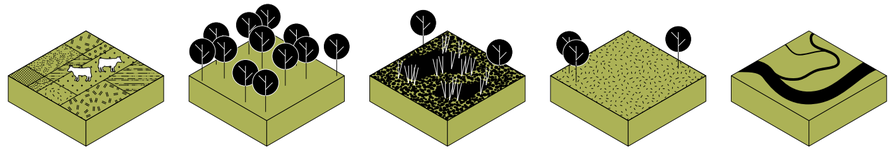
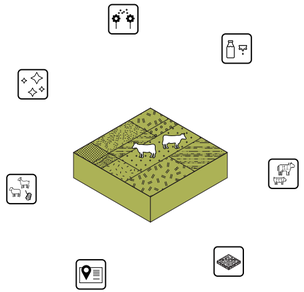
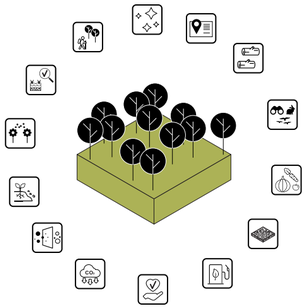


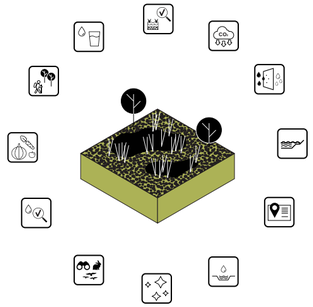
fig.35 schema's landschapstypologieën + verbeelding landschappen



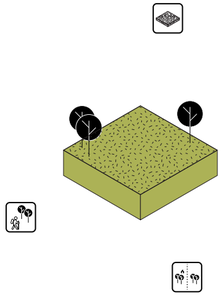
landbouw



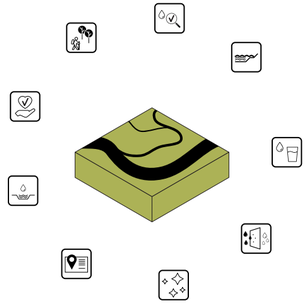
bos



wetlands



grasland



rivieren/meren

54. fig.36 schema's landschapstypologieën - ecosysteemdiensten

De keuze voor verschillende gewassen levert een ander landschap en architectuur (materialisatie) op. Er is nog een belangrijke keuze voor bouwen vanuit de bodem die een enorme invloed heeft op bodem, landschap en architectuur. Het landschapstype waarop deze gewassen groeien en de indeling hiervan zijn hiervoor namelijk minstens zo bepalend.

In de berekeningen van bouwmaterialen in relatie tot hun landschap is in voorgaande hoofdstukken uitgegaan van een kwantitatief efficiënt uitgangspunt: de landschapstyplogie landbouw, hierna ook wel 'productielandschap' genoemd. De gewassen groeien in dit landschap verkaveld, en zijn hierdoor eenvoudig te oogsten en te verwerken tot biobased bouwmateriaal. Wonen gebeurt geconcentreerd in een wijk, ook op een daarvoor gereserveerde kavel.

Echter is dit wellicht niet het meest natuur-vriendelijke of beste leef-klimaat concept. Een productielandschap heeft een hoge score op de ecosysteemdienst productiedienst, maar scoort aanzienlijk lager op regulerende en culturele diensten.

In het ontwerpend onderzoek ONDERSTE-BOVEN zijn we ten behoeve van een vergelijking uitgegaan van 3 typen landschappen: het productielandschap, het multifunctionele landschap en het semi-natuurlijke landschap. Deze zijn verbeeld in schema in figuur 37 op de volgende pagina.

Het semi-natuurlijke landschap gaat uit van een tegenovergestelde opzet dan het productielandschap: er vind een natuurlijke menging plaats van gewassen en het wonen vindt hierin gespreidt in de natuur plaats. Dit levert een lagere score op productiediensten, maar een aanzienlijk hogere score op culturele en regulerende diensten.

Het multifunctionele landschap is een 50-50 tussenmodel, welke uitgaat van beide landschapstypologiën. Het landschap bevat kavels met verschillende gewassen, maar deze kavels zijn vrijer van opzet en hebben een meer natuurlijk karakter. Er zal hierdoor enige vermenging van gewas plaatsvinden, wat de kwantitatieve waarden naar beneden zal brengen. Dit model levert hiermee gemiddeld op alle ecosysteemdiensten en dient daarmee als een interessant tussenmodel.

Samenvattend leveren natuurlijke en semi-natuurlijke gebieden beduidend minder (gewenste) grondstoffen voor biobased bouwmaterialen, terwijl geheel agrarische gebieden zeer beperkte regulerende en culturele diensten leveren. Een gevarieerd, multifunctioneel landschap wordt over het algemeen meer gewaardeerd door bezoekers (culturele dienst) en is beter in staat om te gaan met klimaatverandering (bescherming tegen erosie, vasthouden water en nutriënten, e.d.). Ook is de biodiversiteit hoger in multifunctionele gebieden, terwijl er ook een levering van grondstoffen voor biobased materialen kan worden verkregen. De kwalitatieve effecten in de vorm van ecosysteemdiensten zijn in figuur 37 verbeeld per landschapstypologie.

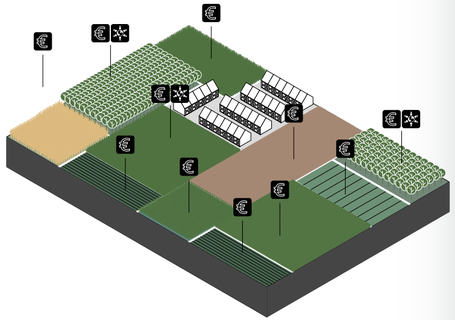
Door het onderscheid tussen verschillende landschapstypologieën kan er vanuit het onderzoek een bewuste keuze gemaakt worden voor een landschapstypologie en de ecosysteemdiensten die dit landschap levert en het belang van dit landschap voor het welzijn van mensen.

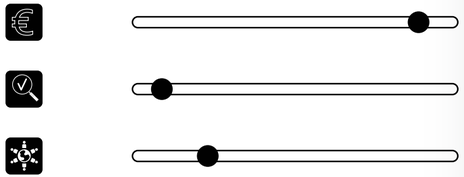
Op basis van toekenning van deze landschapstypologieën is in figuur 37 een (geenszins kwantitatief uitgewerkte) overzicht gemaakt van de ecosysteemdiensten die deze landschapstypen leveren.

Als vingeroefening is een vergelijking gemaakt tussen de drie landschapstypen productielandschap, multifunctioneel landschap en semi-natuurlijk landschap.

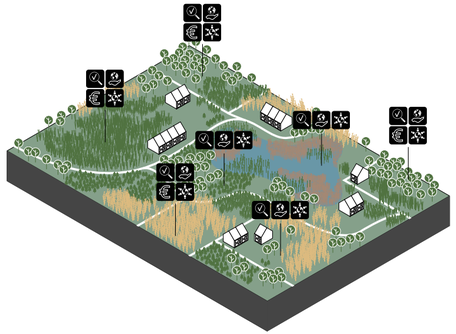
Bij 100% agrarisch: 100% teelt: hoge P(roductie), lage R(egulering) en lage C(ultuurdiensten). Als agro-ecologisch, nog steeds hoge P, midden R, lage-midden C
Bij 100% (semi)natuurlijk: 0% teelt, lage P, hoge R, midden C
Bij 50:50: 50% teelt, midden-hoge P, midden-hoge R (beide hoger dan midden want agro-ecologische teelt) en hoge C (want gevarieerd landschap.

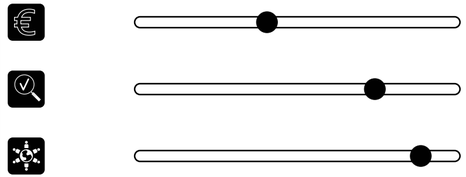
productie landschap



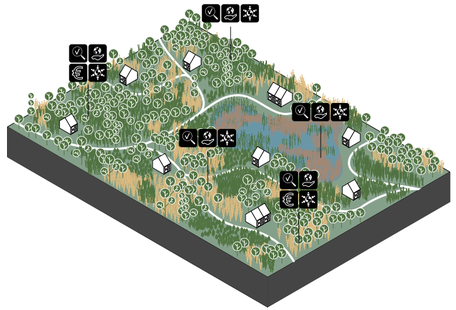


multifunctioneel landschap





semi-natuurlijk landschap



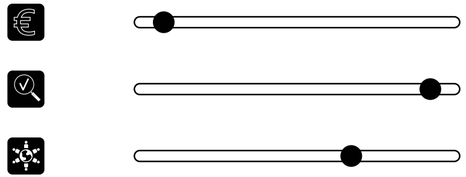


fig.37 schema's landschapstypologieën + kwalitatieve effecten

08 INTEGRAAL SYSTEEM

Zoals eerder toegelicht, ligt vanuit de ambitie van het onderzoek de focus op het individueel onderzoeken van de verschillende ondergronden: (zee)klei, veen en zand. Om de eerder toegelichte verschillende onderzoeken van de bodem, de kwanitatieve waarden en de kwalitatieve opbrengsten samen te brengen, is deze kennis samengevoegd in een integraal schema per bodemsoort. Deze schema's zijn te vinden in figuur 38, 40 en 42.

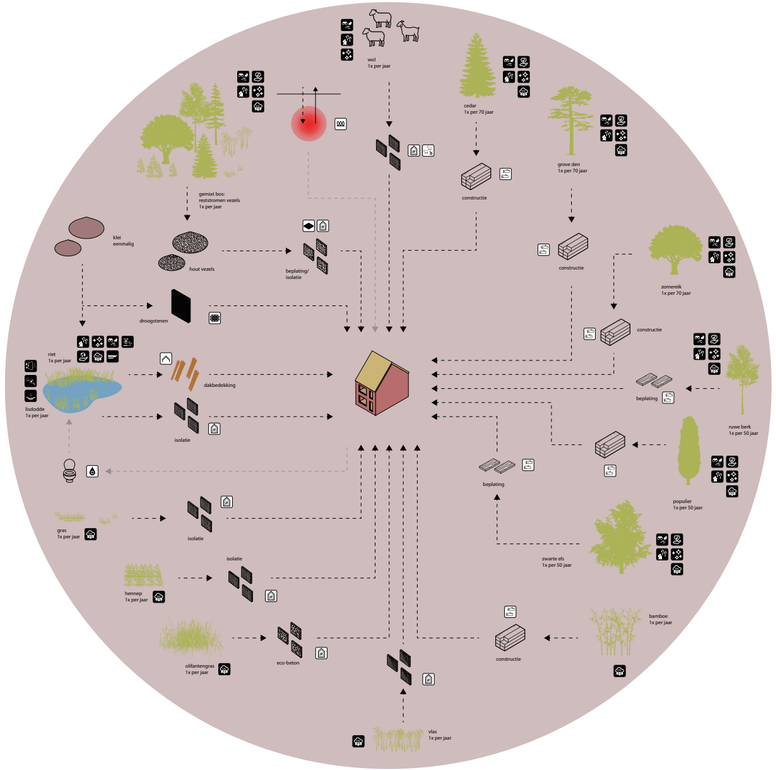
Het schema visualiseert de potentiële gewassen en producten die de bodem kan leveren. Hierbij worden de gewassen (kwantitatieve waarden) gelinkt aan de ecosysteemdiensten die deze gewassen opleveren. De schema's tonen de rijkdom van een integraal systeem waarbij verschillende bodemsoorten verbonden worden aan verschillende gewassen, biobased materialen en ecosysteemdiensten.

