

Uitwerking 'water en bodem sturend' in relatie tot de Lelylijn

Advies en handelingsperspectief ter voorbereiding op het MIRT-besluit

Sweco Nederland B.V.
Onderwerp

Handelsregister 30129769
Uitwerking 'water en bodem
sturend' in relatie tot de Lelylijn

Projectnummer

51021594

Klant

Gemeente Groningen

Auteur

Tijmen Blom

Datum

12-06-2024


Versie

D1

Documentreferentie

NL24-648800269-90870

Gecontroleerd door


Lodis Broersma

Vrijgegeven door


Wilmer Noome

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding en doel.....	5
1.2	Doel WABOS Lelylijn	5
1.3	Leeswijzer	5
1.4	Samenvatting belangrijkste resultaten	6
1.4.1	Aanleiding en doel	6
1.4.2	Water en bodem sturend	6
1.4.3	Invloed van de Lelylijn op water en bodem	6
1.4.4	Ontwikkeling van bouwlocaties rond de Lelylijn	7
1.4.5	Aanbevelingen	8
2	De Lelylijn en WABOS	10
3	Structurerende keuzes per locatie.....	14
3.1	Uitgelichte locaties	14
3.2	Toegepaste kaarten	14
3.3	Algemeen geldende richtinggevende keuzes	17
3.4	Lelystad	18
3.4.1	Toelichting kenmerken van water en bodem.....	19
3.4.2	Analyse	20
3.4.3	Handelingsperspectief	21
3.5	Emmeloord.....	23
3.5.1	Toelichting kenmerken van water en bodem.....	24
3.5.2	Analyse westelijk tracé	25
3.5.3	Analyse oostelijk tracé	26
3.5.4	Vergelijking analyse oostelijk en westelijk tracé	26
3.5.5	Analyse woningbouw Emmeloord (zuidwestzijde).....	27
3.5.6	Analyse woningbouw Emmeloord (zuidoostzijde)	28
3.5.7	Vergelijking westelijke en oostelijke woningbouwlocaties	29
3.5.8	Handelingsperspectief	30
3.6	Lemmer	31
3.6.1	Toelichting kenmerken van water en bodem Lemmer Zuid	32
3.6.2	Analyse Lemmer Zuid.....	33
3.6.3	Handelingsperspectief Lemmer Zuid	33
3.6.4	Toelichting kenmerken van water en bodem Lemmer Noord.....	34
3.6.5	Analyse Lemmer Noord	35
3.6.6	Handelingsperspectief Lemmer Noord	35
3.6.7	Analyse Lemmer Spoorzone	37
3.6.8	Handelingsperspectief Lemmer Spoorzone	37
3.7	Tsjûkemar.....	39
3.7.1	Toelichtingen kenmerken van water en bodem.....	39
3.7.2	Analyse Tsjûkemar westelijk tracé.....	39
3.7.3	Analyse Tsjûkemar oostelijk tracé	39

3.8	Joure	42
3.8.1	Toelichting kenmerken van water en bodem	43
3.8.2	Analyse Joure	43
3.8.3	Handelingsperspectief Joure	44
3.9	Heerenveen	45
3.9.1	Toelichting kenmerken van water en bodem	46
3.9.2	Analyse Heerenveen	46
3.9.3	Handelingsperspectief Heerenveen	47
3.10	Van Oordt's Mersken	49
3.10.1	Toelichting kenmerken van water en bodem	50
3.10.2	Analyse Van Oordt's Mersken – natuurgebied	50
3.10.3	Analyse Van Oordt's Mersken diepe veenpolder	51
3.10.4	Handelingsperspectief	51
3.11	Leek/Leekstermeer	53
3.11.1	Toelichting kenmerken van water en bodem	54
3.11.2	Analyse Leek en Leekstermeer	55
3.11.3	Handelingsperspectief Leek en Leekstermeer	55
3.12	Leeuwarden	58
3.12.1	Toelichting kenmerken van water en bodem	59
3.12.2	Analyse Leeuwarden	59
3.12.3	Handelingsperspectief Leeuwarden	60
4	Aanbevelingen	62
5	Bronvermelding	64
5.1	Brondata gebruikt voor de kaarten	64
5.2	Bronnen gebruikt in rapportage	66

Bijlage 1 – Achtergrond WABOS

Bijlage 2 – Structurerende keuzes

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In opdracht van de Projectorganisatie Lelylijn voert Sweco een onderzoek uit naar de uitwerking van 'water en bodem sturend' (WABOS), in relatie tot het NOVEX Ontwikkelperspectief Lelylijn. Dit onderzoek moet leiden tot de beslisinformatie voor een besluit over een Startbeslissing MIRT-verkenning voor de Lelylijn in het najaar van 2024.

1.2 Doel WABOS Lelylijn

Water en bodem zijn als sturende principes benoemd voor de ruimtelijke planvorming. Dat heeft betekenis voor een breed spectrum van onderwerpen, zoals de tracé- en stationskeuze en de inpassing, maar ook de keuze van woningbouw- en werklocaties, zoals vastgelegd in de bestuurlijke opdracht voor het MIRT-onderzoek NOVEX Lelylijn.

De samenwerkende partijen hebben water en bodem als sturend aangemerkt. Deze studie moet inzicht geven in een deel van de benodigde beslisinformatie als we de Lelylijn vanuit dit perspectief beschouwen. Met deze uitwerking van WABOS, in relatie tot het NOVEX Ontwikkelperspectief Lelylijn, willen de gezamenlijke partijen handelingsperspectief bieden voor de bestuurders, bijvoorbeeld onder welke randvoorwaarden en uitgangspunten voor de ruimtelijke ontwikkelingen kunnen worden gerealiseerd.

Het doel van het onderzoek is om te komen tot reflectie én verdieping op de voorstellen, zoals die in het rapport 'Toekomstbeelden voor noordelijk Nederland met de Lelylijn, Denkrichtingen NOVEX Lelylijn 2050' (Studio Bereikbaar, 2024) beschreven zijn. En vervolgens om te komen tot concrete adviezen op die Denkrichtingen als geheel of op onderdelen daarvan, waarbij gedacht wordt aan alternatieven voor of aanvullingen en voorwaarden bij de ontwikkelingen en opmerkingen bij de diverse locaties. Tot slot worden ook de koppelkansen benoemd voor het integrale Lelylijn-project.

Opgemerkt wordt dat in dit onderzoek alleen de (grotere) ontwikkellocaties voor woningbouw en bedrijven zijn beschouwd. Er zijn meer ruimtelijke ontwikkelingen die niet in dit document zijn beschreven die eveneens een grondige analyse vragen vanuit het perspectief van de werking van het water- en bodemsysteem, maar die – vanwege de beschikbare tijd en budget – nu niet zijn meegenomen.

1.3 Leeswijzer

In dit document wordt het handelingsperspectief in beeld gebracht vanuit het principe dat 'water en bodem sturend' is aan de hand van een reeks karakteristieke locaties langs het tracé.

In paragraaf 1.4 vatten we de belangrijkste resultaten samen. De Lelylijn en de impact op het water- en bodemsysteem worden in hoofdstuk 2 beschreven waarna in hoofdstuk 3 de doorwerking van het principe van 'water en bodem sturend' en de daarbij behorende structurende keuzes voor de verschillende karakteristieke locaties uiteen wordt gezet, met daarbij de handelingsperspectieven per locatie. In hoofdstuk 4 worden de aanbevelingen vermeld en in hoofdstuk 5 zijn de bronnen opgenomen.

In bijlage 1 van dit rapport worden de achtergrond van ‘water en bodem sturend’ en de zeven principes achter ‘water en bodem sturend’ toegelicht, zoals deze benoemd zijn in de Kamerbrief ‘Water en bodem sturend’ van het Rijk (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022). Daarna worden de structurerende keuzes uitgelicht in bijlage 2.

1.4 Samenvatting belangrijkste resultaten

1.4.1 Aanleiding en doel

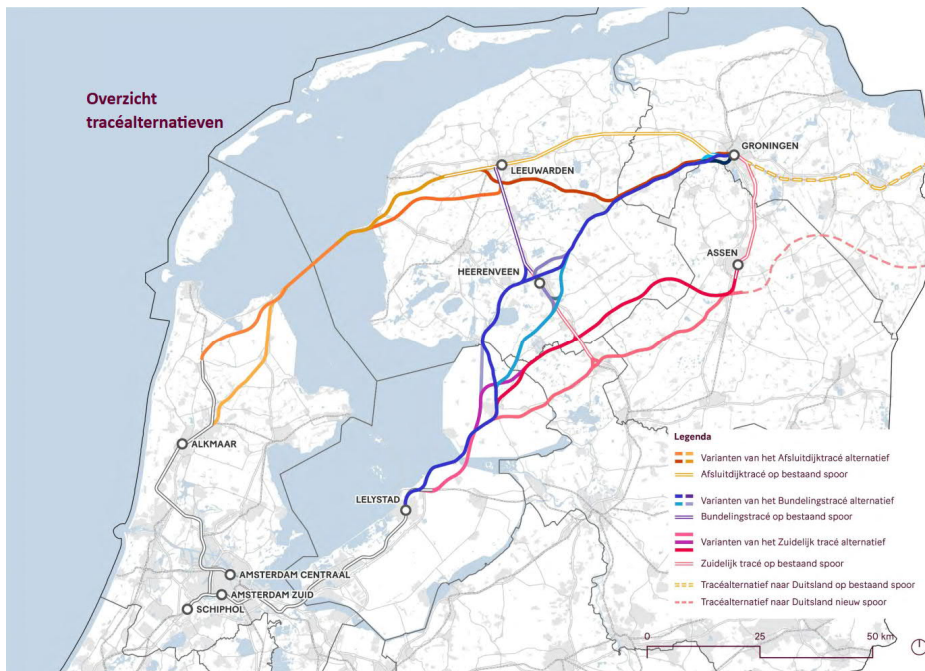
Het principe van ‘water en bodem sturend’ (afgekort WABOS) is één van de uitgangspunten voor de ontwikkeling van de Lelylijn. In dit rapport is in opdracht van het kernteam onderzocht wat de aanleg van de Lelylijn en ontwikkeling van de plannen rond de Lelylijn in dit licht betekent. De werking van het water- en bodemsysteem veranderen mede als gevolg van klimaatverandering. Door het water- en bodemsysteem sturend te laten zijn, heeft dit gevolgen voor hoe en waar de Lelylijn, inclusief de plannen rond de Lelylijn, worden gerealiseerd. Hierbij kijken we ver vooruit, mede omdat investeringen in infrastructuur en woningbouw al snel worden gedaan voor een periode van meer dan 100 jaar. Dit document zal hierna worden gebruikt om als beslisinformatie bij vervolgstappen in een MIRT beslissing

1.4.2 Water en bodem sturend

De doorwerking van het principe van ‘water en bodem sturend’ (WABOS) is in relatie tot het NOVEX Ontwikkel-perspectief Lelylijn onderzocht op basis van beschikbare bronnen. Hierbij is onderzocht wat de 33 structurerende keuzes van het Rijk (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022) betekenen voor de Lelylijn zelf en voor de ontwikkeling van diverse locaties langs de Lelylijn. In een sessie op 22 april 2024 is met de direct betrokkenen het interactieve gesprek gevoerd om de inzichten aan te scherpen en aan te vullen. Dit heeft geresulteerd in voorliggend document.

1.4.3 Invloed van de Lelylijn op water en bodem

Het tracé waar in deze studie de aandacht naar uitgaat, is het bundelingstracé, zoals weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Te onderzoeken mogelijkheden voor realisatie van de Lelylijn (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Voortgang onderzoeken Nedersaksenlijn en Lelylijn, 2024). Dit onderzoek focust zich op het bundelingstracé

Bij de aanleg van de Lelylijn via het bundelingstracé worden gebieden met een slappe bodem doorkruist. Hierdoor treden zettingen op. Dit geeft ontwerpuitdagingen voor de ontwikkeling van de Lelylijn als het spoor op een baanlichaam en de ruimtelijke ontwikkelingen. Daarnaast is sprake van de kans op overstroming of verhoogde waterpeilen. Waterkeringen zorgen voor waterveiligheid, maar het Rijk (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022) roept op om rekening te houden met extremen, zoals de gevolgen van extreme neerslag en daarbij ook de principes van meerlaagsveiligheid toe te passen.

Bij de aanleg van de Lelylijn ligt de kans op afwentelen voor de hand, doordat het water- en bodemsysteem doorsneden worden. Het voorkomen van afwentelen dient op lokaal maar ook op regionaal en bovenregionaal niveau te worden beschouwd.

Voor de gehele Lelylijn is ook de bodem belangrijk. Het Rijk vraagt aandacht voor vitale en gezonde bodems. Als we verstandiger omgaan met de bodem, kunnen we de natuurlijke kracht van de bodem benutten. Verstandiger omgaan met onze bodem betekent onder meer dat we de bodem minder afdekken, niet onnodig afgraven (en grond elders dumpen) en niet verontreinigen.

De samenhang van water en de waterkwaliteit (en ook natuurlijke oevers) is belangrijk om rekening mee te houden. Een ligging op en onder maaiveld heeft ook impact op de bodem en het (grond)watersysteem.

1.4.4 Ontwikkeling van bouwlocaties rond de Lelylijn

Als we de invloed van de bouwlocaties, in relatie tot het water- en bodemsysteem samenvatten, dan zijn de handelingsperspectieven waar rekening mee gehouden dient te worden, op te delen in vier categorieën: omgaan met slappe ondergrond, verhoogd risico op wateroverlast, grotere gevolgen door overstroming en enkele overige water- en bodemaspecten.

In onderstaande tabel zijn de geanalyseerde locaties en handelingsperspectieven geaggregeerd naar bovengenoemde categorieën en een inschatting van de geschiktheid voor de voorgenomen ontwikkelingen.

	Slappe ondergrond	Verhoogd risico op wateroverlast	Grotere gevolgen door overstroming	Water en Bodem Overig	Geschiktheid vanuit WABOS
Lelystad	X		X	Slecht doorlatende kleigrond	+
Emmeloord Spoor West	X	X	X	Idem	-
Emmeloord Spoor Oost	X		X	Idem	+
Emmeloord Woningbouw*	X	X	X	Idem	+/-
Lemmer Zuid	X		X	Idem	+
Lemmer Noord	X	X	X	Veen	--
Lemmer Spoorzone	X	X		Veen	--
Tsjükemar West	X			Veen, verlies biodiversiteit	--
Tsjükemar Oost	X		X	Veen, verlies biodiversiteit	--
Joure	X			-	+/-
Heerenveen	X	X		-	-
Van Oordt's Mersken	X	X		Verlies biodiversiteit	--
Leek				Droogte, leemhoudende bodem	+
Leekstermeer	X	X	X	Veen, verlies Biodiversiteit	--
Leeuwarden				Slecht doorlatende kleigrond	+

* Op niveau van geschiktheid voor woningbouw ter plaatse van de west- en oostzijde van Emmeloord is in dit rapport een nader onderscheid gemaakt.

1.4.5 Aanbevelingen

De belangrijkste keuzes rond de ontwikkeling van de Lelylijn, in relatie tot de werking van het water- en bodemsysteem, hangen samen met de aanwezigheid van slappe bodems. Op het grootste deel van de Lelylijn is sprake van slappe bodems. Daarnaast is op veel locaties sprake van een toenemende kans op hoge waterstanden. De kans daarop wordt groter onder invloed van klimaatverandering. Hier zal bij de ontwikkeling van de Lelylijn rekening mee moeten worden gehouden. Aanvullend adviseren we om bij de verdere planuitwerking nog rekening te houden met de volgende aspecten:

1. Maak bij de verdere uitwerking gebruik van de stresstesten die een nieuwe ronde ingaan en waarvan de uitkomsten naar verwachting een scherper beeld opleveren van de wateroverlast, droogte en andere effecten van extreem weer.
2. Maak altijd een keuze in het voorkomen van wateroverlast in de volgorde van (1) vasthouden, (2) bergen en (3) afvoeren. Bij het onderdeel ruimtebeslag is nu steeds ruimte opgenomen om water te bergen, maar water vasthouden is daarin de eerste stap.

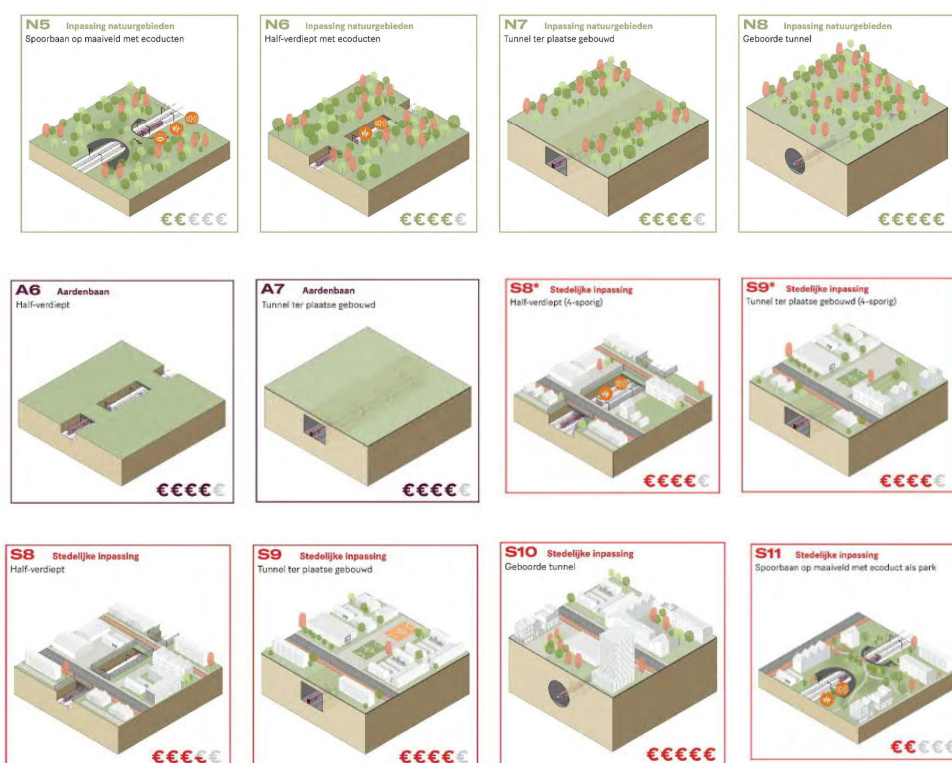
3. Voor de Lelylijn zelf en voor de te ontwikkelen locaties langs de Lelylijn is het omgaan met de bodem overal belangrijk. Het Rijk onderstreept het belang van vitale bodems. Hiervoor geldt het basisprincipe om de bodem zo min mogelijk af te dekken, niet onnodig af te graven (en grond elders te dumpen) en niet te verontreinigen.
4. Het is over het algemeen aan te bevelen om de handelingsperspectieven specifiek per locatie uit te werken. De handelingsperspectieven geven op dit moment op hoofdlijnen inzicht in de gevolgen van 'water en bodem sturend', maar de effecten hiervan op locatie specifieke inrichtingen en ontwerpen vergen nog aandacht, zoals in dit document ook al belicht rond het thema bouwrijp maken.
5. Bij een verdere uitwerking moet de samenloop met andere infrastructuur beschouwd worden, zoals bijvoorbeeld de aanleg van 380kV kabel en andere netwerken, zoals windmolenparken, die gepaard gaan met de energietransitie. Dergelijke ontwikkelingen kunnen namelijk concurreren met de effecten op het water- en bodemsysteem. Dergelijke cumulatieve effecten zijn in deze globale studie niet beschouwd.
6. Tijdens de omgevings sessie zijn er verschillende meekoppelkansen benoemd die mogelijk interessant kunnen zijn in een verdere uitwerking. Wij hebben de belangrijkste hieronder genoemd:
 - o Ten westen van Emmeloord wordt nagedacht over de toekomstige geschiktheid van de landbouwgrond onder invloed van peilopzet, mogelijk dat woningbouw minder hinder ondervindt van een peilopzet.
 - o Mogelijk dat er in relatie tot de spoorlijn ook kansen voor waterberging zijn, hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld spoor sloten langs het tracé.
 - o Op de delen van het tracé waar de spoorlijn langs de A6/A7 ligt, bestaat de kans om de effecten van de aanleg van deze snelweg op grondwaterstromen te herstellen waardoor het risico van wateroverlast op de snelweg ook beperkt wordt en water en bodem ook meer sturend worden voor het snelwegtracé.