Dit integrale schema is vervolgens weergegeven in een conceptuele doorsnede in figuur 39, 41 en 43. Zoals de integrale schema's zijn ook deze conceptuele doorsneden uitgewerkt per verschillende bodemsoort: (zee)klei, veen en zand. Het profiel van de bodem met daarop het landschap visualiseert een ambitie van 'bouwen vanuit de bodem'.
In de doorsnede zijn het bodemprofiel, de verschillende gewassen, de productieketen, de biobased materialen, de hieruit voortkomende woningen en ecosysteemdiensten zichtbaar. Keuzes in deze doorsneden komen voort uit de kansen en mogelijkheden die de verschillende bodems bieden, uitgaande van de opgedane kennis vanuit voorgaande hoofdstukken.

De rijkdom van een integraal systeem waarbij verschillende bodemsoorten verbonden worden aan verschillende gewassen, biobased materialen, architectuur en ecosysteemdiensten.

INTEGRAAL SYSTEEM

kleibodem



60. fig.38 integraal schema klei

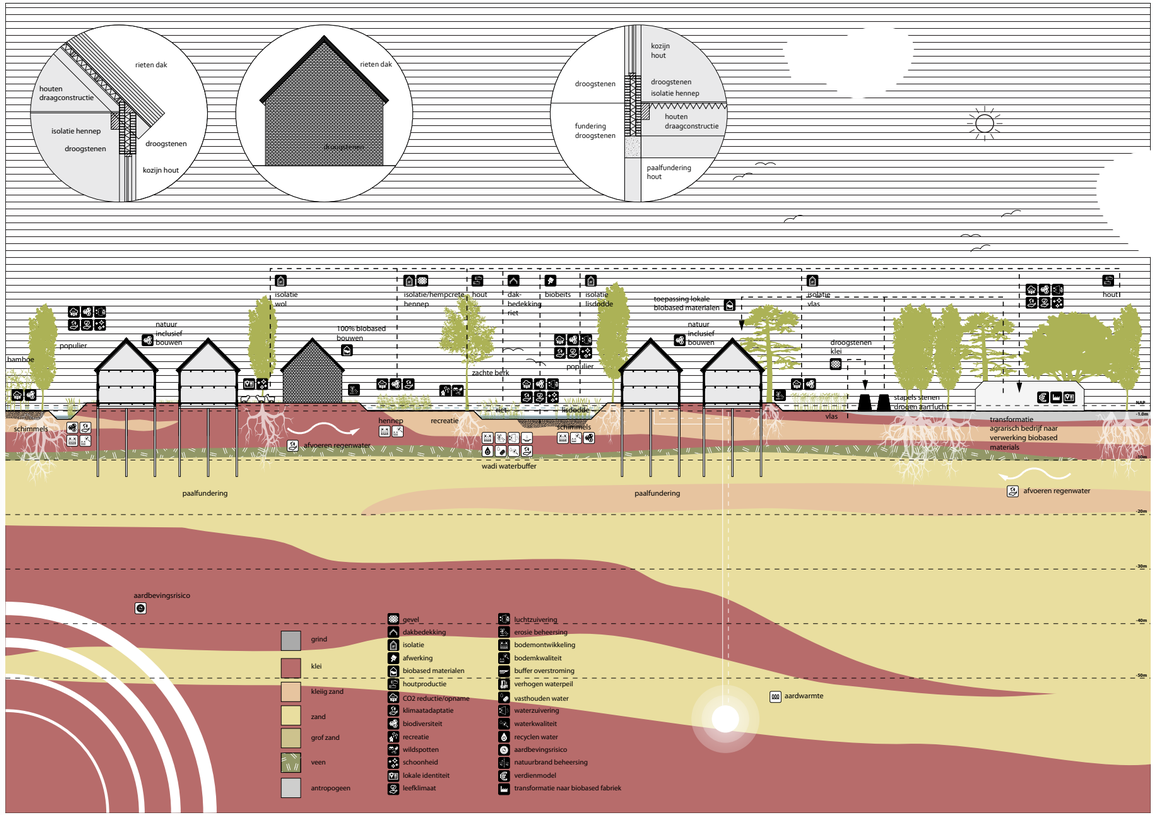
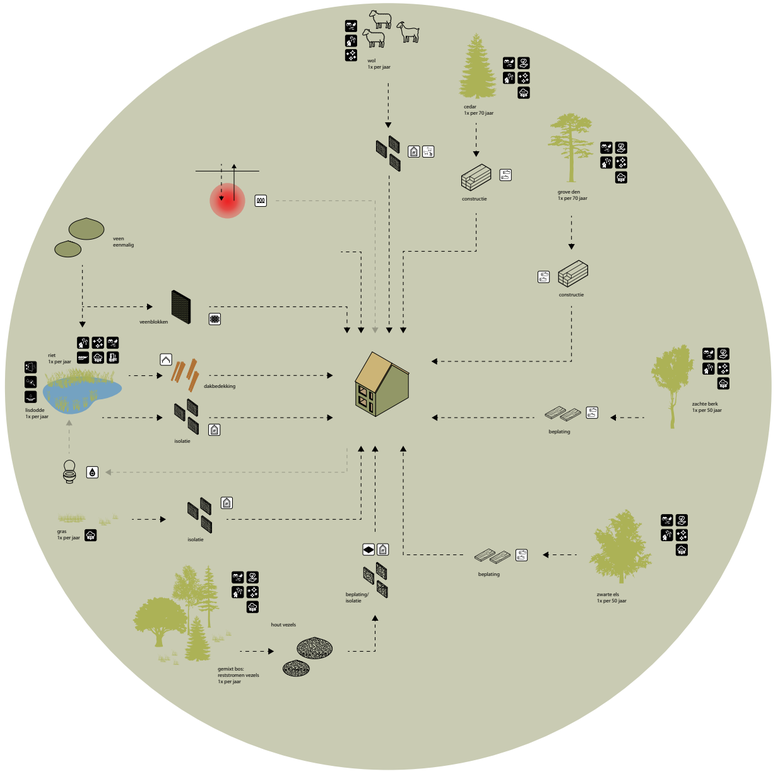


fig.39 conceptuele doorsnede klei

INTEGRAAL SYSTEEM

veenbodem



62. *fig.40 integraal schema veen*

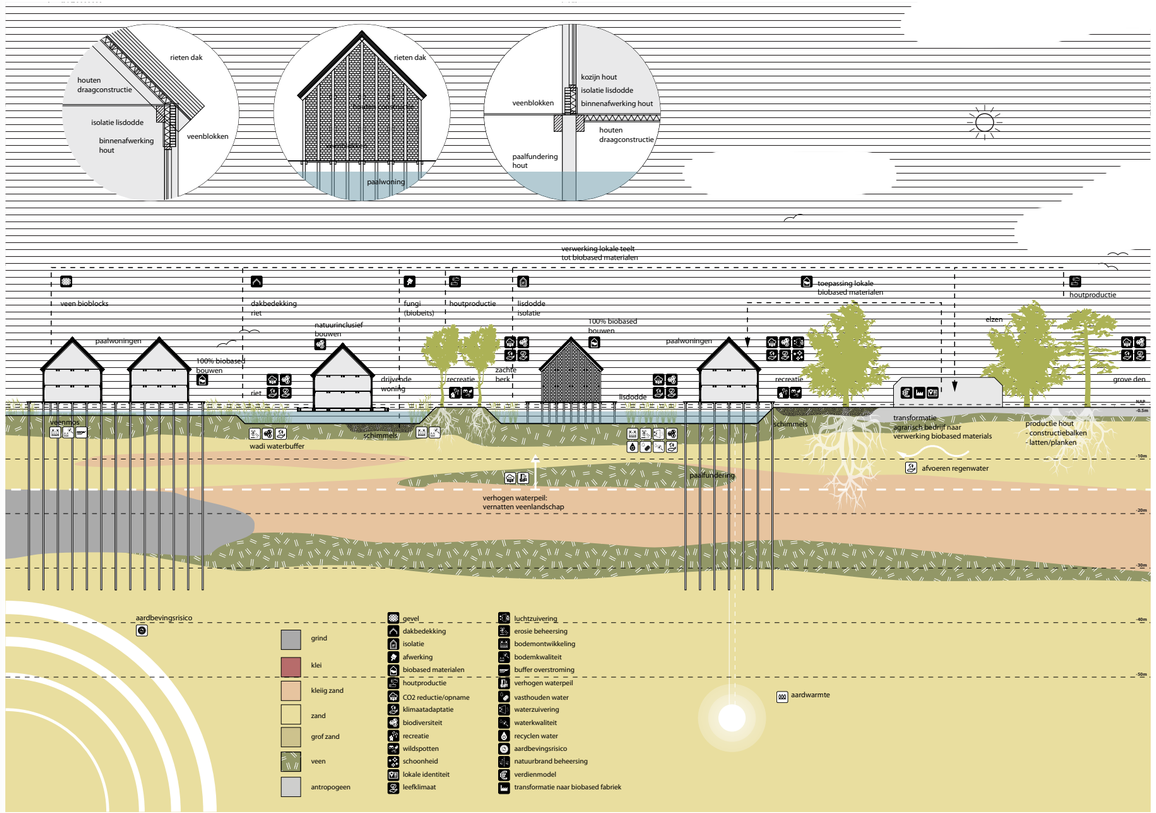
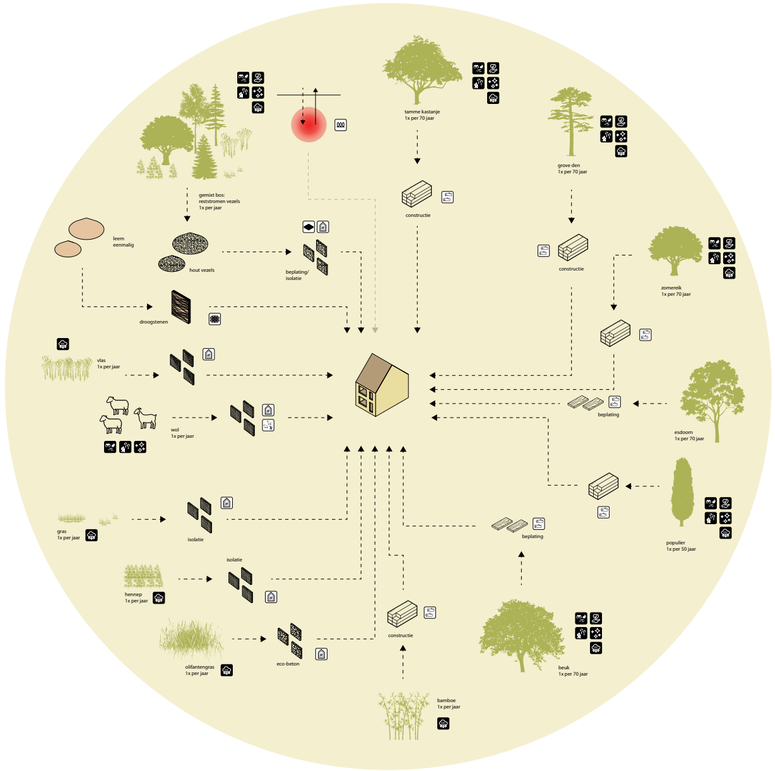


fig.41 conceptuele doorsnede veen

63.

INTEGRAAL SYSTEEM

zandbodem



64. *fig.42 integraal schema zand*

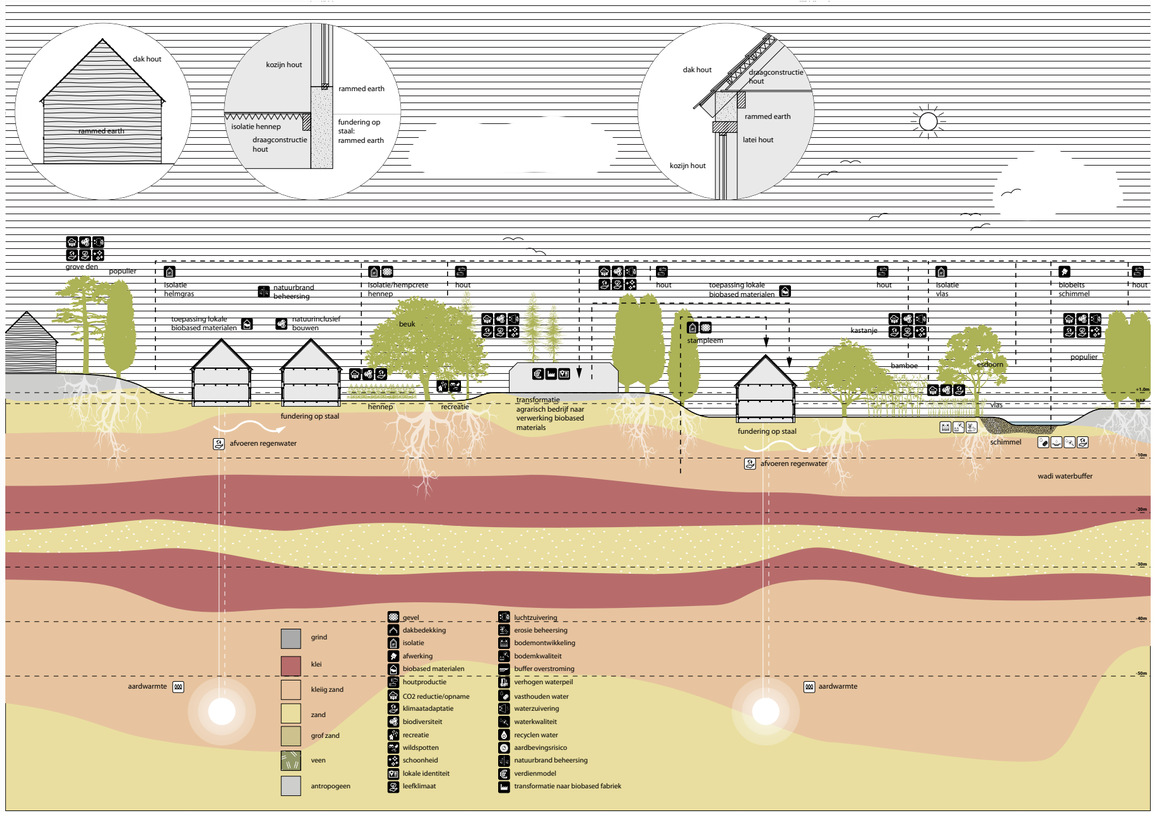


fig.43 conceptuele doorsnede zand

65.

09 CASE STUDIES

introductie

Nederland kent een vrij monotoom architectonisch landschap als het aankomt op de vinex uitbreidingswijken van dorpen en steden. Het rijtjeshuis is in deze wijken een veelvuldig en herhaaldelijk voorkomende typologie.

Het rijtjeshuis is een huis dat uiteraard in een rijtje staat en vaak aan beide kanten wordt ingesloten door een ander, nagenoeg altijd identiek huis. Essentieel voor het rijtjeshuis is dat elke woning een eigen voordeur aan de straat en een (bijna) identieke plattegrond heeft, meestal om en om in spiegelbeeld.

Rijtjeshuizen komen in meer landen voor, maar vooral in Nederland is het een veel voorkomend woningtype. Nergens in Europa wonen zoveel mensen in rijtjeshuizen als in Groot-Brittannië, Ierland en Nederland. Van de circa zeven miljoen woningen in Nederland zijn er circa vier miljoen als rijtjeshuis gebouwd. Circa tien miljoen Nederlanders wonen in een rijtjeshuis. Daarmee is dit het meest voorkomende huizentype en woont 60% van de Nederlanders in een rijtjeswoning.

Rijtjeshuizen komen in bijna ieder dorp of stad voor in Nederland en zien er nagenoeg allemaal hetzelfde uit. Samen hebben ze een lengte van 16.000 kilometer, dat is ongeveer de afstand van Amsterdam naar Beijing en terug.

Daarnaast is architectuur niet meer lokaal geworteld. De bouwindustrie vervoert materialen over grote afstanden en architecten werken overal in de wereld, zoals is afgebeeld in figuur 44. Er is een generieke architectuur ontstaan.

Als de bodem weer centraal wordt gesteld bij het bouwen van architectuur, kunnen we locatiespecifiek gaan bouwen. De bodem is hierin leidend in de diensten die het kan leveren. Hieruit ontstaan karakteristieken die voor de plek uniek en herkenbaar zijn. Zie figuur 45.

fig.44 materiaalstromen Europa

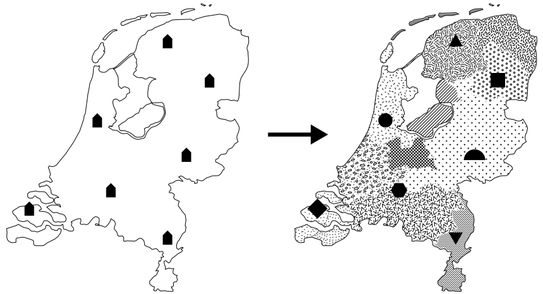
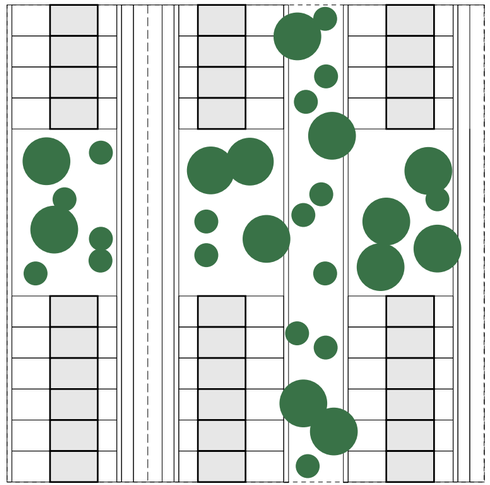


fig.45 locatiespecifiek bouwen

60% van de Nederlanders woont in een rijtjeswoning, verspreid over het hele land en ze zien er allemaal hetzelfde uit.

fig.46 Nederlandse rijtjeswoning

1 hectare = 30 woningen



68. fig.47 schematische weergave woonwijk 1 hectare

fig.48 luchtfoto typische vinex woonwijk

CASE STUDIES

kwantitatieve waarden

Om een goede vergelijking te kunnen maken met bestaande woningbouw en de onderlinge verschillen tussen de bodemsoorten zijn we zoals eerder aangegeven, uitgegaan van de archetypische rijtjeswoning. Echter verschillen de woningen in materialisatie van elkaar, afhankelijk van de verschillende bodemsoorten waar deze op staan.

In de casestudies zijn we middels berekeningen de verschillende bodemsoorten en de verschillende gewassen en biobased materialen (kwantitatieve waarden) gaan koppelen aan de verschillende landschapstypologiën en bijbehorende kwalitatieve opbrengsten.

Een belangrijke onderdeel van deze berekeningen zijn de woondichtheden die de combinatie van verschillende ondergronden en landschapstypologieën mogelijk maken.
De standaard vinexwijk kent een dichtheid van ca. 30-35 woningen per hectare, zoals schematisch weergegeven in figuur 47.

De schema's in figuur 49 zijn een uiteenzetting van de berekeningen van verschillende woondichtheden per ondergrond en landschapstypologie, uitgaande van de kwantitatieve waarden. Hierbij is ook de verdeling van het landschapsgebruik van woonoppervlakte en gewas zijn uitgezet in de schema's.

Er is in deze calculaties uitgegaan van een oppervlakte van 9 hectare en 50 jaar omlooptijd van de gewassen. Deze 9 hectare staat gelijk aan een gemiddelde woonwijk en is tevens de maat die ruimtelijk past bij de 3 locaties in Groningen die zijn gekozen als vertrekpunt in het onderzoek.

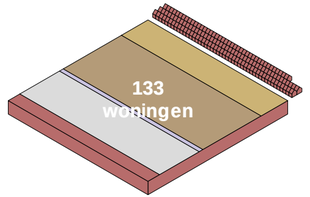
Bij de berekeningen voor het productielandschap zijn de kwantitatieve waarden genomen zoals weergegeven in de tabellen en schema's - en zoals gebruikt in voorgaande berekeningen.
Door een lagere productie efficiëntie van het multifunctionele landschap zijn deze kwantitatieve waarden hierbij gehalveerd naar 50% opbrengst.
De berekeningen voor het semi-natuurlijke landschap gaan uit van een gemengd bos, waarbij slechts alleen gemixt geoogst kan worden. Dit zorgt ervoor dat de gewassen niet meer schoon verwerkt kunnen worden. Voor deze berekeningen is daarom uitgegaan van vezels uit verschillende gewassen en een lagere houtproductie onder de noemer gemixt bos. Vanuit deze vezels en het gemixte bos kunnen alternatieve biobased materialen worden geproduceerd, middels samenpersing of biocompositieten.

In een verdere uitwerking zijn de casestudies van het multifunctionele landschap op de volgende pagina's vervolgens verder uitgewerkt.

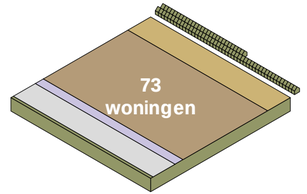
klei
veen
zand
hout
riet
isolatie
grondgebruik

fig.49 schema's calculaties
woondichtheden x landschapstypologieën x bodemtypen

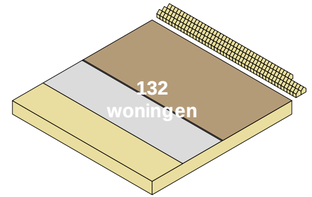
9 ha / x woning productielandschap



8.21% (0.74 ha) klei: droogsteen - gevel
28.44% (2.56 ha) oppervlakte woning + omgeving
2.73% (0.25 ha) hennep - isolatie
41.66% (3.75 ha) populier - constructie
18.96% (1.71 ha) riet - dakbedekking

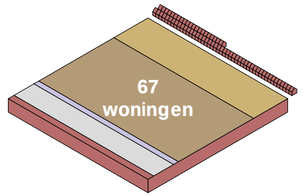


1.72% (0.16 ha) veen: veenblokken - gevel
15.67% (1.41 ha) oppervlakte woning + omgeving
5.77% (0.52 ha) lisdodde - isolatie
60.52% (5.45 ha) zwarte els - constructie
14% (1.47 ha) riet - dakbedekking

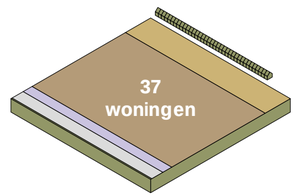


21.89% (1.97 ha) lemig zand: rammed earth - gevel + dragend
28.11% (2.53 ha) oppervlakte woning + omgeving
0.71% (0.06 ha) hennep - isolatie
49.29% (4.44 ha) populier - constructie + dakbedekking

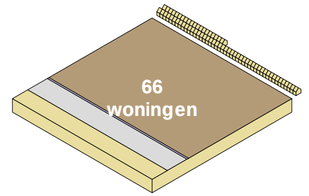
9 ha / x woning multifunctioneel landschap