2 De Lelylijn en WABOS

De Lelylijn wordt ontwikkeld als een spoorlijn die, afhankelijk van de bodemgesteldheid en inrichting, op of onder maaiveld wordt aangelegd met aanpassingen voor de omgeving. Hiervoor is een document met Legostenen ontwikkeld (Projectbureau Lelylijn, 2024).

De Lelylijn heeft invloed op het water- en bodemsysteem door de wijze waarop de Lelylijn wordt gerealiseerd. In het document met de legostenen zijn diverse vormen van realisatie uitgelicht. Onderstaand zijn enkele legostenen uit dit ontwerp uitgelicht en is aangegeven wat de invloed is en welk handelingsperspectief hier geldt vanuit het water en -bodemsysteem.

Realisatie van de Lelylijn door verdiepte ligging



Figuur 2 Legostenen met een verdiepte ligging van de Lelylijn

Belangrijkste knelpunten voor het water- en bodemsysteem zijn:

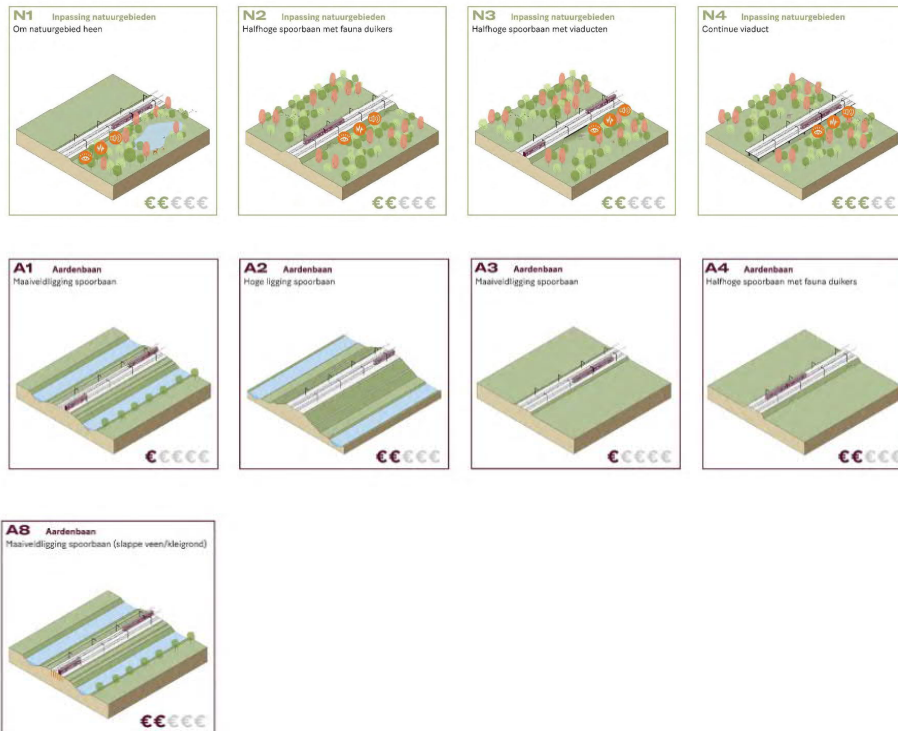
- belemmering van de grondwaterstroming;
- belemmering van de oppervlaktewaterstroming;
- overstromingsrisico voor open constructies en de in- en uitrit van de tunnel;
- afname van oppervlak voor berging van water bij hevige neerslag en blootstelling bij hevige neerslag;
- wateroverlast door hevige neerslag;
- verstoring door ontgraving van de bodem en waarden in de bodem;
- ontgraving en transport van bodemmateriaal.

Continuïteit van ecoducten is goed voor natuur, maar zou ook voor grond- en oppervlaktewater moeten gelden.

Handelingsperspectief:

- voldoende hoogte van de in- en uitrit tunnels en randen van bakconstructie om overstromingsrisico te beperken;
- beperken diepte van ingraving of doorsnijding van de bodem om grondwaterstroming te handhaven;
- compensatie verlies aan oppervlakte voor waterberging.

Realisatie van de Lelylijn als baanlichaam



Figuur 3 Legostenen met de Lelylijn als baanlichaam

Belangrijkste knelpunten voor het water- en bodemsysteem zijn:

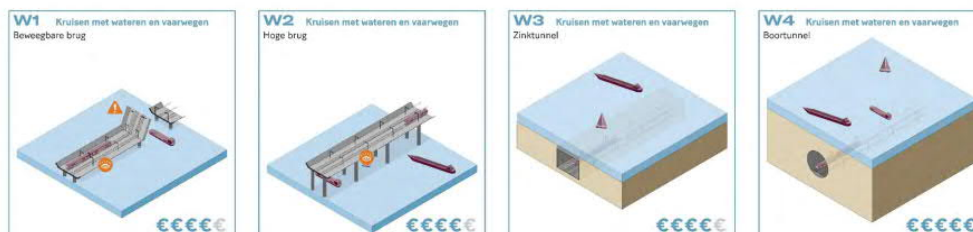
- belemmering van oppervlaktewaterstroming;
- beïnvloeding van grondwaterstroming door invloed in de bodem, door grondverbetering, zettingen of het inbrengen van objecten in de bodem;
- mogelijk afname van oppervlak voor berging van water bij hevige neerslag;
- onvoldoende hoogte van het baanlichaam door hoge toekomstige peilstijgingen;
- afname waterkwaliteit door doorsnijding van watersystemen en landwaterovergangen;
- zettingen in de ondergrond door realisatie van een baanlichaam op slappe bodem door verhoogde ligging;
- ontgraving van de bodem om zettingen te beperken voor realisatie van een baanlichaam;
- grondverzet vanwege noodzakelijke grondverbetering.

Handelingsperspectief:

- Door duikers of bruggen te realiseren, kan de doorsnijding van het watersysteem worden hersteld en kan water doorstromen. Hierbij moet rekening worden gehouden met de toename van de benodigde afvoercapaciteit als gevolg van de toename van hevige neerslag.
- Compenseer verlies aan ruimte voor waterberging een ruimte van ecologisch waardevolle landwaterovergangen door realisatie van ruimte naast het baanlichaam;
- Daarnaast is de waterkwaliteit ook afhankelijk van de ruimte voor groenblauwe verbindingen, inclusief de landwaterovergangen. Ook hiervoor moet rekening worden gehouden met toekomstige ruimte voor verbinding van het systeem waarvan ook landwaterovergangen deel uitmaken.
- Voldoende hoogte van het baanlichaam, gelet op toekomstige peilstijgingen, maar dit kan strijdig zijn met het optreden van zettingen als gevolg van een baanlichaam.
- Het beperken van grondverzet en zettingen en realiseren van voldoende hoogte kan worden gerealiseerd door het baanlichaam als constructie met grondverbetering of bijvoorbeeld op palen te realiseren (zie inzet).



Realisatie van de Lelylijn als **brug** over het water of **tunnel** onder water



Figuur 4 Legostenen met ontwikkeling van de Lelylijn als brug over water of als tunnel onder water

Belangrijkste knelpunten voor het water- en bodemsysteem zijn:

- afname van oppervlak door bedekking waterspiegel (ecologische waarde – habitat voor onder andere vogels);
- beperking van maximale peilstijging door limiterende hoogte (peilstijging en gebruik van water door bijvoorbeeld scheepvaart);
- belemmering van bodem door beperking van de mate van ontgraving of uitschuring van de bodem.

Handelingsperspectief:

- door voldoende hoogte van voorzieningen te realiseren, kan invloed van bruggen beperkt worden en kan rekening worden gehouden met toekomstige hoge waterpeilen;
- voor voorzieningen in de bodem is voldoende dekking nodig om de gevolgen van schade te beperken als gevolg van verlies van sediment;

- realiseer tunnels in slappe bodem door voldoende sterkte in de constructie zelf aan te brengen;
- voor bruggen zal voor vrije benutting van soorten, zoals vogels, oppervlakte elders gevonden moeten worden.

Realisatie van de Lelylijn, waarbij **waterwegen en waterkeringen** worden aangepast voor de realisatie van de Lelylijn



Figuur 5 Legostenen waarin de waterwegen worden aangepast ten behoeve van de Lelylijn

Belangrijkste knelpunten voor het water- en bodemsysteem zijn:

- doorsnijding van het watersysteem (oppervlaktewater) en mogelijk ook grondwater bij insnijding in de bodem;
- verstoring van de bodem;
- verlies aan landwaterovergangen;
- beperking ruimte voor versterking van de waterkering zowel verticaal als horizontaal;
- belemmering van bodem door beperking van de mate van ontgraving of uitschuring van de bodem.

Handelingsperspectief:

- houd voldoende ruimte vrij voor doorstroming van watergangen en kijk daarbij ook naar toekomstige verandering van de benodigde capaciteit;
- houd ook voldoende ruimte vrij voor landwaterovergangen vanuit oogpunt van ecologie;
- realiseer voldoende hoogte van bruggen, zodat de invloed van toekomstige waterpeilen en fluctuaties niet wordt ingeperkt;
- dit geldt ook voor ruimte voor toekomstige versterking van waterkeringen (verticaal en horizontaal);
- realiseer voldoende dekking in de bodem om de gevolgen van verlies van sediment mogelijk te maken;
- compenseer verlies aan vrij wateroppervlak voor soorten, zoals vogels.

3 Structurerende keuzes per locatie

3.1 Uitgelichte locaties

Er zijn locaties geselecteerd die op basis van een globale analyse handvatten opleveren voor de verdere uitwerking van de locaties zelf en die het brede palet aan effecten op het water- en bodemsysteem illustreren evenals het handelingsperspectief. Hiervoor is gezocht naar locaties waar zo veel mogelijk aandachtspunten op het gebied van 'water en bodem sturend' samen komen. Daarvoor zijn de volgende locaties met woningbouwplannen geselecteerd:

1. Lelystad;
2. Emmeloord;
3. Lemmer;
4. Joure;
5. Heerenveen;
6. Leeuwarden;
7. Leek.

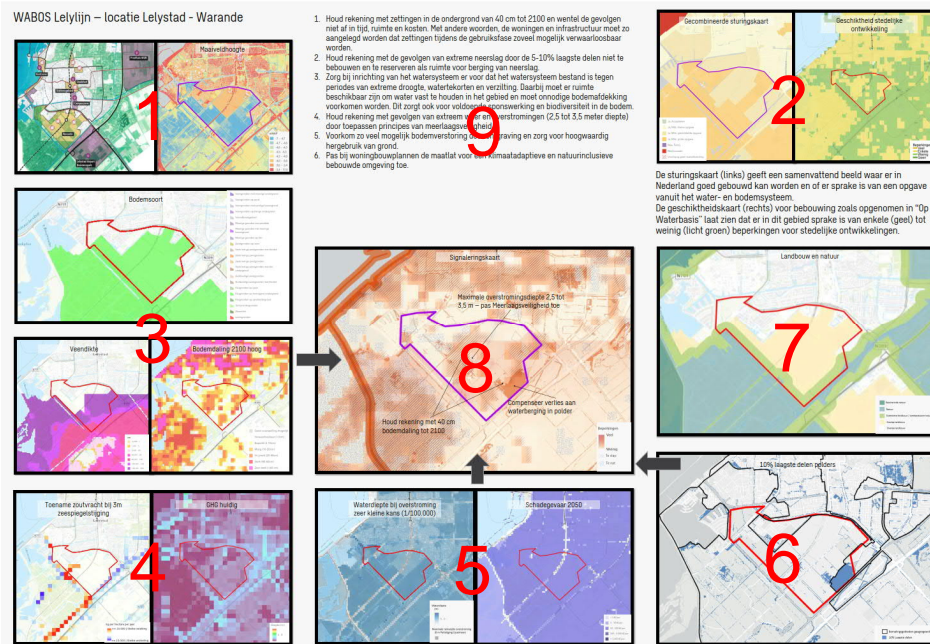
De locaties Drachten en Groningen zijn niet geselecteerd, aangezien voor Groningen in het document met denkrichtingen vooral binnen en dicht bij de bestaande kern wordt gekeken naar woningbouw. Voor Drachten geldt dat daar de ondergrond ter plaatse van twee uitbreidingslocaties overwegend op zandgronden zijn geprojecteerd. Om die reden wordt vanuit het handelingsperspectief van het water- en bodemsysteem een minder grote opgave verwacht, in vergelijking met bovenstaande locaties. Er moet wel opgemerkt worden dat het van belang is om bij een verdere verkenning van de Lelylijn deze aspecten nog wel uitgediept moeten worden.

Om ook wat over de effecten van het water- en bodemsysteem op de wijze van aanleggen op het spoor te kunnen zeggen, zijn er een aantal voorbeeldlocaties geselecteerd. De ligging van het tracé is beschouwd voor de volgende delen van het tracé van de Lelylijn:

1. Emmeloord;
2. Tsjûkemar;
3. Van Oordt's Mersken;
4. Leekstermeer.

3.2 Toegepaste kaarten

Per locatie wordt een eerste set tekeningen van de locatie gebruikt om de belangrijkste effecten op het water- en bodemsysteem te illustreren. Dit is weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6 Indeling van de basiskaart met belangrijke aspecten voor 'water en bodem sturend'

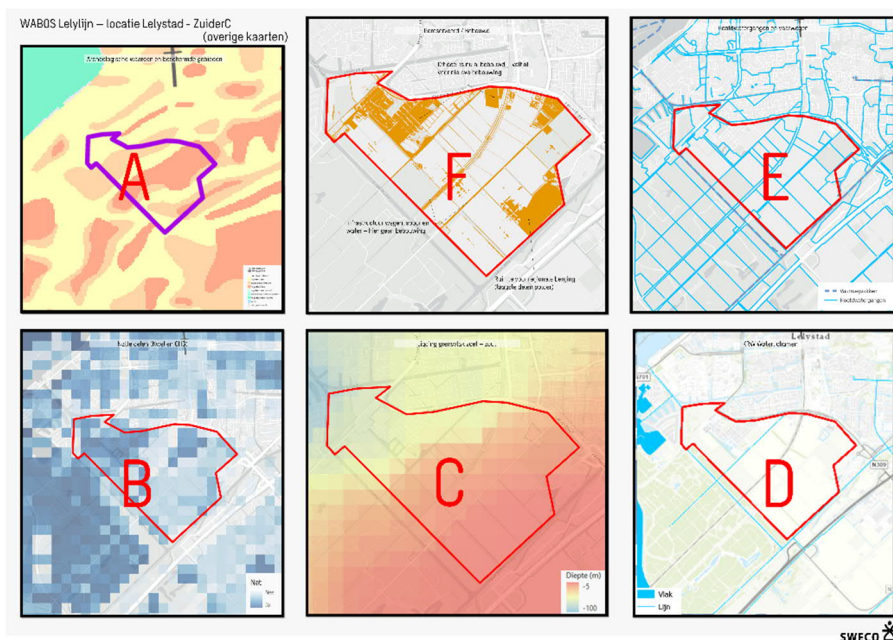
- 1) Locatie en maaiveldligging
- 2) Geschiktheid en omvang opgave
- 3) Zettingen in de bodem en samenstelling van de bodem
- 4) De mate waarin sprake is van kwel of zoutindringing
- 5) Het overstromingsrisico (waterdiepte) en schadegevaar
- 6) De laagste delen van het watersysteem voor opvang van neerslag
- 7) De aanwezigheid van natuur en landbouw en zones daartussen (bandbreedte van 300 m is gearceerd)
- 8) De stapelkaart waarin inzichtelijk wordt waar en in welke mate er op een locatie rekening moet worden gehouden met kenmerken van het water- en bodemsysteem.
- 9) De samenvatting van het handelingsperspectief.

Ad 2) Voor een eerste analyse van de geschiktheid van het water- en bodemsysteem voor bebouwing of een spoorlijn is gebruik gemaakt van de sturingskaart van ministerie IenW (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Ruimtelijk afwegingskader klimaatadaptieve gebouwde omgeving, 2024). Deze kaart geeft een eerste indicatie weer in hoeverre een locatie geschikt is voor bebouwing en in hoeverre er een opgave is om klimaatadaptief te bouwen. Opgemerkt wordt dat dit een grove inschatting betreft en deze kaart nog verder zal worden ontwikkeld. Daarnaast is gebruik gemaakt van de kaart uit 'Op Waterbasis' (Deltares, Bosch Slabbers, & Sweco, Op Waterbasis, grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem, 2021). Op deze kaart worden de beperkingen weergegeven voor verschillende vormen van grondgebruik. Hiervoor is de kaart met de geschiktheid voor bebouwing gebruikt.