4.10% (0.37 ha) klei: droogsteen - gevel
14.22% (1.28 ha) oppervlakte woning + omgeving
3.52% (0.32 ha) hennep - isolatie
53.71% (4.83 ha) populier - constructie
24.44% (2.20 ha) riet - dakbedekking

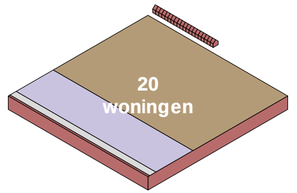


0.86% (0.08 ha) veen: veenblokken - gevel
7.83% (0.70 ha) oppervlakte woning + omgeving
6.38% (0.57 ha) lisdodde - isolatie
66.89% (6.02 ha) zwarte els - constructie
18.04% (1.62 ha) riet - dakbedekking

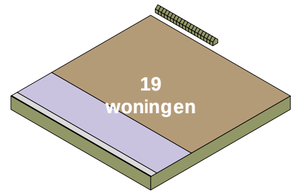


10.94% (0.98 ha) lemig zand: rammed earth - gevel + dragend
14.06% (1.27 ha) oppervlakte woning + omgeving
1.07% (0.10 ha) hennep - isolatie
73.93% (6.65 ha) populier - constructie + dakbedekking

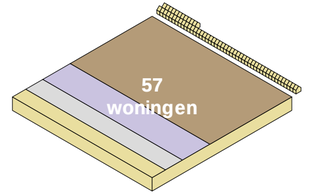
9 ha / x woning semi-natuurlijk landschap



1.26% (0.11 ha) klei: droogsteen - gevel
4.37% (0.39 ha) oppervlakte woning + omgeving
26.56% (2.39 ha) hout vezels - isolatie
67.81% (6.10ha) mixed bos - constructie + dakbedekking



0.45% (0.04 ha) veen: veenblokken - gevel
4.05% (0.36 ha) oppervlakte woning + omgeving
24.62% (2.22 ha) houtvezels - isolatie
70.88% (6.38 ha) mixed bos - constructie + dakbedekking



9.53% (0.86 ha) lemig zand: rammed earth - gevel + dragend
12.23% (1.10 ha) oppervlakte woning + omgeving
19.64% (1.77 ha) hout vezels- isolatie
58.59% (5.27 ha) populier - constructie + dakbedekking

kleibodem **veenbodem** **zandbodem**

CASE STUDIES

multifunctioneel landschap
50 jaar / 9 ha / x woning

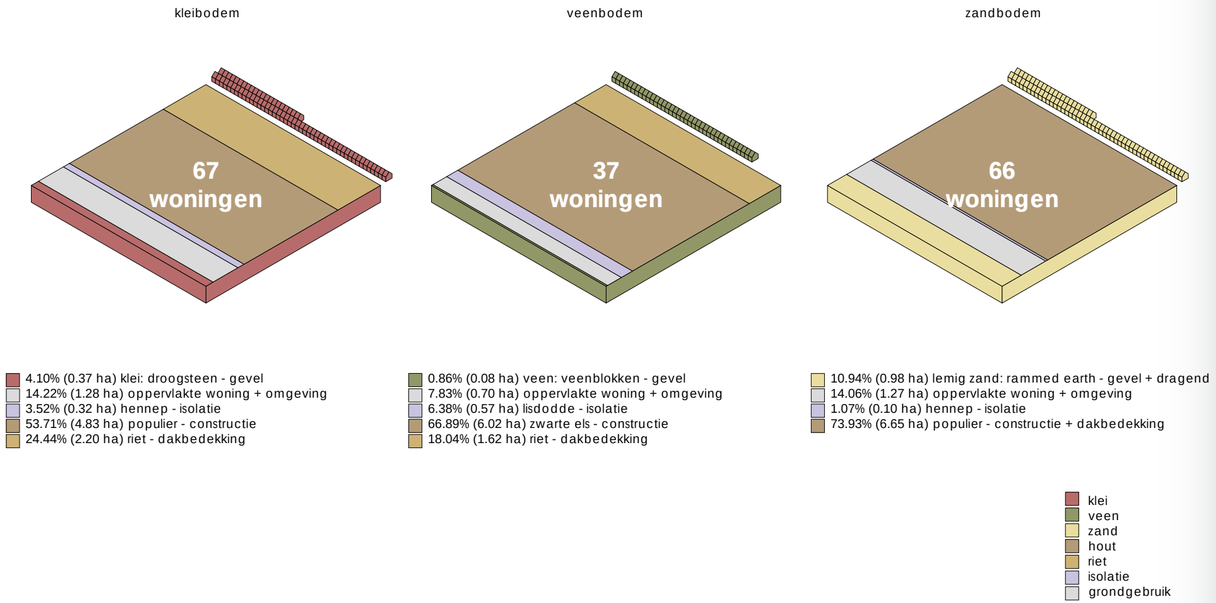
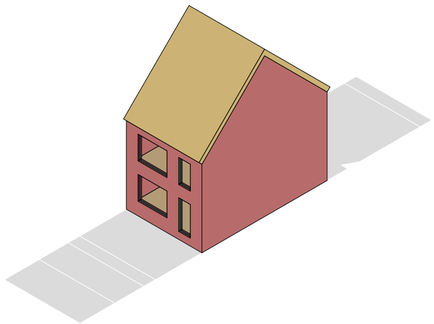
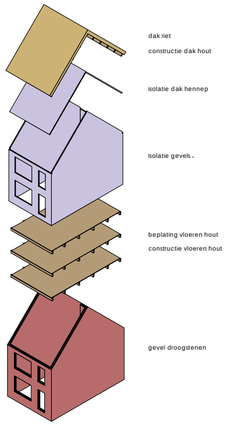
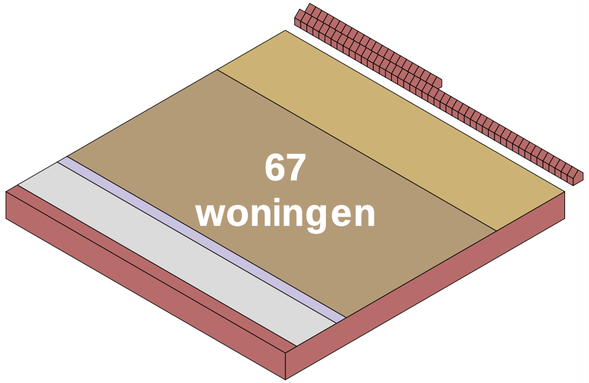


 fig.50 schema's calculaties multifunctioneel landschap woondichtheden x landschapstypologieën x bodemtypen

fig.51 locaties







4.10% (0.37 ha) klei: droogsteen - gevel
14.22% (1.28 ha) oppervlakte woning + omgeving
3.52% (0.32 ha) hennep - isolatie
53.71% (4.83 ha) populier - constructie
24.44% (2.20 ha) riet - dakbedekking

67 WONINGEN

klei
veen
zand
hout
riet
isolatie
grondgebruik

fig.52 casestudy klei - multifunctioneel landschap

fig.53 schematisch ontwerp klei

CASE STUDIES

Een kleibodem heeft de eigenschap van een matige afwatering; de woningen liggen in dit landschap daarom geclusterd op een talud. In een gesloten bodemgebruik ontstaat er voor het realiseren van het talud een wadi. Deze wadi vormt het laagste punt in het landschap en verzamelt het regenwater. In deze wadies kan vervolgens het riet groeien dat gebruikt wordt in de toepassing van dakbedekking. De gevels zijn opgebouwd uit droogstenen die tevens uit de kleibodem worden gewonnen. Dit is een duurzaam en biobased alternatief voor de baksteen. De productie van hennep zorgt voor een isolatie van de woningen. En productiebossen van populieren leveren het constructiehout.

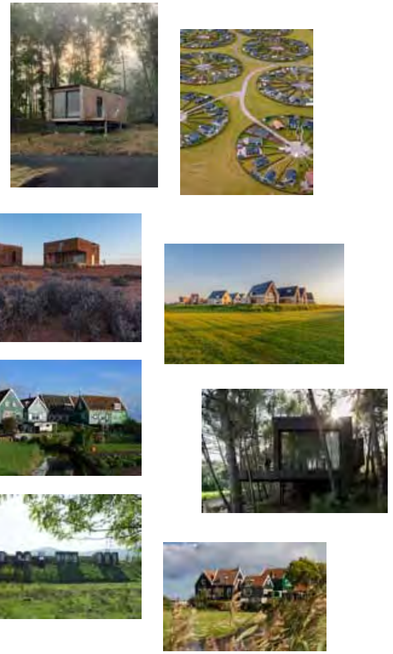
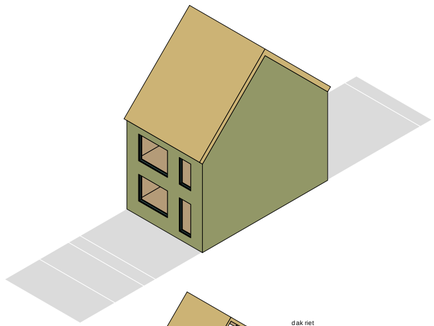


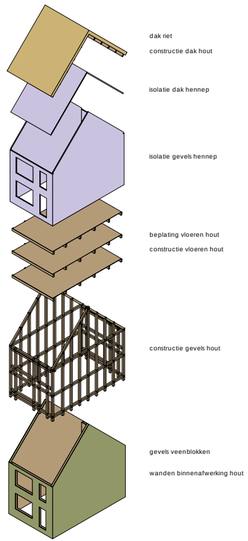
fig.54 referenties

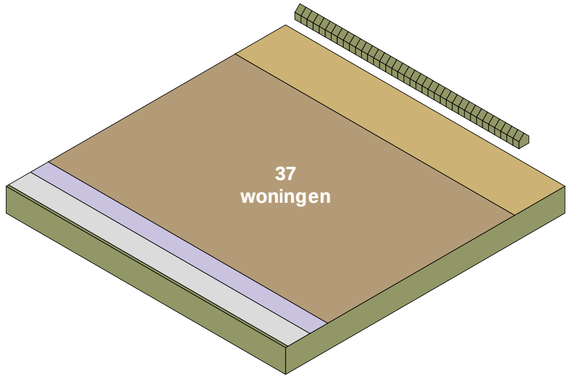
fig.55 visualisatie casestudy klei

CASE STUDIES

veenbodem







0.86% (0.08 ha) veen: veenblokken - gevel
7.83% (0.70 ha) oppervlakte woning + omgeving
6.38% (0.57 ha) lisdodde - isolatie
66.89% (6.02 ha) zwarte els - constructie
18.04% (1.62 ha) riet - dakbedekking

37 WONINGEN

klei
veen
zand
hout
riet
isolatie
grondgebruik

fig.56 casestudy veen - multifunctioneel landschap

fig.57 schematisch ontwerp klei

CASE STUDIES

Het veenlandschap is een deels vernat landschap. Hiermee wordt de uitstoot van CO_2 uit het veen gereduceerd. Het drogere deel van het landschap levert middels o.a. zwarte elsen het constructiehout voor de woningen en de steigers. In het vernatte deel groeit lisdodde voor een isolatie van de woningen, en riet voor de dakbedekking van de woningen. De gevels worden bekleed met veenblokken, gewonnen uit het veen. De kwantitatieve waarden van dit landschap liggen lager (ten op zicht van klei of zand) en de woningen staan in dit landschap daarom meer vrij en verspreid.

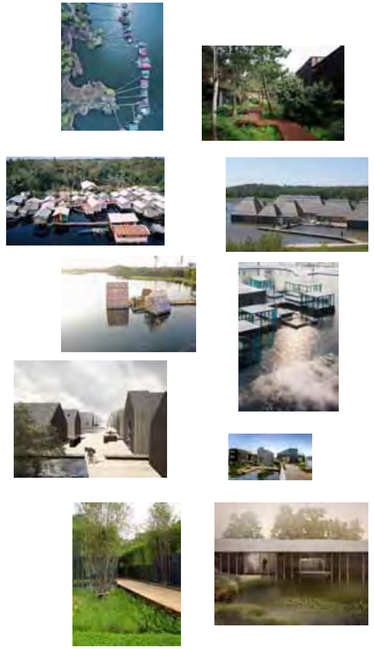
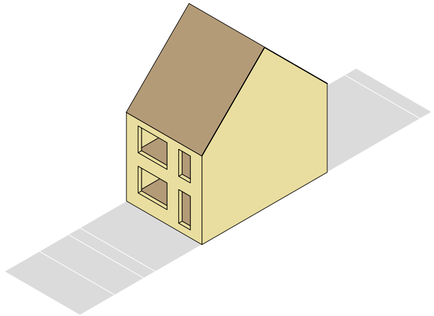
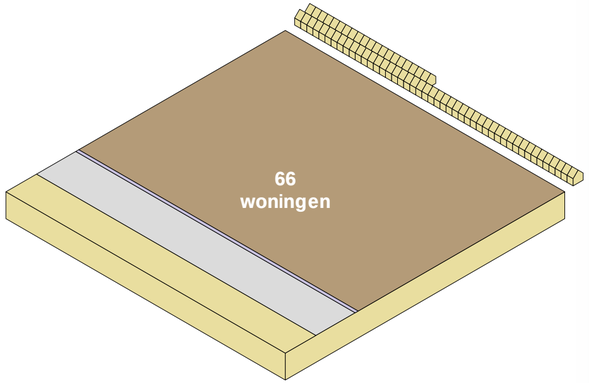


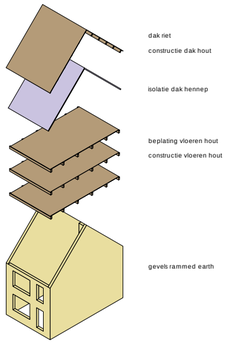
fig.58 referenties

fig.59 visualisatie casestudy veen

zandbodem







10.94% (0.98 ha) lemig zand: rammed earth - gevel + dragend
14.06% (1.27 ha) oppervlakte woning + omgeving
1.07% (0.10 ha) hennep - isolatie
73.93% (6.65 ha) populier - constructie + dakbedekking

66 WONINGEN

- klei
- veen
- zand
- hout
- riet
- isolatie
- grondgebruik

fig.60 casestudy zand - multifunctioneel landschap

fig.61 schematisch ontwerp klei

CASE STUDIES

Het zandlandschap kent de kwaliteit van een goede draagkracht. Woningen staan hierom in een hogere dichtheid en meer geconcentreerd bij elkaar. De gevels worden opgebouwd uit stampleem, gewonnen uit de zandbodem. Deze gevels zijn dragend en zelfisolerend. De productie van populierenhout zorgt voor de overige constructie en de dakbedekking van de woningen. Voor de isolatie van de daken groeien er kleine velden hennep.

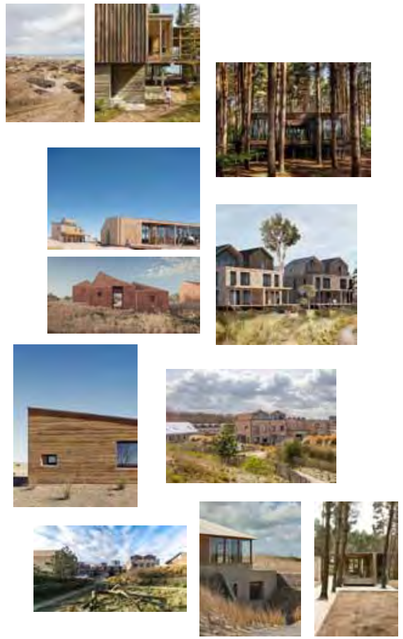


fig.62 referenties

fig.63 visualisatie casestudy zand

10 KANSENKAART

Groningen

Na in te zoomen op en in de bodems en alle informatie verzameld en verwerkt te hebben, zoomen we weer uit. Met de integrale kennis van de bodem, op het gebied van kwantitatieve opbrengsten, kwalitatieve waarden, en gevolgen voor het landschap en architectuur is het interessant om uit te zoomen op de schaal van de stad/gemeente.

De kansenkaart van Groningen (figuur 64) geeft een inzicht in de potenties en beperkingen van bouwen vanuit de bodem, met een focus op de verdichtingsopgave van Groningen.
De verschillende kleuren (rood, groen en geel) geven de verschillende bodemtypen van de betreffende gemeente aan. Links van de kansenkaart staat een overzicht met het potentieel aantal woningen per verschillende ondergrond en per verschillende landschapstypologie. Dit maakt de mogelijke dichtheid woningen inzichtelijk met betrekking tot keuze landschapstypologie.
Rondom zijn de verschillende gewassen en een mogelijk voorbeeld van de architectuur verbeeld.

Evenals de kennis en modellen vanuit het ontwerpend onderzoek, is ook de kansenkaart een middel om verder onderzoek te kunnen doen naar de verstedelijkingsopgaven in andere steden, met altijd als vertrekpunt het bouwen vanuit de bodem. Hoe kunnen we in de Nederlandse duurzame verstedelingsopgaven zorgen voor een integrale productieve relatie?

Met deze vraagstelling en de kennis uit het ontwerpend onderzoek ONDERSTE-BOVEN zetten we in de impactfase ons onderzoek voort met een stap naar gemeenten in Nederland.
De ontwikkelde kennis levert generieke modellen op die ingezet kunnen worden op meer plekken in Nederland. Voor de gemeenten Almere, Utrecht en Zwolle hebben wij een vergelijkbare kansenkaart ontwikkeld, locatiespecifiek voor de verschillende bodemsoorten per gemeente. Deze zijn afgebeeld in figuur 65, 66 en 67.

Gemeente Groningen
potentieel aantal woningen

KLEI
315175w productielandschap
175588w 50-50 multilandschap
48404w semi-natuurlijk landschap

VEEN
103832w productielandschap
51916w 50-50 multilandschap
26838w semi-natuurlijk landschap

ZAND
204682w productielandschap
102341w 50-50 multilandschap
89079w semi-natuurlijk landschap

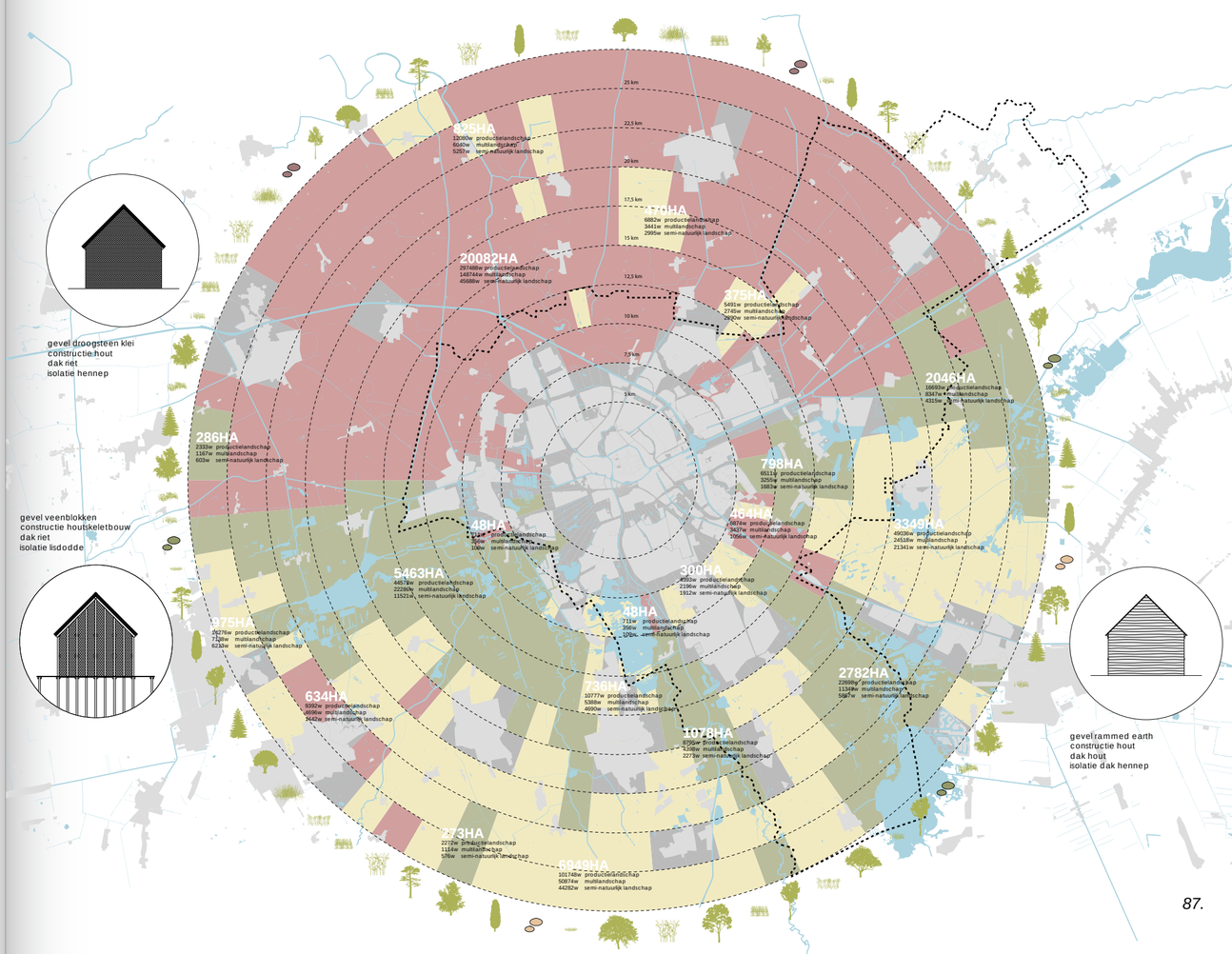


fig.64 kansenkaart Groningen

KANSENKAART

Almere

Gemeente Almere
potentieel aantal woningen

KLEI
226175w productielandschap
113087w 50-50 multilandschap
34736w semi-natuurlijk landschap

VEEN
0w productielandschap
0w 50-50 multilandschap
0w semi-natuurlijk landschap

ZAND
18669w productielandschap
9334w 50-50 multilandschap
8125w semi-natuurlijk landschap