Ad 3) Voor de bodemgesteldheid en met name de zettingsgevoeligheid van de bodem worden kaarten gebruikt om de draagkracht van de bodem te illustreren. Hiervoor is gebruik gemaakt van:

- de bodemkaart;
- de dikte van de veenlaag in de ondergrond;
- de prognose van de bodemdaling door zetting en klink.

Als extra poster zijn nog overige kaarten toegevoegd die per locatie verschillen. Hieronder een korte toelichting van de overige kaarten per locatie.



- Aardkundige waarden, inclusief verwachtingswaarde archeologie
- Een combinatie van hoge grondwaterstanden en aanwezigheid van kwel (natte condities)
- De diepte van het zoet-zout grensvlak in de ondergrond
- KRW-waterlichamen
- Aanwezige waterlopen, vaarten en vaarroutes
- Een overzicht van de ruimte die berekend is als beschikbare ruimte. Hierbij zijn bestaande bebouwing, infrastructuur, waterberging en ruimte voor toekomstige versterking van waterkeringen gearceerd en daarmee niet beschikbaar voor nieuwe inrichting.

Ad (F) De ruimte voor regionale berging kan mogelijk ook elders worden gerealiseerd, maar voor het totaalbeeld is deze wel meegenomen als ruimte-reservering die in of bij het plangebied beschikbaar moet zijn voor de opvang van neerslag.

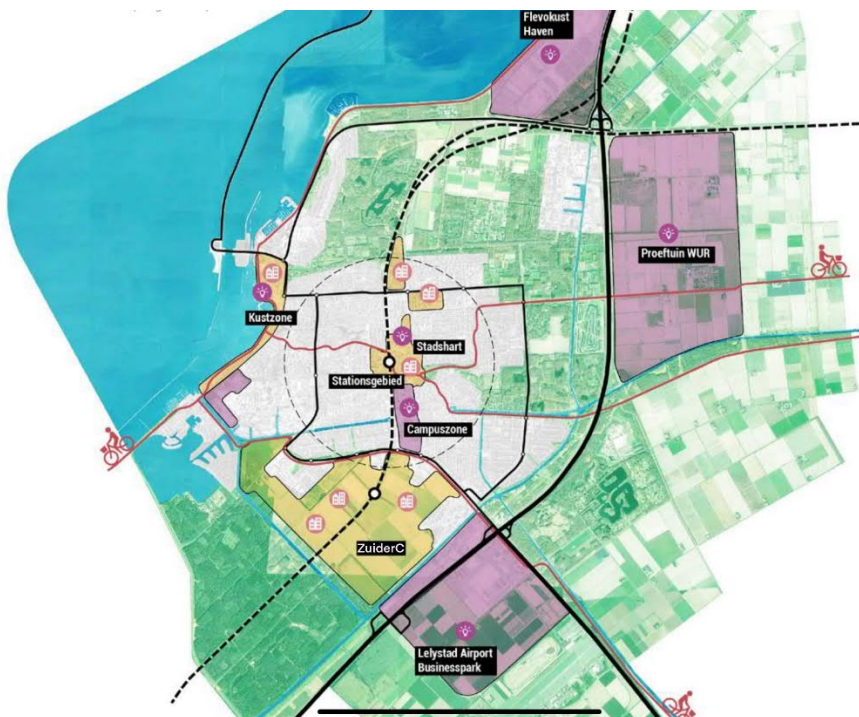
3.3 Algemeen geldende richtinggevende keuzes

Er zijn richtinggevende keuzes die niet verschillen per locatie. Deze keuzes zijn algemeen geldend en voor alle locaties van toepassing. Vanuit het perspectief van water en bodem zijn dit:

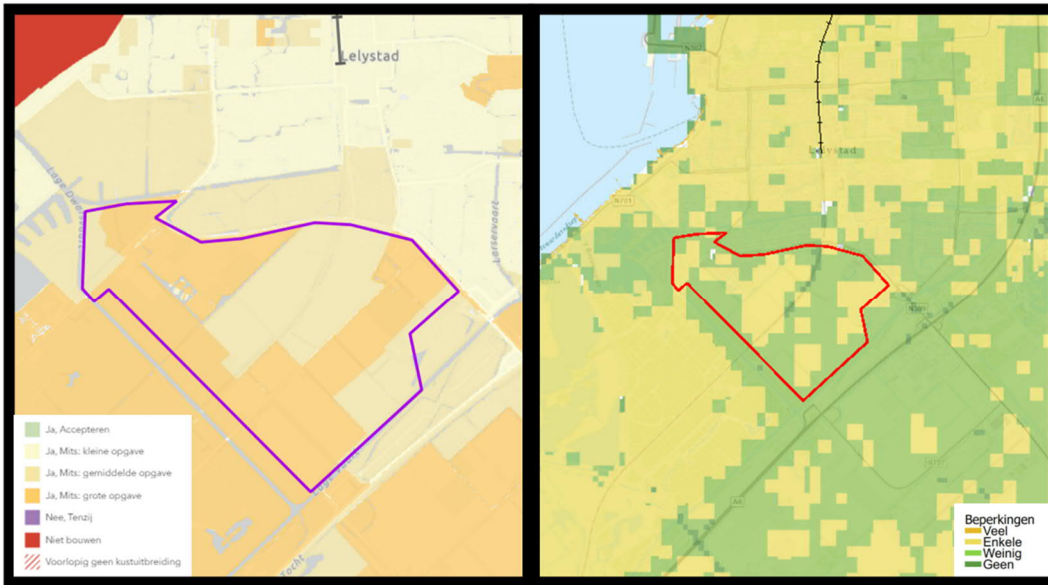
- Houd rekening met extremen en kijk daarbij ook naar de effecten die mogelijk na 2100 optreden. Veel investeringen in infrastructuur en bebouwing gaan 50 – 100 jaar (of langer) mee en dienen daarom bestand te zijn tegen klimaatverandering, ook na 2100.
- Pas de maatlat voor een klimaatadaptieve en natuurinclusieve bebouwde omgeving toe voor de bouwlocaties.
- Gebruik bij verstedelijking en infrastructuur de ruimte zo efficiënt mogelijk, dek de bodem zo min mogelijk af en herstel de bodem, waar mogelijk.
- Beperk het ontgraven van de bodem en voorkom daarmee verstoring van de bodem en zodoende ook het transport van bodemmateriaal.
- Voorkom aantasting van aardkundige waarden.

3.4 Lelystad

In het kader van de Lelylijn wordt er bij Lelystad gekeken naar de geplande uitbreiding van een woonwijk, ZuiderC. De reden dat deze locatie is geselecteerd, is vanwege de diepe ligging in een polder en de gevolgen van klimaatverandering voor de polder vanuit water en bodem. Deze beoogde woonwijk bevindt zich ten zuiden, grenzend aan het bestaande stedelijke gebied van Lelystad. Vanuit het spoortracé zijn er bij Lelystad ZuiderC geen specifieke punten waar rekening mee gehouden dient worden, aangezien de Lelylijn in Lelystad aantakt op het bestaande spoor. In Figuur 7 is de ligging van de locatie te zien.



Figuur 7 - Uitsnede kaart locatie Lelystad met daarin de contouren van de woningbouw ZuiderC



Figuur 8 - Sturingskaart WABOS (links) en Geschiktheidskaart Op Waterbasis (rechts)

De sturingskaart in Figuur 8 die weergeeft waar er vanuit water en bodem gebouwd kan worden (Ministerie IenW, april 2024), laat zien dat er gebouwd kan worden “Ja Mits, met kleine en gemiddelde opgave”.

De geschiktheidskaart in Figuur 8 voor bebouwing, zoals opgenomen in ‘Op Waterbasis’, laat zien dat er in dit gebied sprake is van enkele (geel) tot weinig (licht groen) beperkingen voor stedelijke ontwikkelingen.

3.4.1 Toelichting kenmerken van water en bodem

Water

- Oostelijk Flevoland is een diepe laaggelegen polder en om die te kunnen gebruiken is er continu de noodzaak om het overtollig water af te voeren, de peilen te beheersen en in drogere perioden water aan te voeren. Het beoogde woningbouwgebied in deze polder ligt ongeveer 4,5 m onder NAP.
- Aanvoer van water kan in de toekomst niet altijd worden gegarandeerd.
- Grondwaterstanden veranderen als gevolg van langdurige natte en droge perioden. Dit wordt versterkt door toename van zeespiegelstijging en als gevolg daarvan een hoger IJsselmeerpeil. Hierdoor is er sprake van een hogere GHG en een lagere GLG.
- In het gebied is sprake van toename van zoute kwel als gevolg van een hogere zeespiegel en een hoger IJsselmeerpeil.
- Als gevolg van klimaatverandering neemt naar verwachting de hoeveelheid neerslag toe evenals de neerslagintensiteit. Hierdoor zullen de waterpeilen stijgen met een grotere kans op wateroverlast.
- Bij een extreem kleine kans is een overstroming mogelijk met een waterdiepte van 2,5 tot 3,5 meter.

Bodem

- De polder heeft als gevolg van de drooglegging nog te maken met zettingen als gevolg van klink.
- In het gebied bevindt zich een veenlaag onder een kleilaag. Deze laag ligt veelal dieper dan 2 m onder maaiveld. Door de aanwezigheid van klei en daaronder veen kunnen zettingen optreden. Tot 2100 wordt tot nog 40 cm bodemdaling verwacht.
- Tussen Lelystad en Emmeloord bevinden zich meerdere gebieden die aangemerkt zijn vanwege de aardkundige waarden.

3.4.2 Analyse

De Flevopolder is een diep gelegen polder die geconfronteerd wordt met een stapeling van klimaateffecten waardoor gevolgen voor het water- en bodemstelsel elkaar versterken. Hevige neerslag zorgt voor een grote kans op wateroverlast door een toename van de piekbelasting in de polder. In droge perioden is het minder vanzelfsprekend dat water aangevoerd kan worden, doordat we rekening moeten houden met het feit dat de aanvoer vanuit het IJsselmeer in de toekomst onvoldoende is om alle functies in Noord- en Oost Nederland van water te kunnen voorzien. In dat geval zal via de verdringingsreeks geprioriteerd moeten worden. Verder kunnen als gevolg van langdurige droge perioden de grondwaterstanden uitzakken. Omdat aanvoer van water niet altijd kan worden gegarandeerd, is weerbaarheid tegen droogte belangrijk. Voldoende ruimte horizontaal en verticaal om een overschot of een tekort op te vangen, is daarom belangrijk. De stijging van het IJsselmeerpeil zorgt voor een toename van de gevolgen van een overstroming en als gevolg van de hogere waterstanden zorgt dit ook voor toename van de kwel en een plaatselijk ook toename van zoute kwel in de Flevopolder. De toename van zoute kwel is met name merkbaar in droge perioden. Bij de inrichting van het watersysteem moet daarom rekening worden gehouden met hogere chloride concentraties. Tevens zorgt bodemdaling in de polder voor zettingen in het gebied. Ten zuiden van ZuiderC loopt één van de hoofdvaarten van het gebied, de Lage Dwarsvaart. Deze is voor de afvoer van water richting het Markermeer van groot belang. Het is van belang dat deze in de toekomst bij piekbelasting ook nog voldoende afvoercapaciteit heeft.

De woonwijk ZuiderC bevindt zich op grond die nu gebruikt wordt voor de landbouw, door de ontwikkeling van woningbouw wordt dit areaal verkleind. De kleigronden die hier voornamelijk aan het oppervlakte voorkomen, zijn erg geschikt voor landbouw. Daarnaast grenst het gebied aan een N2000-gebied en NNN-gebied. Daarmee is het belangrijk om bij deze ontwikkeling ruimte te bieden aan groenblauwe structuren en deze aan te sluiten op de omgeving.

Om in deze situatie woningbouw mogelijk te maken, is het hierna beschreven handelingsperspectief geschetst, rekening houdend met de kenmerken van het aanwezige water- en bodemstelsel.

3.4.3 Handelingsperspectief

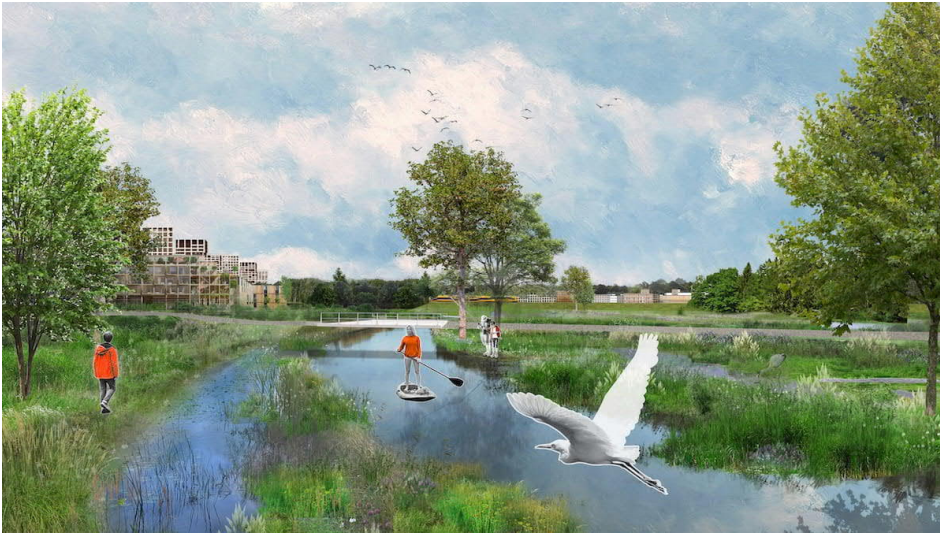
Vanuit water en bodem kan op de volgende manieren worden omgegaan met het water- en bodemsysteem en de gevolgen van klimaatverandering:

- Houd rekening met zettingen in de ondergrond van 40 cm tot 2100, en wentel de gevolgen niet af in tijd, ruimte en kosten. Met andere woorden, de woningen en infrastructuur moeten zo aangelegd worden dat zettingen tijdens de gebruiksfase zoveel mogelijk verwaarloosbaar worden door bijvoorbeeld zettingen versneld op te laten treden.
- Zorg bij de inrichting van het watersysteem er voor dat het watersysteem bestand is tegen periodes van extreme droogte, watertekorten en verzilting. Daarbij moet er ruimte beschikbaar zijn om water vast te houden in het gebied en moet onnodige bodemafdekking voorkomen worden. Dit zorgt ook voor voldoende sponswerking en biodiversiteit in de bodem.
- Houd rekening met gevolgen van extreem weer en overstromingen (2,5 tot 3,5 m diepte) door het toepassen van principes van meerlaagsveiligheid. Denk daarbij aan de ontwikkeling van woningen met dakramen en vluchtroutes naar de nabij gelegen hoge plaatsen. Plaats bijvoorbeeld vitale infrastructuur, zoals transformatoren, op hoger gelegen locaties zodat deze langer in bedrijf kunnen blijven. Ook het waterbewustzijn van toekomstige bewoners is een belangrijk aandachtspunt.
- Belemmer de afvoercapaciteit van de aangrenzende vaart niet, en houd daarbij rekening met de capaciteit die in toekomst nodig is bij een extremer neerslag-scenario. Zorg daarnaast voor voldoende ruimte voor groenblauwe dooradering richting Lelystad om te zorgen voor een robuust watersysteem, waarbij ook voldoende ruimte is voor landwaterovergangen vanuit het belang van een goede ecologische waterkwaliteit.
- Voorkom zo veel mogelijk bodemverstoring, en bescherm archeologische en aardkundige waarden.
- Indien ontgraving nodig is, zorg in dat geval voor hoogwaardig hergebruik van de grond.
- Pas bij woningbouwplannen de maatlat voor een klimaatadaptieve en natuurinclusieve bebouwde omgeving toe.

Conclusie

Vanuit 'water en bodem sturend' is dit een locatie waar woningbouw mogelijk is, mits er rekening wordt gehouden met de opgaven voor bodemdaling, meerlaagsveiligheid en compensatie van verlies aan berging in de polder. Indien deze opgaven goed worden opgepakt, wordt voorkomen dat deze worden afgewenteld op toekomstige generaties.

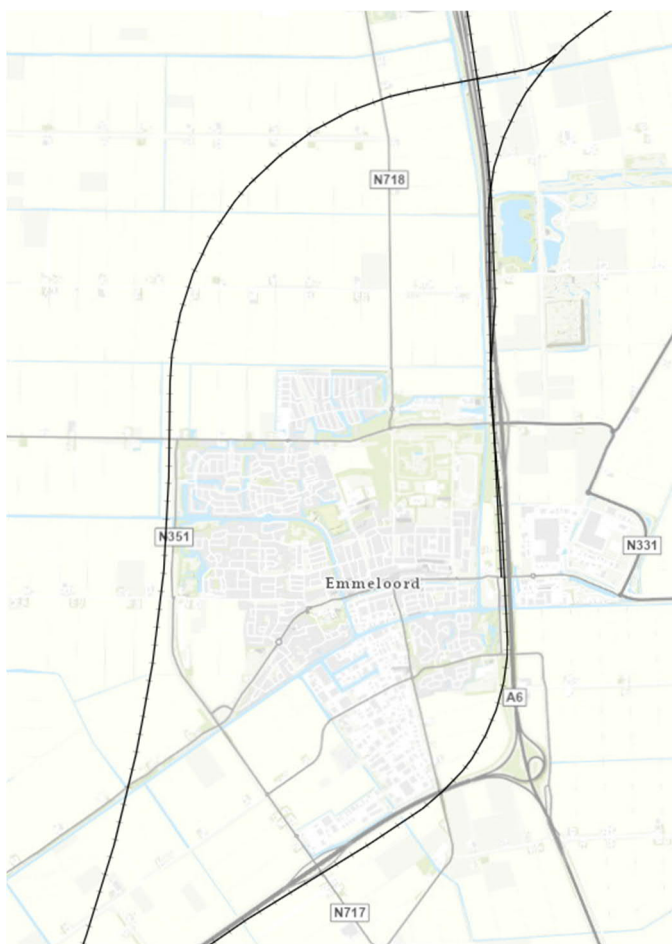
Voor ZuiderC is een gebied met een bruto oppervlak van 712 ha omkaderd. Hierbinnen is circa 88 ha bestaande infrastructuur en bebouwing aanwezig (waar onder Warande dat in ontwikkeling is). Voor de regionale waterberging, het boezemstelsel en de waterkeringen is circa 81 ha gereserveerd. Aanvullend zal voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag in het bebouwde gebied voldoende water of andere vormen van opvang (ook lager gelegen groen) aanwezig moeten zijn. Een oppervlakte van 10% (circa 45 ha) is een robuuste maat voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag. De overige ruimte van 488 ha is dan beschikbaar voor voorzieningen, woningen en dergelijke.