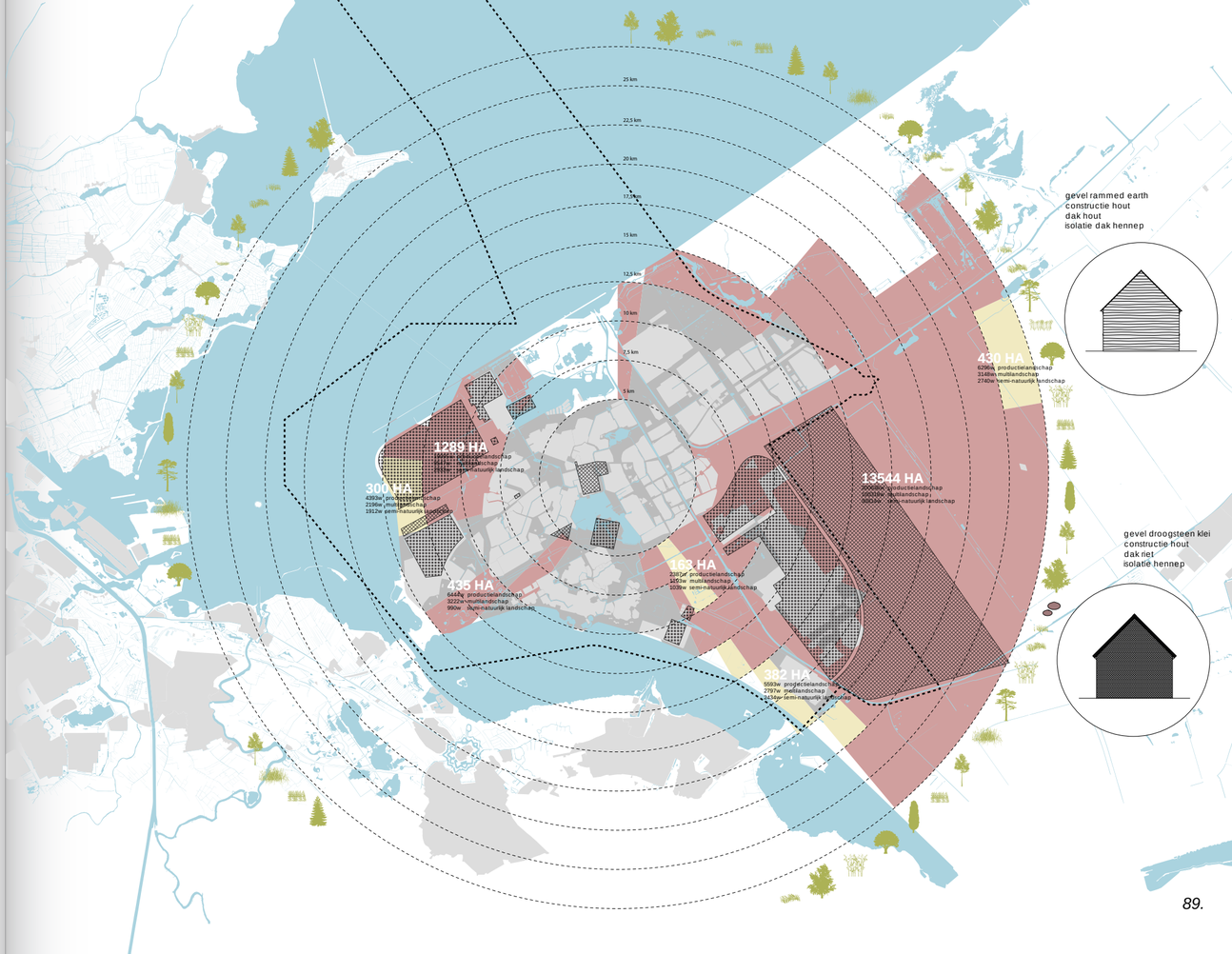


fig.65 kansenkaart Almere

KANSENKAART

Utrecht

Gemeente Utrecht
potentieel aantal woningen

KLEI
210561w productielandschap
105281w 50-50 multilandschap
32338w semi-natuurlijk landschap

VEEN
54943w productielandschap
27471w 50-50 multilandschap
14202w semi-natuurlijk landschap

ZAND
285609w productielandschap
142805w 50-50 multilandschap
124300w semi-natuurlijk landschap

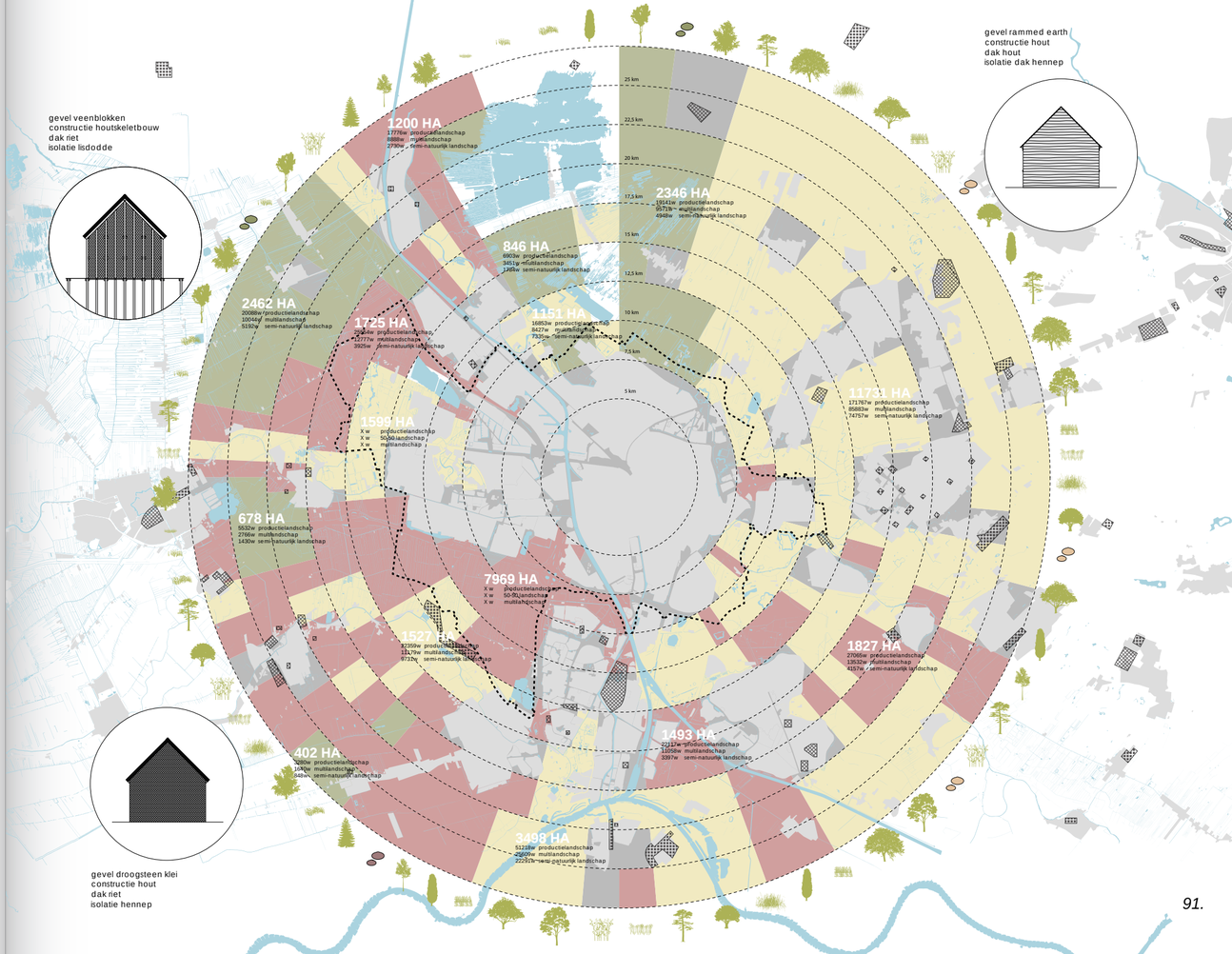


fig.66 kansenkaart Utrecht

KANSENKAART

Zwolle

Gemeente Zwolle
potentieel aantal woningen

KLEI
102910w productielandschap
51455w 50-50 multilandschap
15805w semi-natuurlijk landschap

VEEN
119301w productielandschap
59651w 50-50 multilandschap
30837w semi-natuurlijk landschap

ZAND
415778w productielandschap
207889w 50-50 multilandschap
180950w semi-natuurlijk landschap

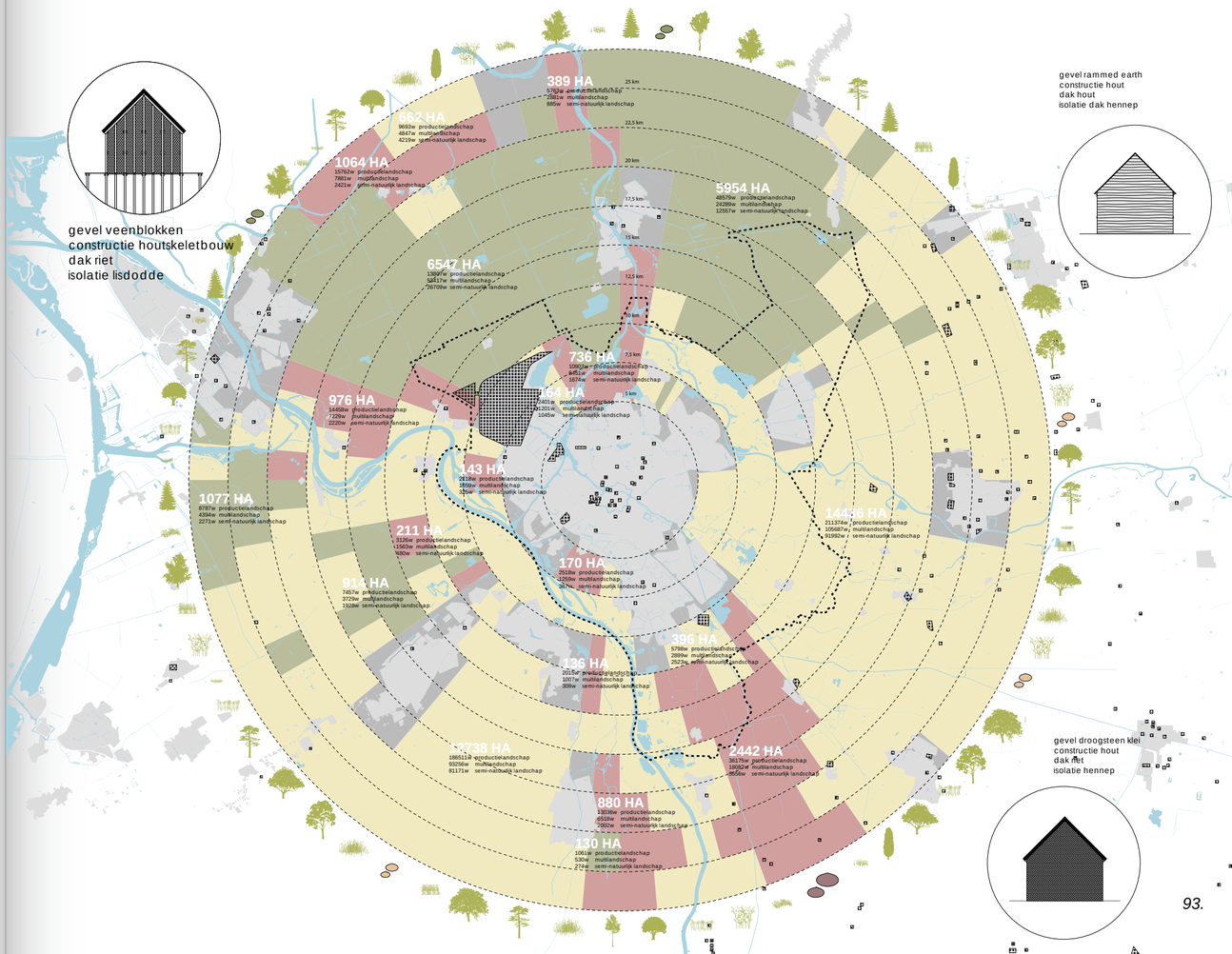


fig.67 kansenkaart Zwolle

11 REFLECTIE

Het project Onderste-Boven heeft als doelstelling de wederkerigheid tussen de bodem, landschap en architectuur te onderzoeken. Het ontwerpende karakter van dit onderzoek betekent dat de keten van landschap naar kortcirculaire grondstoffen naar natuurlijke bouwmaterialen en uiteindelijk woningbouw in hoofdlijnen is beschreven en gekwantificeerd.