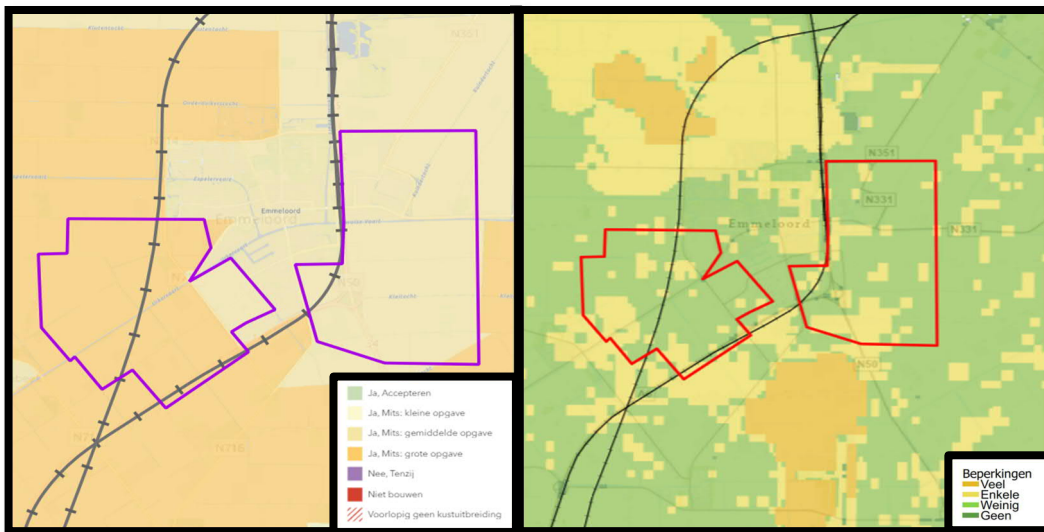
Figuur 9 – Impressie van wonen in het groen in de wijk ZuiderC (bron SBB)

3.5 Emmeloord

Bij Emmeloord zijn er twee mogelijkheden voor een tracé en het bijbehorende station; ten westen langs Emmeloord of ten oosten langs Emmeloord. Op deze locatie kunnen de kenmerken van het water- en bodemsysteem bepalend zijn voor de tracékeuze. Om deze reden is deze locatie meegenomen in deze studie. Hierbij worden beide locaties bekeken en worden de voor- en nadelen van beide locaties tegen elkaar afgezet. Daarna wordt nog ingezoomd op de gevolgen van de mogelijke keuzes voor de woningbouw, gelinkt aan de ontwikkeling van de Lelylijn in Emmeloord om een compleet beeld van de locatie te krijgen.



Figuur 10 - Uitsnede ArcGIS met daarin de twee indicatieve tracés nabij Emmeloord



Figuur 11 - Sturingskaart WABOS (links) en Geschiktheidskaart Op Waterbasis (rechts)

De sturingskaart in Figuur 11 die weergeeft waar er vanuit water en bodem gebouwd kan worden (Ministerie IenW, april 2024), laat zien dat er in het oostelijke tracé gebouwd kan worden “Ja Mits, met kleine opgave” en in het westelijke tracé “Ja mits, met gemiddelde opgave”.

De geschiktheidskaart in Figuur 11 voor bebouwing, zoals opgenomen in “Op Waterbasis”, laat zien dat er in dit gebied sprake is van enkele (geel) tot weinig (licht groen) beperkingen voor stedelijke ontwikkelingen.

3.5.1 Toelichting kenmerken van water en bodem

Water

- De Noordoostpolder Flevoland is een diepe laaggelegen polder en om die te kunnen gebruiken is er continu de noodzaak om het overtollig water af te voeren, de peilen te beheersen en in drogere perioden water aan te voeren. Het beoogde woningbouwgebied in deze polder ligt ongeveer 4,5 m onder NAP, het maaiveld loopt op in oostelijke en noordelijke richting.
- Grote delen van de gebieden rond Emmeloord behoren tot de lagere delen van de polder en de daarin aanwezige afwateringsgebieden. In periode met veel neerslag wordt op deze locaties tijdelijk water geborgen met waterpeilen tot boven maaiveld.
- Aanvoer van water kan in de toekomst niet altijd worden gegarandeerd, omdat aanvulling van het IJsselmeer ontoereikend is om alle functies in Noord- en Oost Nederland van voldoende water te voorzien en de verdringingsreeks moet worden ingezet om in waterverdeling te prioriteren.
- Grondwaterstanden veranderen als gevolg van langdurige natte en droge perioden. Dit wordt versterkt door toename van zeespiegelstijging en als gevolg daarvan een hoger IJsselmeerpeil. Hierdoor is er sprake van een hogere GHG en een lagere GLG.
- In het gebied is, vooral in het westelijke deel, sprake van toename van zoute kwel als gevolg van een hogere zeespiegel en een hoger IJsselmeerpeil.

- Klimaatverandering heeft onder andere tot gevolg dat er meer neerslag valt en is er een toename van de neerslagintensiteit. Dit zorgt ervoor dat waterpeilen snel zullen stijgen met een grotere kans op wateroverlast.
- Met een zeer kleine kans is een overstroming mogelijk met een waterdiepte van 3,5 tot 4 m (westzijde) en 2,5 tot 3 m (oostzijde).

Bodem

- De polder heeft als gevolg van de drooglegging nog te maken met zettingen als gevolg van klink.
- In het gebied bevindt zich een veenlaag onder een kleilaag. Deze laag ligt veelal dieper dan 2 m onder maaiveld. Door de aanwezigheid van klei en daaronder veen kunnen zettingen optreden. Tot 2100 wordt tot nog 40 cm bodemdaling verwacht.
- Er zijn aardkundige waarden in de omgeving van Emmeloord aanwezig, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van het Stroomgebied van de Oer-Vecht en de bijbehorende rivierduinen.

3.5.2 Analyse westelijk tracé

Het tracé dat ten westen van Emmeloord is geprojecteerd, is gevoelig voor wateroverlast doordat een groot gedeelte van dit tracé tot de lagere delen van de Noordoostpolder en in ieder geval tot de 10% laagste delen van het centrale peilgebied behoort. Daarom moet bij een ontwerp langs de westzijde rekening gehouden worden met een groot gebied waar water moet kunnen worden geborgen. Ook bij wateroverlast zijn dit delen van de polder die als eerste overstromen. Met andere woorden, er moet rekening worden gehouden met tijdelijke peilstijgingen op het maaiveld in dit gebied. Tevens is er bij een overstroming sprake van overstroming met een maximale waterdiepte van 3,5 tot 4 meter.

Daarnaast is dit tracé erg zettingsgevoelig door de aanwezige veenlaag, die in dikte varieert van 10 cm tot meer dan 2 meter. Dit doet zich voor aan zowel de zuidzijde als aan de westzijde van Emmeloord.

Vanuit het 'niet afwentelen'-principe mogen de kosten van eventuele zettingen niet op toekomstige generaties worden afgewenteld. Daarbij is het dus belangrijk om de zetting te beperken of met een minimale restzettingseis te ontwerpen. Dit kan worden gedaan door zettingen versneld op te laten treden door extra belasting op maaiveld aan te brengen, in combinatie met bijvoorbeeld verticale drainage. De veenrestanten liggen overwegend meer dan 1,5 m onder maaiveld, waardoor deze laag permanent nat is. Alleen ter plaatse van dunnere deklagen (circa 0,5 m onder maaiveld in het noordwestelijke deel van het tracé) kan het nat houden van deze lagen nog om aanpassingen vragen in het peilbeheer.

Het noordwestelijke tracé doorsnijdt waardevolle landbouwgronden en betekent een versnippering van bestaande verkavelingsstructuur en verlies van areaal. De geringere ontwateringsdiepte, in vergelijking met het gebied ten oosten van Emmeloord, betekent mogelijk een geringere geschiktheid van deze grond voor de huidige vorm van landbouw.

3.5.3 Analyse oostelijk tracé

Ten oosten van Emmeloord is het maaiveld 0,5 tot 1 m hoger in vergelijking tot de westzijde en hoeft er minder rekening gehouden te worden met wateroverlast. Doordat het maaiveld 0,5 m tot 1,0 m hoger ligt, zal de diepte bij overstroming ook 0,5 tot 1,0 m minder zijn.

In dit gebied is over een groot deel van het tracé een dikke veenlaag aanwezig, voor het grootste deel is deze tussen de 1 en 2 m dik. Hierdoor is dit gebied ook erg zettingsgevoelig. De kosten van zettingen mogen ook hier niet naar de toekomst afgewenteld worden. Bij dunnere deklagen moet in het peilbeheer rekening worden gehouden met het nat houden van ondiepe veenlagen om de oxidatie van veen te beperken.

Op deze locatie is tevens landbouwgrond aanwezig. De ligging van de lijn, aansluitend op de bestaande snelweg, levert minder versnippering van percelen op in vergelijking met het westelijke tracé.

3.5.4 Vergelijking analyse oostelijk en westelijk tracé

Westelijk tracé	Oostelijk tracé
Door de lage ligging van het maaiveld bestaat hier grote kans op wateroverlast waardoor kans is op water op maaiveld. Het tracé doorkruist ruimte die nodig is voor waterberging.	Door de relatief hogere ligging van het maaiveld is sprake van minder kans op wateroverlast. Het tracé doorkruist in beperkte mate ruimte die nodig is voor waterberging.
Bij een overstroming kunnen waterdieptes ontstaan tussen de 3,5 en 4 m diepte.	Bij een overstroming kunnen waterdieptes ontstaan tussen de 2,5 en 3 m diepte. Ten opzichte van de westzijde kan met circa 1,0 m minder waterdiepte rekening worden gehouden vanwege de hogere ligging van het maaiveld.
Langs dit tracé leidt de ligging van het tracé tot versnippering van waardevolle agrarische percelen.	Door bundeling van het tracé met de bestaande A6 is in mindere mate sprake van versnippering van waardevolle agrarische percelen.
Door de aanwezige veenlaag in de ondergrond die van 10 cm tot meer dan 2 m varieert, moet rekening worden gehouden met grote variatie in zettingsgevoeligheid*.	Door de gemiddeld dikkere veenlaag van 1 tot 2 m moet over een groot deel van het tracé rekening gehouden worden met een grotere zettingsgevoeligheid*.
Langs dit tracé zijn overwegend landbouwgronden aanwezig	Langs dit tracé zijn meer natuurwaarden aanwezig

*Ter vergelijking: In het tracé van de spoorlijn Dronten-Kampen zijn in het recente verleden problemen opgetreden voor gebruik van de spoorlijn en het station, doordat de combinatie van het baanlichaam en de ondergrond met veen onvoldoende de krachten kon opvangen van de belasting van de trein door remmen en optrekken. Ter plaatse van het station Kampen-Zuid is sprake van 1,5 m veen in de ondergrond.

Conclusie

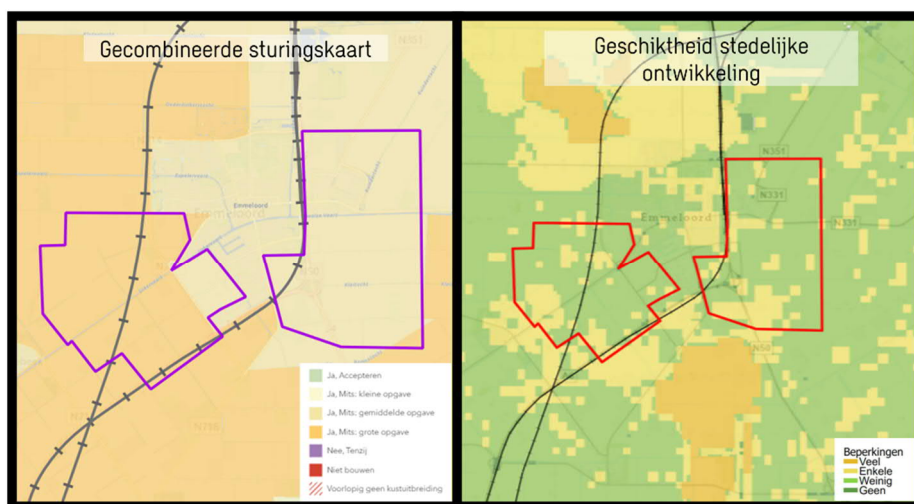
Vanuit het oogpunt van een goed functionerend water- en bodemsysteem is een spoortracé langs de oostzijde van Emmeloord wenselijker. Hier is minder kans op wateroverlast, waardoor het tracé niet extra verhoogd boven het maaiveld aangelegd hoeft te worden. Door de grotere zettingsgevoeligheid ten zuiden en oosten van Emmeloord moet er wel verhoogde inzet geleverd worden om zetting langs het tracé niet in de tijd af te wentelen.

3.5.5 Analyse woningbouw Emmeloord (zuidwestzijde)

Ten zuidwesten van Emmeloord is sprake van woningbouwplannen, zoals weergegeven in Figuur 12.



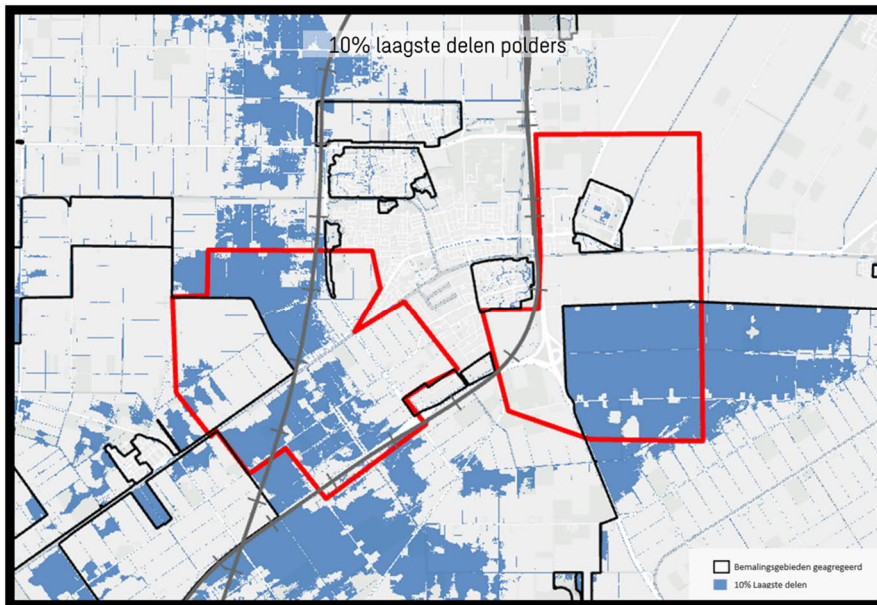
Figuur 12 - Uitsnede kaart locatie Emmeloord met daarin de contouren van de woningbouw



Figuur 13 - Sturingskaart WABOS (links) en Geschiktheidskaart Op Waterbasis (rechts)

De sturingskaart in Figuur 13 die weergeeft waar er vanuit water en bodem gebouwd kan worden (Ministerie IenW, april 2024), laat zien dat er op de woningbouwlocatie gebouwd kan “Ja mits, met gemiddelde opgave”.

De geschiktheidskaart in Figuur 13 voor bebouwing, zoals opgenomen in “Op Waterbasis”, laat zien dat er in dit gebied sprake is van enkele (geel) tot weinig (licht groen) beperkingen voor stedelijke ontwikkelingen.



Figuur 14 - 10% laagste delen van het peilgebied

Het gebied dat voor woningbouw is aangemerkt in relatie tot de ontwikkeling van de Lelylijn, ligt voor een groot deel in 10% van de laagste delen van het peilgebied maar ook in de lagere delen van de Noordoostpolder; dit is middels de grijze vlakken weergegeven in Figuur 14. Dit leidt tot beperkingen voor de ontwikkeling van woningbouw, aangezien deze delen kwetsbaar zijn voor wateroverlast en er ruimte wordt ingenomen waar op dit moment sprake is van regionale waterberging. Vanuit de structurende keuzes mag de bergingscapaciteit van dit gebied niet beperkt worden en moet rekening worden gehouden met bestaande berging. Dit beperkt de mogelijkheden voor woningbouw, aangezien deze ruimte voor waterberging gereserveerd moet worden. Als we dit beeld aggregeren tot op afwateringseenheden, dan is er in het oostelijke deel een groter ruimtebeslag dat gereserveerd moet worden.

Bij de inrichting van het gebied dient verder rekening te worden gehouden met extremen. Naast de kans op overstrooming met een waterdiepte van 2,5 tot 4 m moet ook rekening worden gehouden met wateroverlast als gevolg van extreme neerslag. Bij realisatie van woningbouw is het belangrijk om rekening te houden met de principes van meerlaagsveiligheid en bijvoorbeeld vitale infrastructuur zo aan te leggen dat uitval wordt voorkomen.

Dit gebied bevindt zich op een veenlaag met een dikte tot 2 meter. Dit is de oorzaak van de extreme zettingsgevoeligheid (op delen zelfs meer dan 60 cm) van dit gebied. Tijdens de aanleg van de woningen en infrastructuur mogen de zettingen niet afgewenteld worden naar de toekomst. Waar het veen relatief ondiep voorkomt, dient ook rekening te worden gehouden met voldoende hoge grondwaterstanden zodat dit veen niet oxideert.

3.5.6 Analyse woningbouw Emmeloord (zuidoostzijde)

Het gebied dat voor woningbouw is aangemerkt in relatie tot de ontwikkeling van de Lelylijn, bevat de 10% laagste delen van het peilgebied waartoe dit gebied behoort binnen de Noordoostpolder. Dit is echter minder in vergelijking met de westzijde waardoor er minder ruimte hoeft te worden gereserveerd voor waterberging.

Bij de inrichting van het gebied dient wel rekening gehouden te worden gehouden met wateroverlast als gevolg van extreme neerslag.

Dit gebied bevindt zich echter wel op een veenlaag met een dikte tot 2 meter. Dit is de oorzaak van de zettingsgevoeligheid van dit gebied, er kan tot 2100 tussen de 20 en 60 cm zetting verwacht worden. Tijdens de aanleg van de woningen en infrastructuur mogen de zettingen niet afgewenteld worden naar de toekomst. Waar het veen relatief ondiep voorkomt, dient ook rekening te worden gehouden met voldoende hoge grondwaterstanden zodat dit veen niet oxideert.