In het onderzoek wordt uitgegaan dat de bodem met al zijn kwaliteiten het vertrekpunt is voor de verstedelijking. Hetgeen de bodem kan leveren en accomoderen is leidend voor de wijze waarop deze verstedelijking vorm krijgt. Dit is een bodem-leidend perspectief. *Geert Roovers

Deze paragraaf beoogt enkele kanttekeningen bij deze methode te geven. Het is duidelijk dat er nog veel onzekerheden zijn over de gegevens en berekeningen. Toch gaan we ervan uit dat de uitkomsten een behoorlijke indicatie geven van de mogelijkheden om met bouwen vanuit de (lokale) bodem een bepaalde omvang van woningbouw en type architectuur te ontwikkelen en realiseren.

Voornoemde keten kan ruwweg worden onderscheiden in:

- Kortcirculaire grondstoffen: waar komen deze vandaan? Teelten, reststromen uit landbouw, of reststromen uit natuur/groenbeheer? Hoeveelheden en kwaliteit? Impact op landschap?
- Verwerking tot natuurlijke bouwmaterialen: wat zijn de mogelijkheden zowel kwantitatief als kwaliteitseisen?
- Woningbouw: wat zijn de uitgangspunten, mogelijkheden en beperkingen in de bouw met natuurlijke (biobased) materialen?

Kortcirculaire grondstoffen

In Onderste-Boven is overwegend uitgegaan van landbouwkundige en bosbouwkundige teelten van natuurlijke materialen. Hier zijn verreweg de meeste gegevens over te vinden. Deze gegevens zijn evengoed relatief schaars en er bestaat een grote variatie in opbrengsten op verschillende bodems en onder verschillende omstandigheden. Er is zoveel mogelijk voor een gemiddelde opbrengst gekozen, maar in sommige gevallen kan een opbrengst de helft of het dubbele zijn[1], en dat heeft een direct effect op de vraag naar bodemoppervlak.

De vraag is gerechtvaardigd of dit de meeste effectieve manier van gebruik van het landschap is. Ruimte is beperkt en er kan competitie ontstaan met o.a. voedselproductie en natuur. Reststromen uit landbouw, natuurbeheer en groenbeheer zijn significant, maar lastig in kaart te brengen en de aanvoer en kwaliteit van de materialen is per definitie minder consistent[2]. Ook dient nog onderzoek te worden gedaan naar meer milieu- en natuurlijkvriendelijke manieren van telen zoals combiteelten en agroforestry. Monoculturen zorgen voor relatief hoge productie en consistentere aanvoer en kwaliteit, maar gebruik van reststromen maken efficiënter gebruik van beschikbaar land. Een combinatie van kleinschaligere teelten en gebruik van reststromen uit landbouw en landschap kan waarschijnlijk goed worden ingepast in een multifunctioneel landschap dat een breed palet aan ecosysteemdiensten kan leveren.

Tenslotte wordt de keuze voor de soorten gewassen en grondstoffen bepaald door de vraag vanuit de markt. Deze vraag zal in de toekomst veranderen, maar hoe is nog niet duidelijk[3]. Zowel de ontwikkeling van natuurlijke bouwmaterialen als de bouwkunde en architectuur van biobased woningen is in volle gang.

Verwerking tot natuurlijke bouwmaterialen

In Onderste-Boven is zoveel mogelijk gekozen voor biobased bouwmaterialen die 100% natuurlijk zijn. Voor de buitenwanden is gekozen voor bodemmaterialen, en houtbouw is gekozen voor dragende delen en afwerking binnen en buiten. Op het gebied van dragende materialen zijn nog geen goede natuurlijke alternatieven voor bodemmateriaal of hout beschikbaar. Voor afwerking bestaan wel alternatieven zoals materiaal van vezels of mycelium board. Deze zijn in verband met directe bruikbaarheid niet overwogen in het begin van dit project, maar zouden in een volgende analyse wel kunnen worden meegenomen.

Aangezien een ander uitgangspunt het gebruik van materialen van lokale bodems is, is gekozen voor boomsoorten die goed groeien op klei, veen en zand: ceder, grove den, zomereik, ruwe berk, zwarte els, en populier.

Isolatie en afwerking binnen is gebaseerd op lokale materialen zoals, riet, hennep, wol, vlas, houtvezel en gras. Voor afwerking buiten is ook gekeken naar bodemmateriaal zoals rammed earth (stampleem) en gedroogde kleiblokken. Ook veen leent zich voor verwerking tot buitenmateriaal, maar veen dient bij voorkeur niet te worden gebruikt omdat de aangroei van natuurlijk veen zeer traag is en veenbodems veel ecosysteemdiensten leveren. Toch is voor standaardisatie uitgegaan van het gebruik van veen.

Voor de berekeningen van grondstoffen naar bouwmaterialen (in de schema's in hoofdstuk 4, kwantitatieve waarden) zijn aannames en is uitgegaan van gemiddelden en zijn soms ook keuzes gemaakt vanwege ontbrekende data. De opvolgende resultaten (aantal woningen per hectare) zijn derhalve een benadering die in gemiddelde gevallen behoorlijk zullen kloppen, maar in specifieke gevallen aardig kunnen afwijken. Echter, de verwachting is niet dat dit (met de gebruikte methodologie) veel zal afwijken van de helft of het dubbele van het berekende bodemgebruik.

Op dit moment is op het gebied van natuurlijke bouwmaterialen nog zeer veel ontwikkeling gaande en de keuze wordt steeds groter. Vooral op het gebied van de zogenaamde biocomposieten kan nog veel vooruitgang worden geboekt, zoals in het gebruik van mycelium voor plaatmaterialen[4]. Tegelijkertijd zijn er veel materialen die wel biobased genoemd worden maar dat niet volledig zijn[5,6] en loopt het gebruik van natuurlijke materialen tegen allerlei certificeringsproblemen aan. Van gangbare materialen zoals beton, baksteen, pur, en steenwol zijn de technische eigenschappen goed bekend, maar van veel biobased materialen is dat niet het geval. Dit is uiteraard een rem op de toepassingen in de bouw.

Toepassing in woningbouw en architectuur

Door het gebruik van zoveel mogelijk natuurlijk bouwmaterialen zal zowel woningbouw als architectuur veranderen. Deze materialen zijn lichter dan de gangbare, en ook de constructietechnieken zoals dampopen bouw leveren een belangrijke bijdrage aan ontwikkelingen in bouw en ontwerp. Voor lichtere gebouwen zullen funderingen (nog niet biobased) ook aangepast moeten worden.

Op dit moment is de toepassing van natuurlijke grondstoffen in de bouw nog beperkt vanwege voornoemde factoren maar ook vanwege de onbekendheid met de materialen en koudwatervrees. Gebouwen van natuurlijke bouwmaterialen leveren over het algemeen een gezonder binnenklimaat op voor bewoners als het gaat om vocht, temperatuur en luchtkwaliteit[7].

Naast een verandering van de architectuur zal lokaal bodemleidend bouwen met biobased materialen ook een grote invloed op het landschap hebben. Het onderzoek Onderste-boven maakt de relatie inzichtelijk tussen de bodemeigenschappen en de potentie van het landschap voor de levering van gewassen voor biobased materialen. Hieruit blijkt dat het verbouwen van gewassen ten behoeve van biobased materialen veel grondgebruik vragen. Een hectare grond levert weinig bouwmaterialen op en heeft dus een relatief laag laadvermogen.
Deze uitkomst is natuurlijk erg duaal met de behoefte van de verdichtingsopgave in Nederland. Lokaal bodemleidend verbouwen en bouwen heeft als gevolg dat er altijd in een lage dichtheid gebouwd moet worden.
Een combinatie van bodemsoorten zal wellicht een hogere efficientie van het landschap opleveren. Deze berekeningen zijn in dit onderzoek niet gemaakt en zouden in een vervolgonderzoek verder berekend kunnen worden. Echter zullen de opbrengstwaarden nog steeds niet inherent zijn aan de gevraagde verdichtingsopgave.
Het alternatief om aan de verdichtingsopgave in Nederland te voldoen, en deze in biobased materialen uit te voeren, lijkt daarom van ver te komen. Landschappen buiten de verdichtingslocatie zullen dienst moeten doen voor de productie van biobased materialen.

1. https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2019/09/13/vlas-laat-dit-jaar-mooie-opbrengstcijfers-zien
2. https://edepot.wur.nl/673293
3. https://www.tno.nl/nl/newsroom/insights/2024/04/vijf-ontwikkelingen-biobased-bouwen/
4. https://issuu.com/avanscoebbe/docs/mycelium_whitepaper_2022
5. https://nl.wikipedia.org/wiki/Biobased_bouw
6. John, Neha; Boon, Arjen; Rozema, Annine; Lenders, Lidewij; Fontani, Tom; de Greeuw, Fleur (2024): Biobased bouwmaterialen - eigenschappen, bruikbaarheid en toepassingen. Avans Hogeschool, Hogeschool van Amsterdam. Breda, Amsterdam.
7. Visser, Chris de; van Wijk, Kees; van der Voort, Marcel (2015): Health, comfort, energy use and sustainability issues related to the use of biobased building materials. To what extent are the effects supported by science and data? What are next steps to take? Wageningen UR. Wageningen. Available online at https://edepot.wur.nl/350627.

12 BIJLAGE

CLAY												
Source material								Biobased materials				
Crop	Optimal conditions	Harvest time	Yield			Conversion factor	Netto Yield	Use	Specification	Requirement	Content	Quantity of a product/ha
Hemp	neutral to alkaline soils, well drained (flood sensitive plant)	annual	5-20tdm/ha		12.5 tdm/ha	100%	12.5 tdm/ha	insulation	thickness: 0.19-0.25m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	92%	367.2 m3/ha
Wool		annual	raging from 2.3 - 3.6 kg/sheep	in the NL 34 sheep/ha	100.3 kg/ha	100%	100.3 kg/ha	insulation	thickness: 0.18-0.24m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	100%	4.0 m3/ha
Flax	sandy soils have better yield than clay (but ideal is loam), alkaline, moist, loose soils	annual	4-8 tdm/ha, 5.2-6.1 tdm/ha	lower yield than on sand	5.0 tdm/ha	100%	5,0	insulation	thickness: 0.18-0.24m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	92%	129.4 m3/ha
wood fiber	various	annual	7 m3/ha/year	unknown loss of volume when converted into pulp, assumed only the loss of air (25%)	7.0 m3/ha	75%	5,3	insulation	thickness: 0.17-0.23m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	90%	5.8 m3/ha
Grass	various	annual	1.4-5.7 tdm/ha		3.0 tdm/ha	100%	3,0	insulation	thickness: 0.19-0.25m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	88%	81.5 m3/ha
Dry stone		N/A	10000m3/ha	1m depth (+0.5m to avoid organic content)	10000m3/ha	90%	9000m3/ha	facade	thickness: 0.05m	N/A	100%	9000m3/ha
Reed		annual	7-10tdm/ha		8.5tdm/ha	100%	8.5 tdm/ha	roof	thickness: 0.35m	N/A	100%	56.7 m3/ha
Red cedar	sand soils, high shade tolerance, very low water logging tolerance	70-100 years	8.5 m3/ha (60cm, 30m)	300trees/ha	2544.7 m3/ha	38%	967.0 m3/ha	construction, outdoor application	min diameter and lenght, thicker due to lower strenght	0.5x10.6	100%	967.0 m3/ha
Scots pine	bogs, shifting sands, dunes, acidic soils, light demanding	60-100 years	11 m3/tree (assumed 80cm diameter, 22m height)	907 trees/ha	10030.0 m3/ha	38%	3761.2 m3/ha	construction, flooring, cladding, furniture	min diameter and lenght	0.5x10.6	100%	3761.2 m3/ha
English oak	river valleys, coversand areas, moist soil, light demanding	120-150 years	8.3 m3/tree (25m height, 60-70cm diameter)	60 - 100 trees/ha	663.7 m3/ha	38%	920.4 m3/ha	construction, plywood, veneer, frames	min diameter and lenght	0.5x10.6	100%	920.4 m3/ha
Silver birch	forests, dry heathlands, dunes, coversand, drift sand areas, poor soils, light demanding	40-50 years	25 m3/tree (90cm diameter, 40m height)	320 - 540 m3/ha (managed plantations)	430 m3/ha	38%	161.3 m3/ha	veneer, plywood, interior	N/A	N/A	100%	161.3 m3/ha
Common alder	brook forests, coversand areas, river valleys, require water availability	60-75 years	5.1 m3/tree (60cm, 18m)	85 trees/ha	432.6 m3/ha	38,00%	164.4 m3/ha	veneer, plywood, construction (old)	N/A	N/A	100%	164.4 m3/ha
Multifuncional forest	variable	50 years	variable, assumed 60cm is achievable		350,00	38%	133.0 m3/ha	variable	min diameter and lenght		100%	133,00