3.5.7 Vergelijking westelijke en oostelijke woningbouwlocaties

Zuidwestelijke locatie	Zuidoostelijke locatie
Door de lage ligging van het maaiveld bestaat hier grote kans op wateroverlast waardoor een grotere kans is op water op maaiveld.	Door de relatief hogere ligging van het maaiveld is sprake van minder kans op wateroverlast.
Bij een overstroming kunnen waterdieptes ontstaan tussen de 3,5 en 4 m diepte.	Bij een overstroming kunnen waterdieptes ontstaan tussen de 2,5 en 3 m diepte. Ten opzichte van de westzijde kan met circa 1,0 m minder waterdiepte rekening worden gehouden vanwege de hogere ligging van het maaiveld.
Door de aanwezige veenlaag in de ondergrond die van 10 cm tot meer dan 2 m varieert, moet rekening worden gehouden met grote variatie in zettingsgevoeligheid.	Door de gemiddeld dikkere veenlaag van 1 tot 2 m moet er op deze locatie rekening gehouden worden met een grote zettingsgevoeligheid. Echter zijn deze op deze woningbouwlocatie minder significant in vergelijking met de zuidwestelijke locatie.

Conclusie

Vanuit 'water en bodem sturend' is de oostelijke woningbouwlocatie wenselijker. Er zijn hier minder laaggelegen delen, waardoor er minder ruimte gereserveerd moet worden voor waterberging. Op deze locatie kan dus met een hogere dichtheid gebouwd worden. Daarnaast is het gebied ook minder zettingsgevoelig waardoor de opgave om geen zetting op toekomstige generaties af te wentelen waarschijnlijk minder groot is, ook al is op beide locaties sprake van forse zettingen.



Figuur 15 – Impressie van bouwrijp maken Emmelhage in de Noordoostpolder

3.5.8 Handelingsperspectief

Vanuit water en bodem kan op de volgende manieren worden omgegaan met de kenmerken van water en bodem en de gevolgen van klimaatverandering:

- Houd rekening met zettingen in de ondergrond van 40 tot plaatselijk 60 cm tot 2100 en wentel de gevolgen niet af in tijd, ruimte en kosten. Met andere woorden, de woningen en infrastructuur moeten zo aangelegd worden dat zettingen tijdens de gebruiksfase zoveel mogelijk verwaarloosbaar worden.
- Houd rekening met de gevolgen van extreme neerslag door de 5 – 10% laagste delen van de afwateringsgebieden niet te bebouwen en te reserveren als ruimte voor de opvang van neerslag.
- Zorg er bij inrichting van het watersysteem voor dat het watersysteem bestand is tegen periodes van extreme droogte, watertekorten en verzilting, bijvoorbeeld door verticale en horizontale ruimte.
- Voorkom onnodige bodemafdekking en zorg voor voldoende sponswerking en biodiversiteit in de bodem.
- Zorg voor goede verbindingen van watergangen in en rond het gebied, waarbij ook voldoende ruimte moet zijn voor landwaterovergangen vanuit het belang van een goede ecologische waterkwaliteit.
- Houd rekening met gevolgen van extreem weer en overstromingen (2,5 en 4 m diepte) door het toepassen van principes van meerlaagsveiligheid. Dit kan door hogere vluchtplekken in het gebied te realiseren, energievoorzieningen (transformatoren) op hogere posities aan te brengen, woningen te voorzien van dakramen op zolder en vluchtroutes hoger dan maaiveld te realiseren zodat bij eerste inundatie wegen nog zichtbaar zijn. Ook moet er aandacht zijn voor het waterbewustzijn van de toekomstige bewoners.
- Voorkom aantasting van aardkundige waarden.
- Voorkom bodemverstoring door ontgraving en, indien dit niet voorkomen kan worden, zorg in dat geval voor hoogwaardig hergebruik van de grond.
- Pas bij woningbouwplannen de maatlat voor een klimaatadaptieve en natuurinclusieve bebouwde omgeving toe.

Voor Emmeloord West is een gebied met een bruto oppervlak van 1292 ha omkaderd. Hierbinnen is circa 87 ha bestaande infrastructuur en bebouwing aanwezig. Voor regionale waterberging, watergangen en vaarten is een ruimtebeslag berekend van circa 514 hectare. Aanvullend zal voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag in bebouwd gebied voldoende water of andere vormen van opvang (ook lager gelegen groen) aanwezig moeten zijn. Een oppervlakte van 10% (circa 69 ha) is een robuuste maat voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag. De overige ruimte van 622 ha is dan beschikbaar voor voorzieningen, woningen en dergelijke.

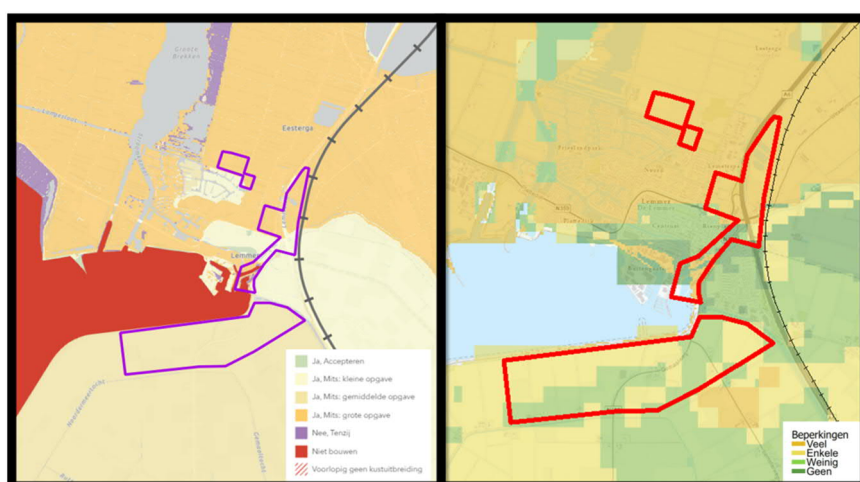
Voor Emmeloord Oost is een gebied met een bruto oppervlak van 1477 ha omkaderd. Hierbinnen is circa 218 ha bestaande infrastructuur en bebouwing aanwezig. Voor regionale waterberging, watergangen en vaarten is circa 509 ha berekend. Aanvullend zal voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag in bebouwd gebied voldoende water of andere vormen van opvang (ook lager gelegen groen) aanwezig moeten zijn. Een oppervlakte van 10% (circa 75 ha) is een robuuste maat voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag. De overige ruimte van 676 ha is dan beschikbaar voor voorzieningen, woningen en dergelijke.

3.6 Lemmer

Lemmer is vanuit de werking van het water- en bodemsysteem een interessante locatie vanwege de aanwezigheid van de Noordoostpolder langs de zuidzijde en de uitdagingen die de veengebieden ten noorden en oosten van Lemmer met zich meebrengen. Om deze reden wordt deze locatie vaak gebruikt als ‘water en bodem sturend’ voorbeeldcasus. Op deze locatie worden daarom drie mogelijke woningbouwlocaties geanalyseerd; ten zuiden van Lemmer, ten noorden van Lemmer en de spoorzone langs de snelweg.



Figuur 16 - Uitsnede kaart locatie Emmeloord met daarin de contouren van de woningbouw



Figuur 17 - Sturingskaart WABOS (links) en Geschiktheidskaart Op Waterbasis (rechts)

De sturingskaart in Figuur 17 geeft een samenvattend beeld waar er in Nederland goed gebouwd kan worden (ministerie IenW, april 2024) en of er sprake is van een opgave vanuit het water- en bodemsysteem. De geschiktheidskaart voor stedelijke ontwikkeling, zoals opgenomen in 'Op Waterbasis', laat zien dat er in dit gebied sprake is van enkele (geel) tot veel (oranje) beperkingen voor stedelijke ontwikkelingen. Opgemerkt wordt dat in de bijeenkomst op 22 april juist de cultuurhistorie als sturend voor de Noordoostpolder werd aangekaart en daarbij vooral het 30-minuten landschap. Dat aspect, ingegeven vanuit de inrichting door menselijk handelen, wijkt daarmee af van de insteek van dit onderzoek waarbij 'water en bodem sturend' zijn.

3.6.1 Toelichting kenmerken van water en bodem Lemmer Zuid

Water

- De Noordoostpolder is een diepe laaggelegen polder en om die te kunnen gebruiken is er continu de noodzaak om het overtollig water af te voeren, de peilen te beheersen en in drogere perioden water aan te voeren. Het beoogde woningbouwgebied in deze polder ligt ongeveer 3,5 m onder NAP.
- Aanvoer van water kan in de toekomst niet altijd worden gegarandeerd, omdat aanvulling van het IJsselmeer ontoereikend is om alle functies in Noord- en Oost Nederland van voldoende water te voorzien en de verdringingsreeks moet worden ingezet om in waterverdeling te prioriteren.
- Grondwaterstanden veranderen als gevolg van langdurige natte en droge perioden. Dit wordt versterkt door toename van zeespiegelstijging en als gevolg daarvan een hoger IJsselmeerpeil. Hierdoor is er sprake van een hogere GHG en een lagere GLG.
- In het gebied is sprake van toename van zoute kwel als gevolg van een hogere zeespiegel en hoger IJsselmeerpeil en daarmee toename van druk in diepere bodemlagen waardoor de zoutindringing verder landinwaarts doorwerkt.
- Klimaatverandering heeft onder andere tot gevolg dat er meer neerslag valt en is er een toename van de neerslagintensiteit. Dit zorgt ervoor dat waterpeilen snel zullen stijgen met een grotere kans op wateroverlast.
- Met een zeer kleine kans is een overstroming mogelijk met een waterdiepte tot ongeveer 2,5 meter.

Bodem

- De polder heeft als gevolg van de drooglegging nog te maken met zettingen als gevolg van klink.
- In dit gebied is er een middelhoge trefkans op het aantreffen van archeologische waarden.
- In het gebied bevindt zich een veenlaag onder een kleilaag. Deze laag ligt veelal dieper dan 2 m onder maaiveld. Door de aanwezigheid van klei en daaronder veen kunnen zettingen optreden. Tot 2100 wordt tot nog 40 cm bodemdaling verwacht.

3.6.2 Analyse Lemmer Zuid

Op de locatie is een veenlaag van 0,5 – 1 m in de ondergrond aanwezig. Het gebied is zettingsgevoelig, er kan in delen 20 tot 40 cm zetting optreden. De locaties van deze verwachte zettingen komen overeen met de aanwezigheid van veen in de ondergrond. De oxidatie van dit veen moet voorkomen worden, daarom moet er ook rekening gehouden worden bij de aanleg van de woningen met een peilopzet tot boven de veenlaag.

De locatie heeft een moerige ondergrond wat voor de landbouw een waardevolle ondergrond is.

Om de gevolgen van hevige neerslag op te kunnen vangen, moet rekening worden gehouden met het reserveren van de 10% laagste delen van het gebied voor de opvang van overtollige neerslag. Hier dient rekening mee gehouden te worden in het ontwerp.

Deze locatie grenst aan de primaire waterkering. Er moet rekening gehouden worden met ruimte voor toekomstige dijkversterking, waarbij de dijk hoger en breder moet worden. De vuistregel hiervoor is dat er een zone van 100 m rondom de primaire waterkering beschikbaar moet zijn voor toekomstige dijkversterking (Deltares, Bodem en water als basis, beslisregels, onderbouwing en kartering, 2022).

De locatie ligt circa 3,5 m onder NAP en de gevolgen van een eventuele dijkdoorbraak betekenen dan ook een overstroming met 2,5 m waterdiepte. De diepte neemt toe als in de toekomst sprake is van hogere peilen in het IJsselmeer. De peilopzet vergroot het overstromingsrisico.

3.6.3 Handelingsperspectief Lemmer Zuid

Vanuit water en bodem kan op de volgende manieren worden omgegaan met de kenmerken van water en bodem en de gevolgen van klimaatverandering:

- Houd rekening met zettingen in de ondergrond van 40 cm tot 2100 en wentel de gevolgen niet af in tijd, ruimte en kosten. Met andere woorden, de woningen en infrastructuur moeten zo aangelegd worden dat zettingen tijdens de gebruiksfase zoveel mogelijk verwaarloosbaar worden.
- Houd een zone van circa 100 m ten opzichte van de primaire kering vrij van permanente bebouwing, of zorg voor zodanige inrichting dat deze zone in de toekomst kan worden ingezet voor versterking van de waterkering.
- Zorg bij de inrichting van het watersysteem er voor dat het watersysteem bestand is tegen periodes van extreme droogte, watertekorten en verzilting, zorg voor voldoende verticale en horizontale ruimte voor de opvang van te veel en te weinig water.
- Het is van belang dat vaarten en nabijgelegen primaire watergangen hun aan- en afvoercapaciteit behouden, ook in toekomstige klimaatscenario's waarbij ook voldoende ruimte moet zijn voor landwaterovergangen vanuit het belang van een goede ecologische waterkwaliteit.
- Voorkom onnodige bodemafdekking en zorg voor voldoende sponswerking en biodiversiteit in de bodem.

- Houd rekening met gevolgen van extreem weer en overstromingen (2,5 en 4 m diepte) door het toepassen van principes van meerlaagsveiligheid. Dit kan door hogere vluchtplekken in het gebied te realiseren, energievoorzieningen (transformatoren) op hogere posities aan te brengen, woningen te voorzien van dakramen op zolder en vluchtroutes hoger dan maaiveld te realiseren met aansluiting op de waterkering zodat bij eerste inundatie wegen nog zichtbaar zijn en de dijk kan worden bereikt. Ook het waterbewustzijn van toekomstige bewoners is belangrijk.
- Houd rekening met de aanwezigheid van archeologische waarden.
- Voorkom verstoring van aardkundige waarden, zoals bij Lemmer-Zuid en in de spoorzone.
- Voorkom bodemverstoring door ontgraving en, indien het niet voorkomen kan worden, zorg in dat geval voor hoogwaardig hergebruik van grond.
- Pas bij woningbouwplannen de maatlat voor een klimaatadaptieve en natuurinclusieve bebouwde omgeving toe.

Conclusie

Vanuit het functioneren van water- en bodemsysteem is dit een geschikte locatie om te bouwen; vanuit het handelingsperspectief worden enkele inrichtingsvoorwaarden meegegeven, maar die vragen niet om een grootschalige aanpassing. Zo moet er bijvoorbeeld wel rekening gehouden worden met extra ruimte rondom de primaire waterkering en de kans dat overstroming van 2,5 m diepte.

3.6.4 Toelichting kenmerken van water en bodem Lemmer Noord

Water

- Polder langs een boezem; hier is peilbeheersing van belang in natte periodes, maar ook om water vast te houden voor drogere periodes. Deze polder ligt ongeveer 2 meter onder NAP.
- Grondwaterstanden veranderen als gevolg van langdurige natte en droge periodes en de daarbij horende variatie in boezempeilen.
- Hierdoor is er sprake van een hogere GHG en een lagere GLG.
- Klimaatverandering heeft onder andere tot gevolg dat er in de winter meer neerslag valt en de neerslagintensiteit toeneemt. Dit zorgt ervoor dat waterpeilen snel zullen stijgen met een grotere kans op wateroverlast.
- Met een zeer kleine kans is een overstroming mogelijk met een waterdiepte tot ongeveer 1,5 meter.

Bodem

- De polder heeft te maken met zettingen als gevolg oxidatie van veen.
- In het gebied bevindt zich veen aan de oppervlakte. Tot 2100 wordt tot meer dan 60 centimeter bodemdaling verwacht.

3.6.5 Analyse Lemmer Noord

Op deze locatie is veel veen aanwezig. De locatie bestaat uit dikke veenpakketten van meer dan 1,2 m tot circa 2 meter. Het veen ligt bovendien ook aan de oppervlakte. Om oxidatie van dit veen te beperken en bodemdaling af te remmen, moet de waterstand hoog gehouden worden. Daarbij moet de grondwaterstand tussen de 40 en 20 cm onder maaiveld gehouden worden.

Beperk voor dit gebied de aanvoer van gebiedsvreemd water zo veel mogelijk. Door het dikke veenpakket is er sprake van significante bodemdaling. Tot 2100 wordt er meer dan 60 cm bodemdaling verwacht in dit gebied. Vanuit het 'niet afwentelen'-principe mogen de kosten hiervan niet afgewenteld worden op de toekomstige gebruikers en bewoners van deze locatie. Dit betekent dat deze zetting moet worden voorkomen of dat de restzetting minimaal is.

In het gebied moet rekening worden gehouden met de opvang van hevige neerslag, waarvoor circa 10% van de laagste delen van het gebied moeten worden gereserveerd..

Het gebied is door de ligging bij de Friese Boezem op een locatie waar bij extreem weer (combinatie van neerslag, stremming van afvoer naar zee/ IJsselmeer) rekening moet worden gehouden met een waterpeil dat kan stijgen tot circa NAP of door het aanwezig verhang net boven NAP. De polder ligt tot bijna een meter lager dan de boezem en er moet bij een mogelijke doorbraak rekening worden gehouden met overstroming van dit gebied met een waterdiepte tot maximaal 1,5 tot 1,7 m; daarom moet bij de aanleg van bebouwing en infrastructuur rekening gehouden worden met woningen en vitale infrastructuur die bestand zijn tegen een dergelijke overstroming. Daarnaast ligt de locatie naast een regionale waterkering. Hiervoor moet rekening gehouden worden met een toekomstige versterking van de waterkering in een zone van circa 30 m rond de huidige kering, zodat een toekomstige dijkversterking niet wordt beperkt (Deltares, Bodem en water als basis, beslisregels, onderbouwing en kartering, 2022).

3.6.6 Handelingsperspectief Lemmer Noord

Vanuit water en bodem kan op de volgende manieren worden omgegaan met de kenmerken van water en bodem en de gevolgen van klimaatverandering:

- Houd rekening met zettingen in de ondergrond van meer dan 60 cm tot 2100 en wentel de gevolgen niet af in tijd, ruimte en kosten. Met andere woorden, de woningen en infrastructuur moeten zo aangelegd worden dat zettingen tijdens de gebruiksfase zoveel mogelijk verwaarloosbaar worden. Dit kan worden gerealiseerd door zettingen versneld te realiseren of door palen door de veenlagen aan te brengen op diepere minder zettingsgevoelige lagen. Het deels drijvend realiseren van woningen en wegen is daarbij ook een optie.
- Houd rekening met de gevolgen van extreme neerslag door de 5 – 10% laagste delen niet te bebouwen en te reserveren als ruimte voor de opvang van neerslag.
- Reserveer 30 m uit de regionale waterkering als ruimte voor een toekomstige versterking van de waterkering.