 fig.A1 kwantitatieve waarden klei

PEAT												
Source material								Biobased materials				
Crop	Optimal conditions	Harvest time	Yield			Conversion factor	Netto Yield	Use	Specification	Requirement	Content	Quantity of a product/ha
Cattail	appr. 20cm water, sufficient nutrients	annual	11-20 tdm/ha		15.5 tdm/ha	100%	15.5 tdm/ha	insulation	thickness: 0.24-0.32m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	60%	95.7 m3/ha
Reed		annual	7-10 tdm/ha		8.5 tdm/ha	100%	8.5 tdm/ha	insulation	thickness: 0.28-0.37m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	100%	56.7 m3/ha
Wool		annual	raging from 2.3 - 3.6 kg/sheep	in the NL: 34 sheep/ha	100.3 kg/ha	100%	100.3 kg/ha	insulation	thickness: 0.18-0.24m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	100%	4.0 m3/ha
wood fiber	various	annual	7 m3/ha/year	unknown loss of volume when converted into pulp	7 m3/ha	75%	5.3 m3/ha	insulation	thickness: 0.17-0.23m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	90%	5.8 m3/ha
Grass	various	annual	1.4-5.7 tdm/ha		3.0 tdm/ha	100%	3.0 tdm/ha	insulation	thickness: 0.19-0.25m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	92%	81.5 m3/ha
Peat bricks		N/A	10000m3/ha	1m depth (+0.5m to avoid fresh organic matter)	10000m3/ha	61%	6083.3 m3/ha	facade	thickness: 0.05m	N/A	100%	6083.3 m3/ha
Red cedar	sand soils, high shade tolerance, very low water logging tolerance	70-100 years	8.5 m3/tree (60cm, 30m)	300trees/ha	2544.7 m3/ha	38%	967.0 m3/ha	construction, outdoor application	min diameter and lenght, thicker due to lower strenght	0.5x10.6	100%	967.0 m3/ha
Scots pine	bogs, shifting sands, dunes, acidic soils, light demanding	60-100 years	11 m3/tree (assumed 80cm diameter, 22m height)	907 trees/ha	10030.0 m3/ha	38%	3761.2 m3/ha	construction, flooring, cladding, furniture	min diameter and lenght	0.5x10.6	100%	3761.2 m3/ha
Downy birch	dune, plateau, peat, wet sand, nutrient poor soils, light demanding, sensitive to drought	40-50 years	2.9 m3/tree (50cm, 15m)	400 - 500 trees/hectare	1325.4 m3/ha	38%	503.6 m3/ha	furniture, cladding, flooring, veneer	N/A	N/A	100%	503.6 m3/ha
Common alder	brook forests, coversand areas, river valleys, require water availability	60-75 years	5.1 m3/tree (60cm, 18m)	200 trees/ha	432.6 m3/ha	38,00%	268.6 m3/ha	veneer, plywood, construction (old)	N/A	N/A	100%	268.6 m3/ha
Multifuncional forest	variable	50 years	variable, assumed 60cm is achievable	7m3/ha/y is the MAI	350 m3/ha	38%	133.0 m3/ha	variable	min diameter and lenght		100%	133.0 m3/ha

fig.A2 kwantitatieve waarden veen

SAND												
Source material								Biobased materials				
Crop	Optimal conditions	Harvest time	Yield			Conversion factor	Netto Yield	Use	Specification	Requirement		Quantity of a product/ha
Hemp	neutral to alkaline soils, well drained (flood sensitive plant)	annual	5-20tdm/ha		12.5 tdm/ha	100%	12,5	insulation	thickness: 0.15-0.25m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	92%	367.2 m3/ha
Wool	grass availability	annual	raging from 2.3 - 3.6 kg/sheep	in the NL: 34 sheep/ha	100.3 kg/ha	100%	100,3	insulation	thickness: 0.14-0.24m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	100%	4.0 m3/ha
Flax	sandy soils have better yield than clay (but ideal is loam), alkaline, moist, loose soils	annual	4-8 tdm/ha, 5.2-6.1 tdm/ha		5.8 tdm/ha	100%	5,8	insulation	thickness: 0.14-0.24m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	92%	150.8 m3/ha
Wood fiber	various	annual	7 m3/ha/year	unknown loss of volume when converted into pulp, assumed 25% (air content)	7 m3/ha	75%	5,3	insulation	thickness: 0.13-0.23m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	90%	5.8 m3/ha
Grass	various	annual	1.4-5.7 tdm/ha		3.0 tdm/ha	100%	3,0	insulation	thickness: 0.15-0.25m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	92%	81.5 m3/ha
Rammed earth		N/A	10000m3/ha	1m depth (+0.5m to avoid fresh organic matter)	10000m3/ha	66%	6600	structural, insulation	thickness: 4m	RC = 4.7 - 6.3 m2K/W	100%	6600 m3/ha
English oak	river valleys, coversand areas, moist soil, light demanding	120-150 years	28.3 m3/tree (25m height, 125 cm diameter)	60 - 100 trees/ha	2261.9 m3/ha	38%	920,4	construction, plywood, veneer, frames	min diameter and lenght	0.4x8.6m	100%	920.4 m3/ha
Scots pine	bogs, shifting sands, dunes, acidic soils, light demanding	60-100 years	11 m3/tree (assumed 80cm diameter, 22m height)	907 trees/ha	10030.0 m3/ha	38%	148,5	construction, flooring, cladding, furniture	min diameter and lenght	0.4x8.6m	100%	3761.2 m3/ha
Sweet chestnut	forests, highly shade tolerant	50-70 years	19.6 m3/tree (100cm diameter, 25m height - can grow wider)	unknown, assumed the numbers of oak	1570.8 m3/ha	38%	0,5	construction, furniture, flooring, cladding, poles	min diameter and lenght	0.4x8.6m	100%	589.0 m3/ha
Sycamore maple	sunshine availability, nutrient rich soils, sune areas, forests,	70-75 years	28.3 m3/tree (120 cm diameter, 25m height)	unknown, assumed the numbers of oak	2261.9 m3/ha	38%	120,3	furniture, paneling, veneer, cladding	min diameter and lenght	N/A	100%	848.2 m3/ha
European beech	highly shade tolerant, adaptable to variety of soils	80-120 years	8.5 m3/tree (60cm diameter, 30m height)	1000 trees/ha	8482.3 m3/ha	38%	169,2	lumber, veneer, flooring, furniture	min diameter and lenght	N/A	100%	3180.9 m3/ha
Multifunctional forest	variable	50 years	variable, assumed 60cm is achievable		350,00	38%	133,00	variable	min diameter and lenght		100%	130.0 m3/ha

Tabel 1 Overzicht van de ecosysteemdiensten uit verschillende landschappen. Dikgedrukt staan de ESD die uniek en/of dominant zijn voor dit type landschap.

Landschap	Productiediensten	Ondersteunende diensten	Regulerende diensten	Culturele diensten
Bos	**Hout** **Wild voedsel** Chemische en medicinale producten Water	Habitat en biodiversiteit Primaire productie Bodemvorming Nutriëntencycli Bestuiving en zaadverspreiding	**Koolstofopslag** **Luchtzuivering** Waterzuivering Klimaatregulering **Erosiebeheersing** Water vasthouden	Recreatie Schoonheid Lokale identiteit
Wetlands*	**Visserij** Wilde dieren Houtproductie Directe voedselproductie	Waterrijke bodemontwikkeling, primaire productiviteit, chemische sources/sinks en omzetting en wateropslag	**Verbetering van de waterkwaliteit** **Beperking van rivieroverstromingen** **Bescherming van kustlijnen tegen tsunami's, cyclonen en andere stormvloeden aan de kust** **Koolstofopslag** Habitat voor zeldzame en bedreigde soorten	**Landschaps-esthetiek** Sites voor menselijke ontspanning Ecologisch onderwijs Onderhoud van culturen Ecotoerisme, vogels kijken
Open grasland**	**Vezelproductie** Nectar/honing Agronomische diensten Vlees Melk/zuivelproductiviteit Genetische bibliotheek/Zadenbank Aanvoer van biobrandstoffen Habitat voor wilde soorten Veeteelt/veeproductie Wateropbrengst/aanbod Voedergewassenproductie/bo-vengrondse biomassa	*Categorie niet gebruikt door deze onderzoekers*	Afvalverwerking **Beheersing van natuurbranden** Ongediertebestrijding Regeling luchtkwaliteit Waterzuivering **Erosieregulering (winderosie)** **Bodemaccumulatie** Bestuiving Klimaatregulering Aanvoer/retentie van voedingsstoffen Regeling waterstroom **Erosieregulering (watererosie)** **Koolstofopslag**/vastleg ging	Ecologische kennis Educatieve Tuinbouw Culturele identiteit Spirituele en religieuze diensten Esthetische waardering/ervaring Recreatie/Toe-risme
Rivieren en meren***	**Consumptief gebruik water** **Niet-consumptief gebruik water: transport/navigatie** Niet-consumptief gebruik water: energieopwekking Abiotische materialen (bijv. grind, aggregaat) **Waterorganismen: voedsel** Waterorganismen: medicijnen	Rol bij het in stand houden van de vruchtbaarheid van uiterwaarden Rol in de primaire productie Rol in voedselwebben en roofdier-prooirelaties	**Erosiebeheersing door infrastructuur voor overstromingsbeheersing** **Buffering van overstromingsstromen** Erosiebeheersing door interacties tussen land en water Rol in klimaatregulering	Toerisme Esthetisch/erf-goed Recreatie Bestaan (persoonlijke bevrediging van vrij stromende rivieren)
Landschap	**Productiediensten**	**Ondersteunende diensten**	**Regulerende diensten**	**Culturele diensten**
		Rol bij het onderhoud van habitats Instandhouding van genetische hulpbronnen (bijv. wilde zalmachtigen) Rol in de nutriëntenkringloop	**Behoud van waterkwaliteit**	Traditionele voedingsmiddelen
Landbouw#	**Voedsel** Vezels Biobrandstof		Tegengaan bodemerosie	Agro-toerisme Identiteit

* (Mitsch et al. 2015)
** (Zhao et al. 2020)
*** (Yeakley et al. 2016)
\# (Clarke et al. 2018; Henriksson Malinga et al. 2018).