- Houd rekening met toekomstige hogere waterpeilen, waardoor conventionele droogleggingen voor woningen en infrastructuur niet gerealiseerd kunnen worden. Evenals hogere peilen als gevolg van hevige neerslag en beperking van afvoer naar het IJsselmeer waardoor er sprake kan zijn van een extra verhoogd waterpeil.
- Zorg er bij de inrichting van het watersysteem voor dat het watersysteem bestand is tegen periodes van extreme droogte, watertekorten en verzilting door verticale en horizontale ruimte.
- Het is van belang dat vaarten en nabijgelegen primaire watergangen hun aan- en afvoercapaciteit behouden, waarbij ook rekening wordt gehouden met toename van aan- en afvoercapaciteit als gevolg van toekomstige klimaatscenario's met voldoende ruimte voor landwaterovergangen vanuit het belang van een goede ecologische waterkwaliteit.
- Voorkom onnodige bodemafdekking en zorg voor voldoende sponswerking en biodiversiteit in de bodem.
- Houd rekening met gevolgen van extreem weer en overstromingen door het toepassen van principes van meerlaagsveiligheid door bijvoorbeeld wegen hoger aan te brengen, vitale voorzieningen, zoals elektriciteitsaansluitingen, hoger te realiseren en hoogwatervluchtplaatsen in en nabij het gebied te realiseren. Zorg hierbij ook voor voldoende waterbewustzijn van toekomstige bewoners en gebruikers.
- Voorkom bodemverstoring door ontgraving en zorg voor hoogwaardig hergebruik van grond.
- Pas bij woningbouwplannen de maatlat voor een klimaatadaptieve en natuurinclusieve bebouwde omgeving toe.

Conclusie

Vanuit het functioneren van het water- en bodemsysteem is dit een locatie waar zeer significante zettingen worden verwacht waardoor de kosten om afwentelen in de tijd te voorkomen, significant zullen zijn. Met andere woorden, op deze locatie kan met een erg lage dichtheid gebouwd worden en moeten er ook veel kosten gemaakt worden om deze locatie bouwrijp te maken. In nieuw oppervlaktewater van voldoende diepte is een mogelijkheid om hier drijvend te bouwen.



Figuur 18 - Impressie van drijvend bouwen

3.6.7 Analyse Lemmer Spoorzone

De spoorzone is een complex gebied door de aanwezigheid van het dikste veenpakket rondom Lemmer. Het veenpakket varieert in dikte tussen 120 tot 200 centimeter. Daarmee is het gebied zeer zettingsgevoelig, er worden zettingen van meer dan 60 cm verwacht in het gebied. Deze zettingen die voorzien zijn, mogen niet worden afgewenteld op de toekomstige gebruikers. De aanwezigheid van deze dikke veenlaag betekent ook dat er rekening gehouden moet worden met een peilopzet tot 40 cm en 20 cm onder maaiveld.

Daarbij moet voor dit gebied de aanvoer van gebiedsvreemd water zo veel mogelijk beperkt worden, aangezien dit water veelal van slechte kwaliteit is (belast met nutriënten en bestrijdingsmiddelen) wat schadelijk kan zijn voor kwetsbare natuur in de omgeving.

De nabijheid en ligging naast de diepe veenpolders leidt ertoe dat hier sprake kan zijn van peilopzet, waardoor ook sprake is van water op maaiveld of zelfs incidenteel tot boezempeil of bij gestremde afvoer naar zee en IJsselmeer tot NAP of hoger.

Er moet in dit gebied in een reguliere situatie rekening worden gehouden met vernatting onder het spoortracé, wat de nodige uitdagingen geeft voor de aanleg. Daarnaast kunnen de waterpeilen incidenteel hoger zijn.

De polder ligt door een relatief dik veenpakket nog redelijk hoog, en bij een mogelijke doorbraak van de waterkering moet rekening worden gehouden met overstroming van dit gebied met een waterdiepte tot maximaal 0,7 m; daarom moet bij de aanleg van bebouwing en infrastructuur rekening gehouden worden met woningen en vitale infrastructuur die bestand zijn tegen een dergelijke overstroming. Daarnaast moet voor de spoorzone, naast de regionale keringen, rekening gehouden worden met reservering van circa 30 m voor de toekomstige versterking van de regionale waterkering (Deltares, Bodem en water als basis, beslisregels, onderbouwing en kartering, 2022).

De uitdaging in dit gebied, in relatie tot de dikte van de veenlaag, is vergeleken met de situatie bij het station Kampen-Zuid (zie opmerking bij Emmeloord*).

3.6.8 Handelingsperspectief Lemmer Spoorzone

Vanuit het principe van 'water en bodem sturend' kan op de volgende manieren worden omgegaan met de kenmerken van water en bodem en de gevolgen van klimaatverandering:

- Houd rekening met zettingen in de ondergrond van meer dan 60 cm tot 2100 en wentel de gevolgen niet af in tijd, ruimte en kosten.
- Houd rekening met extreme waterpeilen in dit deel van de diepe veenpolders, waarbij de waterpeilen op maaiveld kunnen komen en incidenteel hoger tot circa NAP.
- Houd rekening met de gevolgen van extreme neerslag door de 5 – 10% van de laagste delen niet te bebouwen en te reserveren als ruimte voor de opvang van neerslag.
- Houd bij graafwerkzaamheden in de bodem langs de zuidzijde rekening met een hoge trefkans op archeologische waarden.
- Voorkom bodemverstoring door ontgraving en als ontgraving niet voorkomen kan worden, zorg in dat geval voor hoogwaardig hergebruik van de grond.

Conclusie

Vanuit het functioneren van het water- en bodemsysteem is dit tevens een onlogische locatie voor de ontwikkeling van woningen. Ook hier moet rekening gehouden worden met significante zettingen, al is hier minder ruimte nodig voor waterberging en voor de uitbreiding van de waterkering. De voornaamste problemen worden veroorzaakt door de zeer grote zettingen.

Voor Lemmer Zuid is een gebied met een bruto oppervlak van 233 ha omkaderd. Hierbinnen is circa 17 ha bestaande infrastructuur en bebouwing aanwezig. Voor de regionale waterberging, het boezemstelsel en de waterkeringen is circa 31 ha gereserveerd. Aanvullend zal voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag in bebouwd gebied voldoende water of andere vormen van opvang (ook lager gelegen groen) aanwezig moeten zijn.

Een oppervlakte van 10% (circa 19 ha) is een robuuste maat voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag. De overige ruimte van 166 ha is dan beschikbaar voor voorzieningen, woningen en dergelijke

Voor Lemmer Noord is een gebied met een bruto oppervlak van 22 ha omkaderd. Voor de regionale waterberging, het boezemstelsel en de waterkeringen is circa 2 ha gereserveerd. Aanvullend zal voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag een oppervlakte van 10% (circa 2 ha) beschikbaar moeten zijn. De overige ruimte van 16 ha is dan beschikbaar voor voorzieningen, woningen en dergelijke.



Figuur 19 - Impressie van Lemmer en het waterrijke karakter

3.7 Tsjûkemar

Rondom het Tsjûkemar zijn drie mogelijke tracés in beeld; één langs de Rijksweg A6 door het Tsjûkemar, één ten westen langs het meer en één ten oosten langs het meer. De kenmerken van het water- en bodemsysteem kunnen bepalend zijn voor de tracékeuze. In dit geval worden het westelijke en het oostelijke tracé met elkaar vergeleken. Het tracé langs de snelweg nemen we hier niet in mee, omdat in dat geval vooral de doorsnijding van het meer, de slappe ondergrond en het verlies aan waterberging afgewogen moeten worden.

3.7.1 Toelichtingen kenmerken van water en bodem

Water

- Langs de oostzijde van het Tsjûkemar zijn de diepe veenpolders aangemerkt voor waterberging door het waterschap. Daar moet rekening gehouden worden met water tot op het maaiveld en met langdurige wateroverlast.
- Er zijn beperkte delen die tot de 10% laagste delen van een peilgebied behoren.

Bodem

- Er is een dik veenpakket rondom het Tsjûkemar aanwezig, aan de oostkant tot 130 centimeter. De dikte neemt richting het westen toe tot 2 meter.
- Langs de oostzijde ligt het maaiveld op 2,5 m onder NAP en dit loopt in westelijke richting op tot ongeveer 1,5 m onder NAP.
- Aan beide zijden van het meer is sprake van meer dan 60 cm bodemdaling tot 2100.

3.7.2 Analyse Tsjûkemar westelijk tracé

Ten westen van het Tsjûkemar is een dik veenpakket aanwezig van rond de 2 m dik. Tot 2100 wordt meer dan 60 cm zetting verwacht. Dit deel is zeer zettingsgevoelig. De aanwezigheid van deze dikke veenlaag betekent ook dat er rekening gehouden moet worden meteen peilopzet tot 40 cm en 20 cm onder maaiveld om veenoxidatie te beperken.

Op de hoogtekkaart is zichtbaar dat aan de westzijde van het Tsjûkemar sprake is van een polder met een maaiveld tot circa NAP -1,40 a 1,50 meter. Het tracé ligt ten noordwesten van het Tsjûkemar op zandgronden.

Het overstromingsrisico ten westen van het Tsjûkemar is kleiner in vergelijking met de oostzijde. Bij een overstroming met een kans van 1/100 jaar staat deze locatie 0,5 tot 1 m onder water. Bij een zeer kleine kans is sprake van een waterdiepte van maximaal 1,7 meter.

3.7.3 Analyse Tsjûkemar oostelijk tracé

Ten oosten van het Tsjûkemar is eveneens een dik veenpakket aanwezig, echter is dit met een ruime meter (tot 130 cm) minder dik dan aan de westzijde van het meer. Mede daarom worden aan deze zijde van het meer minder zettingen verwacht; voornamelijk zijn de te verwachte zettingen aan de oostkant van het Tsjûkemar hoog en bedragen tot 2100 meer dan 60 centimeter.

Door de aanwezigheid van het veenpakket moet er rekening gehouden worden met het niet afwentelen van zettingen op de toekomstige gebruikers en een peilopzet van 40 tot 20 cm onder maaiveld om te zorgen dat de oxidatie van veen vertraagd wordt. Daarbij moet de aanvoer van gebiedsvreemd water worden beperkt vanwege de belasting van dit gebiedsvreemde water met onder andere nutriënten wat niet gewenst is voor de voedselarme condities in het natuurgebied.

Ten oosten van het Tsjûkemar zijn de veenpolders veel dieper dan aan de westkant. Vanuit Wetterskip Fryslan is een deel van het areaal aangemerkt als 'diepe veenpolders' waar waterpeilen opgezet kunnen worden tot boven maaiveld (Fryslân Klimaatbestending 2050+, 2023). Het hele tracé ten oosten van het Tsjûkemar bevindt zich in deze zone. Hier moet dus over het hele traject rekening gehouden worden met water op het maaiveld, voornamelijk in de diepste delen. Er zijn hier delen aanwezig die 2,5 m onder NAP liggen en daarmee een verhoogd risico hebben op langdurige wateroverlast. Ter plaatse is al een aanzienlijk veenpakket verdwenen en moet hier niet alleen rekening gehouden worden met vernatting tot aan maaiveld, maar ook met berging op het maaiveld.

Ten oosten van het Tsjûkemar is sprake van een maximale overstromingsdiepte van circa 2 tot 2,2 m die zich voordoet ter plaatse van de diepere delen van de diepe veenpolders.

Conclusie

Zowel het westelijke als het oostelijke tracé om het Tsjûkemar kent vanuit het functioneren van het water- en bodemsysteem beperkingen, waarbij als gevolg van de slappe bodem sprake is van grote bodemdaling (> 60 cm). Langs de westzijde is sprake van een relatief korte doorsnijding (4 km) van veenpolders in vergelijking met de oostzijde (circa 11 km). Ten westen van het meer is de veenlaag nog relatief dik, terwijl aan de oostzijde van het meer al veel zettingen zijn opgetreden door veenoxidatie. Het feit dat er sprake is van diepe veenpolders aan de oostzijde en de inzet als reserveringszone voor de peilopzet, geeft ook vanuit de optredende waterpeilen beperkingen voor de aanleg van de Lelylijn. Met dat in het achterhoofd is het vanuit 'water en bodem sturend' logisch om de spoorlijn strak langs de A6 door het Tsjûkemar te leggen. Dit is namelijk de kortste route langs een traject waar al de nodige activiteit is geweest. Dit vraagt wel om een extra aandachtspunt, dat zou namelijk betekenen dat de spoorlijn aangelegd wordt door NNN-areaal en een KRW-waterlichaam. Dit kan echter wel tot een extra versnippering van het systeem opleveren als de spoorlijn niet tegen de snelweg aangelegd wordt. Vanuit het functioneren van het water- en bodemsysteem mogen er geen negatieve effecten op de biodiversiteit optreden, en vanuit de KRW mag er geen (tijdelijke) achteruitgang van de waterkwaliteit optreden.



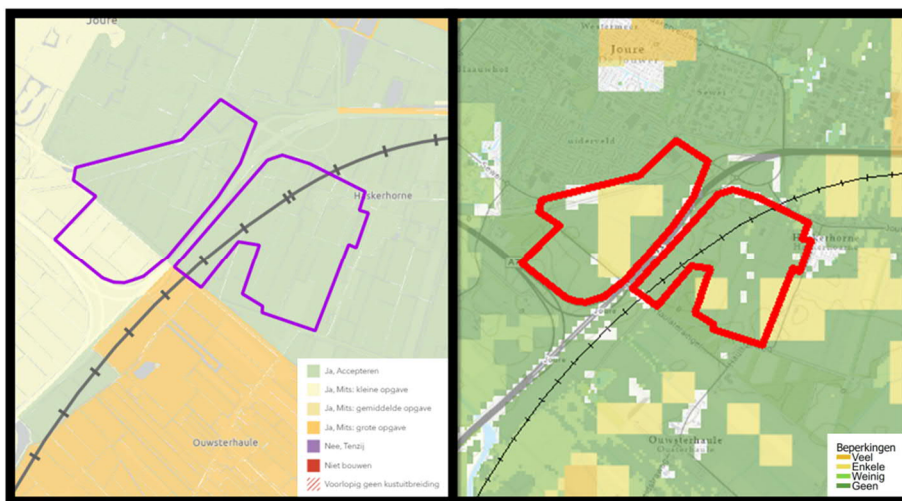
Figuur 20 - Impressie van het Tsjûkemar

3.8 Joure

Het bundelingstracé van de Lelylijn buigt ten zuiden van Joure af in oostelijke richting, daarbij is een woningbouwopgave voorzien. Omdat Joure centraal langs het bundelingstracé van de Lelylijn ligt, nemen we deze locatie ook mee in de analyse.



Figuur 21 - Uitsnede kaart locatie Joure met daarin de contouren van de woningbouw



Figuur 22 - Sturingskaart WABOS (links) en Geschiktheidskaart Op Waterbasis (rechts)

De sturingskaart in Figuur 22 geeft een samenvattend beeld waar er in Nederland goed gebouwd kan worden en of er sprake is van een opgave vanuit het water- en bodemsysteem.

De geschiktheidskaart in Figuur 22 voor stedelijke ontwikkeling, zoals opgenomen in 'Op Waterbasis', laat zien dat er in dit gebied sprake is van enkele (geel) tot weinig (groen) beperkingen voor stedelijke ontwikkelingen.

3.8.1 Toelichting kenmerken van water en bodem

Water

- Relatief hoog maaiveldniveau van 0,5 tot 1 m onder NAP.
- Deze hoge delen zijn enigszins kwetsbaar voor droogte door de aanwezigheid van de zandgronden.
- De twee deelgebieden grenzen aan de diepe veenpolders waar rekening moet worden gehouden met water op maaiveld om tegendruk te bieden aan grondwaterstroming vanaf hogere gronden (bron: Fryslân klimaatbestendig 2050+, versie 20 juli 2023, Wetterskip Fryslân).
- Door het hogere maaiveld is het overstromingsrisico beperkt, is er op deze locatie geen waterveiligheidsopgave en zijn de gevolgen van peilopzet in diepe veenpolders beperkt.

Bodem

- De woningbouwlocatie bestaat uit zandgronden met restanten van veen. Deze zandgronden variëren van sterk tot zwak lemig;
- Er is sprake van bodemdaling van 10 tot 20 cm tot 2100.
- Het woningbouwgebied grenst aan een diepe veenpolder.

3.8.2 Analyse Joure

Door de aanwezigheid van de zandgronden is bodemdaling op deze locatie beperkt. Echter is er door de aanwezige veenaders nog wel sprake van zetting van 10 tot 20 cm tot 2100.

De diepe veenpolders waar de gebieden aan grenzen, maken deel uit van gebieden waar in de toekomst mogelijk vernat wordt en waar sprake kan zijn van water op maaiveld, maar mogelijk ook vernatting om oxidatie van veen te beperken. De invloed hiervan zal, gezien de hoge ligging, beperkt zijn. Weliswaar zal wegzijging naar deze gebieden mogelijk minder zijn, waardoor wel rekening moet worden gehouden met uitstralingseffecten.

Binnen het gebied bevinden zich delen van het gebied die behoren tot de 10% laagste delen van een afwateringsgebied/polder. In deze gebieden verzamelt het water zich tijdens de piekbelastingen van het watersysteem. Ook na realisatie van woningbouw moet rekening worden gehouden met de regionale opvang van overtollig water, naast de opvang van neerslag in de nieuwbouwlocatie.

Het hele gebied ligt relatief hoog, waardoor er op deze locatie geen rekening hoeft te worden gehouden met een waterveiligheidsopgave, met uitzondering van de situaties met een hogere zeespiegel of een hoger IJsselmeerpeil is sprake van een beperkt beïnvloedingsgebied.

3.8.3 Handelingsperspectief Joure

Vanuit water en bodem kan op de volgende manieren worden omgegaan met de kenmerken van water en bodem en de gevolgen van klimaatverandering:

- Houd rekening met zettingen in de ondergrond tot 10 tot 20 cm tot 2100 en wentel de gevolgen niet af in tijd, ruimte en kosten. Met andere woorden, de woningen en infrastructuur moeten zo aangelegd worden dat zettingen tijdens de gebruiksfase zoveel mogelijk verwaarloosbaar worden. Dit kan worden gedaan door extra belasting in de bouwrijpmaak-fase en verticale drainage waardoor zettingen versneld optreden.
- Houd rekening met water op maaiveld om tegendruk te bieden aan grondwaterstroming vanaf hogere gronden.
- Zorg bij de inrichting van het gebied dat er in het watersysteem ruimte is om de gevolgen van extreme neerslag op te vangen in de 5 – 10% laagste delen.
- Het is van belang dat vaarten en nabijgelegen primaire watergangen hun aan- en afvoercapaciteit behouden, ook in toekomstige klimaatscenario's waarbij ook voldoende ruimte moet zijn voor landwaterovergangen vanuit het belang van een goede ecologische waterkwaliteit.
- Voorkom onnodige bodemafdekking en zorg voor voldoende sponswerking en biodiversiteit in de bodem.
- Houd in het zuidoostelijke deel rekening met de aanwezigheid van archeologische waarden (hoge trefkans).
- Voorkom bodemverstoring door ontgraving en, indien ontgraving niet kan worden voorkomen, zorg dan voor hoogwaardig hergebruik van grond.
- Pas bij woningbouwplannen de maatlat voor een klimaatadaptieve en natuurinclusieve bebouwde omgeving toe.

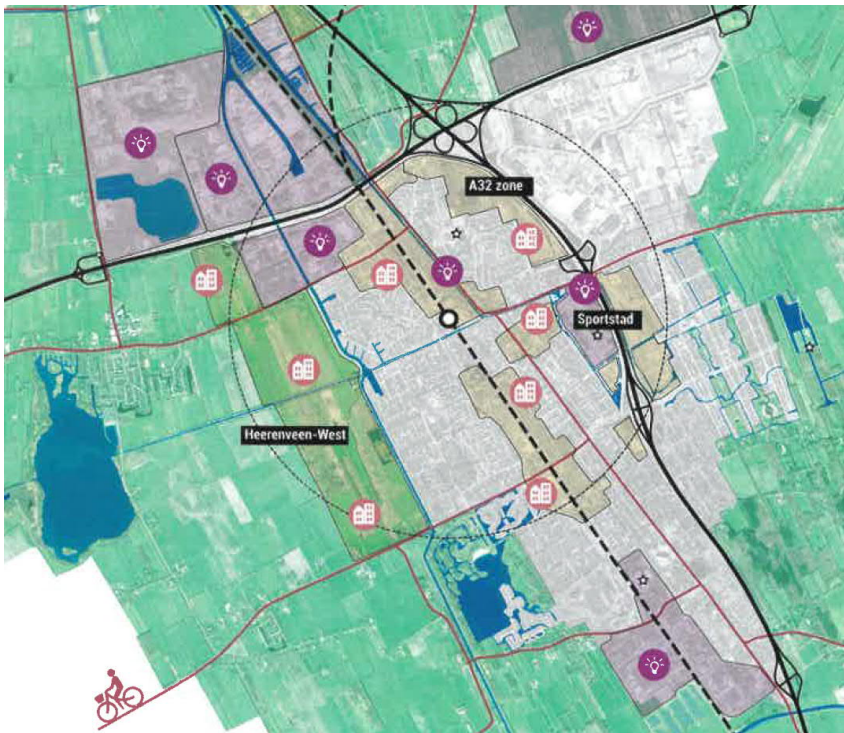
Conclusie

Vanuit het functioneren van het water- en bodemsysteem zijn op deze locatie een aantal aandachtspunten voor de ontwikkeling van woningbouw. De gevolgen voor water op maaiveld door de peilopzet in de omgeving of door overstromingsrisico zijn beperkt als gevolg van de hoge ligging van het maaiveld. De lage delen van de twee plangebieden functioneren nu als opvang voor waterberging. Hier moet rekening mee worden gehouden bij de ontwikkeling van woningbouw, en de huidige ruimte moet gereserveerd worden voor regionale berging van neerslag. Daarnaast moet rekening gehouden worden met zettingen van 10 tot 20 cm tot 2100.

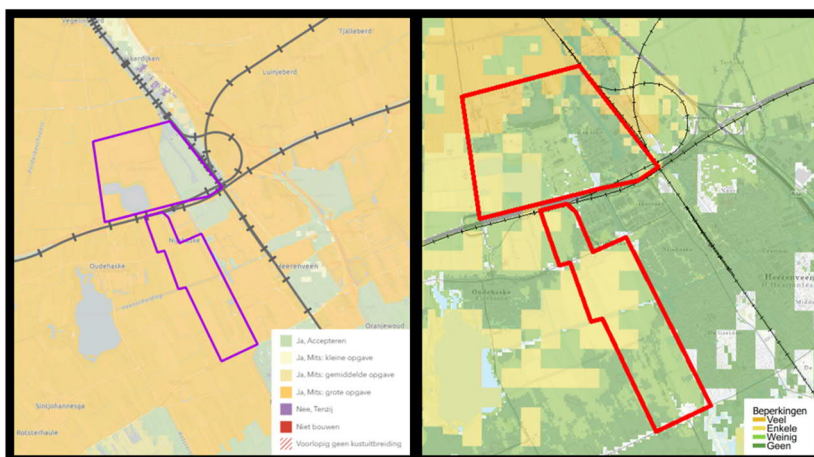
Voor deze locatie is een gebied met een bruto oppervlak van 182 ha omkaderd. Hierbinnen is circa 14 ha bestaande infrastructuur en bebouwing aanwezig. Voor de regionale waterberging, het boezemstelsel en de waterkeringen is circa 16 ha gereserveerd. Aanvullend zal voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag in bebouwd gebied voldoende water of andere vormen van opvang (ook lager gelegen groen) aanwezig moeten zijn. Een oppervlakte van 10% (circa 15 ha) is een robuuste maat voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag. De overige ruimte van 138 ha is dan beschikbaar voor voorzieningen, woningen en dergelijke.

3.9 Heerenveen

Het bundelingstracé van de Lelylijn doorkruist Heerenveen en zowel ten noordwesten als ten westen van Heerenveen is uitbreiding in de vorm van bedrijventerreinen en woningbouw voorzien. Heerenveen ligt op een overgangsgedebied van diepe veenpolders naar hogere delen en kent veel verschillen in aandachtspunten vanuit het water- en bodemsysteem.



Figuur 23 - Uitsnede kaart locatie Heerenveen met daarin de contouren van de woningbouw



Figuur 24 - Sturingskaart WABOS (links) en Geschiktheidskaart Op Waterbasis (rechts)

De sturingskaart in Figuur 24 geeft een samenvattend beeld waar er in Nederland goed gebouwd kan worden en of er sprake is van een opgave vanuit het water- en bodemsysteem. In dit geval is op de linkerkaart sprake van een grote opgave.

De rechter geschiktheidskaart in Figuur 24 voor stedelijke ontwikkeling, zoals opgenomen in 'Op Waterbasis', laat zien dat er in dit gebied sprake is van veel (oranje) tot voor het grootste deel weinig (groen) beperkingen voor stedelijke ontwikkelingen.

3.9.1 Toelichting kenmerken van water en bodem

Water

- De woningbouwlocaties ten westen en noordwesten liggen ter plaatse van de diepe veenpolders, waardoor rekening moet worden gehouden met de peilopzet tot aan maaiveld of zelfs tot boven maaiveld om tegendruk te bieden aan grondwaterstroming vanaf hogere gronden (bron: Fryslân klimaatbestendig 2050+, versie 20 juli 2023, Wetterskip Fryslân).
- De lagere delen van deze locaties vervullen nu al een functie voor de opvang van neerslag en deze ruimte zal gecompenseerd moeten worden naast reservering van voldoende ruimte voor de opvang van neerslag die tot afstroming komt ter plaatse van deze woningbouwlocaties.
- De overstromingsdiepte ter plaatse van deze bouwlocaties is bij een extreem kleine kans sprake van maximaal 0,5 meter tot plaatselijk 1,2 m waterdiepte.
- Ter plaatse van de regionale keringen moet met vanwege toekomstige versterkingen rekening worden gehouden met een zone van 30 m waarin rekening wordt gehouden met een toekomstige versterking van de waterkeringen.
- Deze relatief hoge delen zijn enigszins kwetsbaar voor droogte.
- Door het relatief hogere maaiveld is het overstromingsrisico beperkt en is er op deze locatie geen waterveiligheidsopgave.

Bodem

- Bij de woningbouwlocatie en het bedrijventerrein ten noordwesten van Heerenveen is sprake van veen in de ondergrond, waardoor rekening moet worden gehouden met zetting van 10 tot 20 cm tot 2100 in de minder laag gelegen delen. In het noordwestelijke bedrijventerrein moet tot 2100 rekening worden gehouden met daling van 40 tot 60 centimeter.

3.9.2 Analyse Heerenveen

Alleen in het meest noordwestelijke deel van de beoogde uitbreidingslocaties is sprake van 40 tot 60 cm bodemdaling tot 2100. In een groot deel van het uitbreidingsgebied voor woningbouw is sprake van 10 tot 20 cm bodemdaling tot 2100.

Het gebied ten westen en noordwesten van Heerenveen maakt deel uit van de diepe veenpolders. Hier is door oxidatie van veen sprake van lager gelegen polders waar in de toekomst rekening moet worden gehouden met de opzet van waterpeilen tot boven maaiveld om tegendruk te bieden aan grondwaterstroming vanaf de hoger gelegen gronden.

In en nabij het gebied is naar verwachting sprake van mogelijk hogere waterpeilen als gevolg van beperking van de afwatering tot circa 10 à 20 cm boven NAP.

In het gebied is sprake van delen die benut worden voor regionale waterberging. De 10% laagste delen van deze polders moeten worden gereserveerd voor berging van neerslag.

De waterveiligheidsopgave in dit gebied is beperkt als gevolg van de geringe overstromingsdiepte van 0,5 tot maximaal plaatselijk 1,2 meter.

Bij ontwikkelingen in dit gebied moet rekening worden gehouden met vernatting, de opvang van regionale neerslag en bodemdaling, waardoor ontwikkeling van dit gebied uitdagend is.

3.9.3 Handelingsperspectief Heerenveen

Vanuit water en bodem kan op de volgende manieren worden omgegaan met de kenmerken van water en bodem en de gevolgen van klimaatverandering:

- Houd rekening met zettingen in de ondergrond van plaatselijk 40 tot 60 cm en over een groter gebied tot 20 cm in 2100. Wentel de gevolgen niet af in tijd, ruimte en kosten. De woningen, bedrijven en infrastructuur moeten zo aangelegd worden dat zettingen tijdens de gebruiksfase zoveel mogelijk verwaarloosbaar worden.
- Maak gebruik van de hoogteverschillen en lijnelementen, zoals waterkeringen, door op de hogere delen te bouwen en de lagere delen ruimte te reserveren voor waterberging en groenblauwe dooradering. Reserveer de laagste delen van het gebied voor waterberging. Omdat deze geconcentreerd in het gebied liggen, leent zich dit voor een bundeling met groen en een groenblauwe dooradering van het gebied.
- Het is van belang dat vaarten en nabijgelegen primaire watergangen hun aan- en afvoercapaciteit behouden, ook in de toekomstige klimaatscenario's waarbij ook voldoende ruimte moet zijn voor landwaterovergangen vanuit het belang van een goede ecologische waterkwaliteit.
- Houd 30 m ruimte vrij voor de toekomstige versterking van regionale keringen (Deltares, Bodem en water als basis, beslisregels, onderbouwing en kartering, 2022).
- Voorkom onnodige bodemafdekking en zorg voor voldoende sponswerking en biodiversiteit in de bodem, dit kan goed meegekoppeld worden met de groenblauwe dooradering van Heerenveen.
- Voorkom bodemverstoring door ontgraving en, indien ontgraving niet kan worden voorkomen, zorg dan voor hoogwaardig hergebruik van grond.
- Pas bij woningbouwplannen de maatlat voor een klimaatadaptieve en natuurinclusieve bebouwde omgeving toe.

Conclusie

Vanuit het functioneren van het water- en bodemsysteem is dit een locatie waar – door de aanwezigheid van de diepe veenpolders – rekening moet worden gehouden met water op maaiveld. Daarnaast moet de geconcentreerd in dit gebied aanwezige regionale berging worden behouden. Ook de bodemdaling dient mee te worden genomen in de plannen. De aanleg van bedrijven en woningbouw is hier mogelijk, mits rekening wordt gehouden met de vernatting van diepe veenpolders en reservering voor waterberging. Het gebied leent zich



Figuur 25 - Impressie van drijvend bouwen

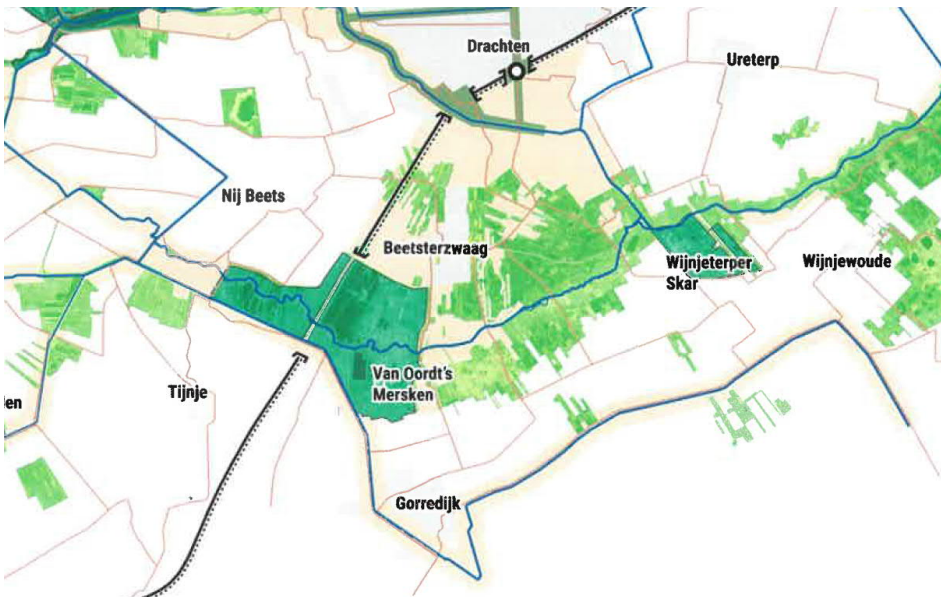
dan vooral voor een inrichting met een geringe dichtheid en een (periodiek) waterrijk karakter.

Voor de woningbouw ten westen van Heerenveen is een gebied met een bruto oppervlak van 222 ha omkaderd. Hierbinnen is

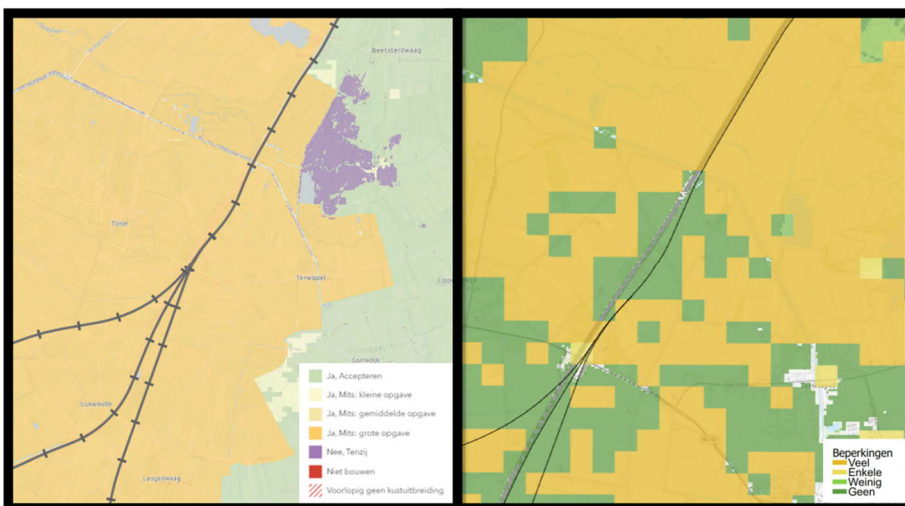
circa 19 ha bestaande infrastructuur en bebouwing aanwezig. Voor regionale de waterberging, het boezemstelsel en de waterkeringen is circa 47 ha gereserveerd. Aanvullend zal voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag in bebouwd gebied voldoende water of andere vormen van opvang (ook lager gelegen groen) aanwezig moeten zijn. Een oppervlakte van 10% (circa 16 ha) is een robuuste maat voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag. De overige ruimte van 140 ha is dan beschikbaar voor voorzieningen, woningen en dergelijke.

3.10 Van Oordt's Mersken

Het tracé doorkruist het Natura 2000-gebied Van Oordt's Mersken. Vanuit het functioneren van het water- en bodemsysteem zijn hier unieke uitdagingen door de aanwezigheid van natuur en ten zuiden daarvan diepe veenpolders, die in deze analyse bekeken worden. De diepe veenpolder ten zuiden van de kruising met van Oordt's Mersken wordt gebruikt als voorbeeldlocatie voor de diepe veenpolders langs het tracé. Daarom worden op basis van deze veenpolder ook algemene conclusies getrokken voor andere diepe veenpolders.



Figuur 26 - Uitsnede kaart tracé nabij Van Oordt's Mersken



Figuur 27 - Sturingskaart WABOS (links) en Geschiktheidskaart Op Waterbasis (rechts)

De sturingskaart in Figuur 27 geeft een samenvattend beeld waar er in Nederland goed gebouwd kan worden en of er sprake is van een opgave vanuit het water- en bodemsysteem. In dit gebied is sprake van (oranje) een grote opgave.

De geschiktheidskaart in Figuur 27 voor stedelijke ontwikkeling, zoals opgenomen in 'Op Waterbasis', laat zien dat er in dit gebied sprake is van veel (oranje) tot weinig (groen) beperkingen voor stedelijke ontwikkelingen.

3.10.1 Toelichting kenmerken van water en bodem

Water

- Vanuit de oostelijk gelegen hoge zandrug en het aangrenzende beekdal stroomt grondwater in westelijke richting naar de lager gelegen diepe veenpolders.
- De stroming in het beekdal van het Âlddijp is haaks op het tracé van de Lelylijn.
- Het natuurgebied betreft een N2000-gebied en bevat een KRW-waterlichaam.
- In de diepe veenpolders wordt overwogen om in de toekomst het waterpeil op te zetten om tegendruk te bieden aan de grondwaterstroming in hogere delen, zoals in het stroomgebied van het Âlddijp en Van Oordt's Mersken. Daarnaast kunnen de diepe veenpolders in de toekomst mogelijk worden ingezet voor de berging van neerslagoverschot in de winter (Wetterskip Fryslân, Fryslân klimaatbestendig 2050+).
- Ter plaatse van het tracé is sprake van een maximale overstromingsdiepte van 0,5 m ter plaatse van Van Oordt's Mersken en tot circa 1,0 m in de diepe veenpolder ten zuiden hiervan.
- Het natuurgebied en de diepe veenpolder worden van elkaar gescheiden door de Nije Feart, een boezem met daaromheen een regionale kering.

Bodem

- Het natuurgebied heeft een maaiveldhoogte van ongeveer 0,5 m onder NAP.
- Er is in het natuurgebied een relatief dik veenpakket aanwezig, ten opzichte van de omgeving met een dikte van tussen de 50 en 100 cm dik. Hier kunnen tot 2100 in delen sterke zettingen verwacht worden, van meer van 60 centimeter.
- De diepe veenpolder bestaat uit een relatief dunne veenlaag van ongeveer 20 centimeter. Maar het betreft een diep gedeelte van Fryslân, de diepe veenpolder ligt 1,5 tot 2 m onder NAP.
- De bodemopbouw is divers met verschillende storende lagen. Hierdoor kan de aanleg van de Lelylijn van invloed zijn op de grondwater-stroming vanaf het Drents Plateau in westelijke richting.

3.10.2 Analyse Van Oordt's Mersken – natuurgebied

Vanuit het functioneren van het water- en bodemsysteem is het de bedoeling om meer water vast te houden in de beekdalen. De afwatering vindt van oudsher via het beekdal van het Âlddijp plaats, maar door inklinking van de diepe veenpolders en de als gevolg daarvan diepe ligging stroomt ook veel grondwater naar deze diepe veenpolders. Het bundelingstracé van de Lelylijn heeft bij een verdiepte ligging een groot verstoringseffect op deze grondwaterstroming vanuit het beekdal. Deze stroming is karakteristiek voor dit gebied en vormt de aanwezige natuur. In een dergelijke omgeving kan de peilopzet in diepe veenpolders extra belangrijk zijn voor systeemherstel.

Daarnaast raakt het gebied aan droogtegevoelige gebieden; ten noordwesten van het natuurgebied liggen hoge zandruggen, dit gebied heeft een lage GLG en door de hoge doorlaatbaarheid van de ondergrond treedt er veel wegzijging op.

Het gebied is erg zettingsgevoelig door het aanwezige veenpakket. Als hier een deel van de Lelylijn aangelegd wordt, moet er rekening gehouden worden met zettingen van meer dan 60 centimeter. Tevens heeft het gebied door de aanwezige natuur en kwalificatie als N2000-gebied een hoge aanwezige biodiversiteit.

Ter plaatse is sprake van enige overstroming, van vooral de diepe veenpolders, maar ook in Van Oordt's Mersken moet rekening worden gehouden met een waterdiepte van 0,5 m boven maaiveld.

3.10.3 Analyse Van Oordt's Mersken diepe veenpolder

De diepe veenpolder ten zuiden van Van Oordt's Mersken is minder gevoelig voor bodemdaling. Als gevolg van de oxidatie en afgraving van veen is er al veel veen verdwenen en is de ligging van het maaiveld al veel lager. Voor deze diepe veenpolder moet rekening worden gehouden met de peilopzet om tegendruk te bieden aan grondwaterstroming vanuit hoger gelegen gebieden. Mogelijk is de inzet van diepe veenpolders in de toekomst ook nodig voor berging van overtollig water uit de Friese Boezem.

Voor het nog wel aanwezige veen is het wel belangrijk om het veen nat te houden, daarom moet rekening gehouden worden met een peilopzet tot 40 of 20 cm onder maaiveld, maar de peilopzet die voorzien is tot boven maaiveld als tegendruk in grondwaterstroming is hierin maatgevend. Een relatief groot oppervlakte behoort tot de 10% laagste delen van een watersysteem waar neerslag tijdelijk wordt geborgen in het watersysteem. Door de lage ligging moet in de diepe veenpolder ten zuiden van Van Oordt's Mersken rekening worden gehouden met maximaal 1 m waterdiepte op maaiveld bij een overstroming met een extreem kleine kans.

Er is in de diepe veenpolders vanuit verschillende invalshoeken sprake van opzet van peilen tot op maaiveld of hoger.

3.10.4 Handelingsperspectief

Vanuit water en bodem kan op de volgende manieren worden omgegaan met de kenmerken van water en bodem en de gevolgen van klimaatverandering:

- Voorkom zettingen in de ondergrond in het natuurgebied; voor het behoud van de huidige grondwaterstromen en daarmee de huidige natuurwaarden.
- Houd rekening met de gevolgen van extreme neerslag door de 5 – 10% laagste delen te reserveren als ruimte voor opvang van neerslag.
- Vanuit het watersysteem is vernatting van zowel de diepe veenpolders als Van Oordt's Mersken een belangrijke schakel in het vasthouden van water in de hoger gelegen gebieden ten oosten van deze locatie.
- Houd rekening met de invloed op de drinkwateronttrekking die nabij Luxwoude aanwezig is. Voorkom negatieve beïnvloeding van de waterkwaliteit en verstoring van de toestroom van water in de omgeving.

- Daarnaast moet bij de aanleg van de Lelylijn rekening worden gehouden met de haaks op het tracé gerichte grondwaterstroming die bij een eventuele verdiepte ligging kan worden belemmerd. Inzicht in de grondwaterstroming is van belang om risico's goed te kunnen inschatten.
- Voorkom bodemverstoring door ontgraving en, indien dit niet voorkomen kan worden, zorg in dat geval voor hoogwaardig hergebruik van grond.
- Het gebied is erg belangrijk voor biodiversiteit, daarom mag de biodiversiteit niet verstoord worden.

Conclusie

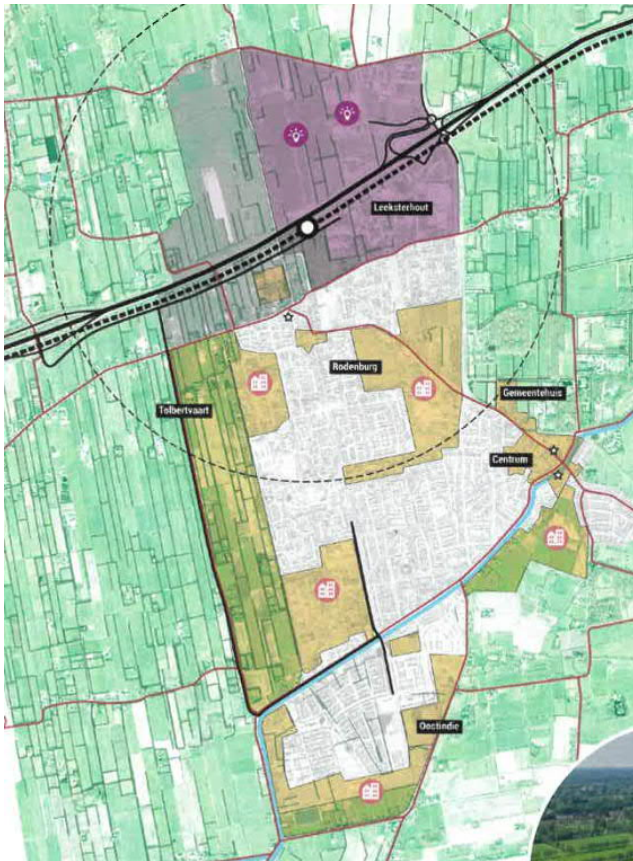
Vanuit het functioneren van het water- en bodemsysteem is een meer natuurlijke werking van het water- en bodemsysteem belangrijk, vanwege het natuurlijke karakter van het beekdal en de daaraan gekoppelde waarden (N2000, NNN, KRW-doelstellingen) en de centrale ligging op de overgang van de diepe veenpolders naar de hoge zandgronden ten oosten van het tracé. De grondwaterstroming is belangrijk voor het functioneren van het watersysteem, ook regionaal, en moet daarom mogelijk blijven waardoor een tunnelbak met invloed op het grondwatersysteem een uitdaging wordt om ingepast te krijgen. Daarnaast is het gebied ook hoog zettingsgevoelig. De waterhuishouding in de diepe veenpolders staat min of meer in dienst van deze waarden, zoals verwoord in 'Fryslân klimaatbestendig 2050+'. Bij het ontwerp van de Lelylijn dient daar rekening mee te worden gehouden, zoals bij de peilopzet, vernatting en berging bij extreme neerslag.



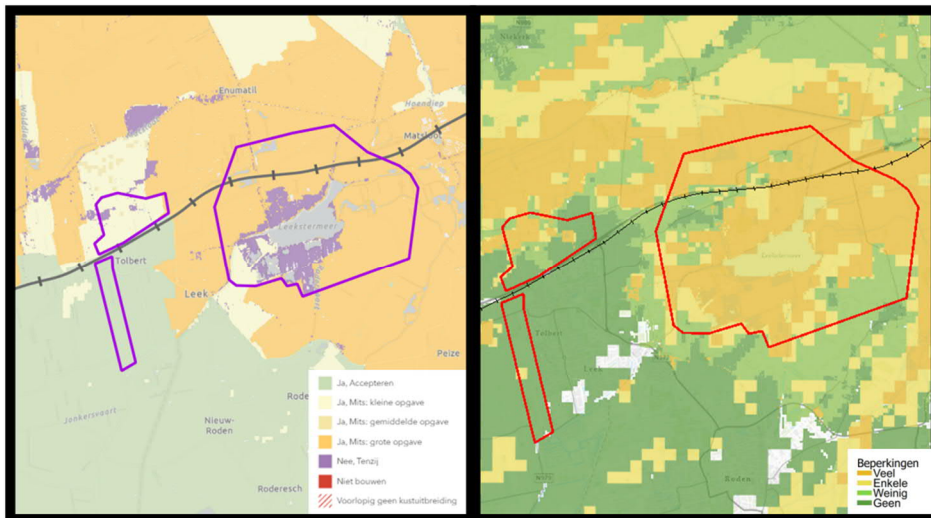
Figuur 28 - Impressie Van Oordt's Mersken

3.11 Leek/Leekstermeer

De locatie Leek wijkt af van de andere locaties vanwege de hogere zandopduiking en aansluitend daarop het aanwezige veengebied ter hoogte van het Leekstermeer. Vanuit het functioneren van het water- en bodemsysteem is dit een interessante locatie door de aanwezigheid van hoge zandgronden rondom Leek, in combinatie met de aanwezigheid van dikke veenpakketten rondom het Leekstermeer.



Figuur 29 - Uitsnede kaart locatie Leek met daarin de contouren van de woningbouw ten westen en een ontwikkelingslocatie voor bedrijven ten noorden van de kern



Figuur 30 - Sturingskaart WABOS (links) en Geschiktheidskaart Op Waterbasis (rechts)

De sturingskaart in Figuur 30 geeft een samenvattend beeld waar er in Nederland goed gebouwd kan worden en laat zien dat er rond Leek sprake is van mogelijkheden en een kleine opgave, terwijl nabij het Leekstermeer sprake is van een grote opgave vanuit het water- en bodemsysteem.

De geschiktheidskaart in Figuur 30 voor stedelijke ontwikkeling, zoals opgenomen in 'Op Waterbasis', laat zien dat er in dit gebied sprake is van veel (oranje) tot weinig (groen) beperkingen voor stedelijke ontwikkelingen.

3.11.1 Toelichting kenmerken van water en bodem

Water

- Rondom Leekstermeer moet rekening gehouden worden met peilopzets tot 40 cm of zelfs 20 cm onder maaiveld. Deze vernatting moet ervoor zorgen dat de oxidatie van veen zo veel beperkt wordt.
- In het Ontwikkelperspectief voor de regio Groningen-Assen (Regio Groningen-Assen, 2023) is de zone tussen Groningen en Leek als een belangrijke groenblauwe noord-zuid gerichte corridor aangegeven. Deze zone is belangrijk voor de afvoer en aanvoer van water en sluit aan bij een meer natuurlijke inrichting in en rond dit gebied.
- Ten noordwesten van Leek is sprake van een overstromingsdiepte van maximaal 0,5 en ter plaatse van het tracé van de Lelylijn ter hoogte van het Leekstermeer is sprake van een overstromingsdiepte van maximaal 1 tot plaatselijk 1,7 meter.
- De directe omgeving van het Leekstermeer behoort tot de 10% laagste gebieden van het peilgebied.
- Ten westen en noordwesten van Leek is sprake van een zandige ondergrond waarbij ook leem voorkomt. Hierdoor is de bovenlaag minder goed doorlatend met als gevolg dat o.a. rond de Tolbertervaart tijdens neerslag sprake is van wateroverlast en een drassige bodem.
- Ondanks de periodiek natte situatie tijdens neerslag is in droge perioden sprake van lage grondwaterstanden en treedt wegzijging op. Het gebied rondom Leek is daarom ook droogtegevoelig; wateraanvoer is hier niet goed mogelijk.
- Het Leekstermeer is aangemerkt als N2000-gebied en KRW-waterlichaam.

Bodem

- Rondom Leekstermeer liggen flinke pakketten veen met delen tussen de 120 en 200 cm dikte.
- Ten westen van Leek is zeer beperkt sprake van bodemdaling van 3 – 10 cm tot 2100, terwijl ten noorden van Leek plaatselijk sprake is van meer dan 60 cm tot 2100.
- Waar het tracé van de Lelylijn langs het gebied met Leekstermeer doorkruist, is sprake van 40 tot 60 cm bodemdaling tot 2100.
- Rondom Leek bevinden zich voornamelijk hoge zandgronden, maar op sommige stukken is ook leem aanwezig in de ondergrond.
- In en rond Leek en ter plaatse van het tracé van de Lelylijn is sprake van archeologische waarden (middelhoge tot hoge trefkans).

3.11.2 Analyse Leek en Leekstermeer

Door de hoge zandgronden die rondom Leek aanwezig zijn, is hier sprake van een geringe bodemdaling, behoudens de locaties ter plaatse van de veenaders. Tegelijk zorgt deze zandgrond er voor dat het gebied gevoelig is voor droogte, de GLG is relatief laag en er treedt wegzijging op naar de nabij gelegen lagere gronden. Door de hogere ligging van Leek zijn hier geen gronden die een functie vervullen in regionale berging van neerslag. Daarentegen is door het aanwezige leem rondom Leek de ondergrond in de zomer droog, maar heeft het in de winter een verhoogd risico op wateroverlast.

De omgeving van het Leekstermeer is vanuit de werking van het water- en bodemsysteem complexer dan de omgeving van Leek. Rondom het Leekstermeer is een dik veenpakket (van meer dan 120 cm) aanwezig. Hier kunnen daarom ook significante zettingen verwacht worden. Tot aan 2100 worden in het meest extreme scenario tussen de 40 en 60 cm aan zettingen verwacht, en op sommige stukken zelfs meer dan 60 cm aan zettingen. Door de aanwezigheid van het veen moet er ook rekening gehouden worden met vernatting van de ondergrond om oxidatie van het veen te beperken. Het Leekstermeer is onderdeel van een grote groenblauwe corridor die van zuid naar noord loopt en zich uitstrekt van Leek tot Groningen. Deze zone is in het Toekomstperspectief NOVEX Groningen aangemerkt als belangrijke natte zone waarin rekening moet worden gehouden met hogere waterpeilen als gevolg van waterafvoer en verwerking van neerslag die tevens een belangrijke rol vervult voor de watervoorziening in de zomerperiode.

Het gebied ligt al relatief laag, waardoor er bij een 1/100.000 jaar situatie maximaal 1,7 m water kan komen te staan. Daarnaast behoort de zone rondom het Leekstermeer tot de 10% laagste delen van het afwateringsgebied, waardoor er ook in de huidige situatie rekening moet worden gehouden met een verhoogde waterstand als gevolg van hevige neerslag.

3.11.3 Handelingsperspectief Leek en Leekstermeer

Vanuit water en bodem kan op de volgende manieren worden omgegaan met de kenmerken van water en bodem en de gevolgen van klimaatverandering:

- Houd rekening met grote zettingen in de ondergrond rondom het Leekstermeer en wentel de gevolgen niet af in tijd, ruimte en kosten. Met andere woorden, de infrastructuur moet zo aangelegd worden dat zettingen tijdens de gebruiksfase zoveel mogelijk verwaarloosbaar worden.

- Houd rondom het Leekstermeer rekening met de gevolgen van extreme neerslag door de 5 – 10% laagste delen te reserveren als ruimte voor de opvang van neerslag. Het gebied maakt bovendien deel uit van een grote noord-zuid gerichte corridor waarin natuur en water de basis vormen die gebruikt wordt om water vast te houden en in perioden van extreme neerslag water kan bufferen.
- Het is van belang dat vaarten en nabijgelegen primaire watergangen hun aan- en afvoercapaciteit behouden, ook in de toekomstige klimaat-scenario's waarbij ook voldoende ruimte moet zijn voor landwater-overgangen vanuit het belang van een goede ecologische waterkwaliteit.
- Het gebied rondom het Leekstermeer is belangrijk voor biodiversiteit, daarom mag de biodiversiteit niet verstoord worden.
- Rondom het Leekstermeer is in verband met de aanwezigheid van de groenblauwe corridor (Regio Groningen-Assen, 2023) van belang dat rekening wordt gehouden met natte omstandigheden vanwege de verhoogde waterpeilen bij waterafvoer en verwerking van neerslag en wateraanvoer in de zomerperiode. Daarnaast is vanwege de natuurwaarden belangrijk dat de grondwaterstroming niet onderbroken wordt, bijvoorbeeld door het traject op palen te plaatsen.
- Zorg er bij inrichting voor dat het watersysteem rondom Leek bestand is tegen periodes van extreme droogte en watertekorten, bijvoorbeeld door vernatting van de aangrenzende gebieden.
- Houd rekening met het aantreffen van archeologische waarden in de ondergrond (hoge tot middelhoge trefkans).
- Er is een compacte inrichting mogelijk, maar voorkom daarbij zo veel mogelijk bodemafdekking en zorg voor voldoende sponswerking en biodiversiteit in de bodem bij bouwplannen.
- Voorkom bodemverstoring door ontgraving en, indien dit niet voorkomen kan worden, zorg in dat geval voor hoogwaardig hergebruik van grond;
- Pas bij de woningbouwplannen rondom Leek de maatlat voor een klimaat-adaptieve en natuurinclusieve bebouwde omgeving toe.

Conclusie

Vanuit het functioneren van het water- en bodemsysteem is de omgeving ten westen en noordwesten van Leek voor woningbouw een logische locatie, ondanks de aanwezigheid van leem in de ondergrond. Er gelden weinig beperkingen. Vanuit het perspectief van water vasthouden is het belangrijk dat de bodemafdekking wordt beperkt en de sponswerking van de bodem wordt benut, vooral ook omdat de mogelijkheden voor wateraanvoer beperkt zijn. Er worden weinig zettingen verwacht.

Voor de woningbouw Tolbertvaart (aan de westzijde van Leek) is een gebied met een bruto oppervlak van 138 ha omkaderd. Hierbinnen is circa 29 ha bestaande infrastructuur en bebouwing aanwezig. Voor regionale waterberging is circa 26 ha gereserveerd. Aanvullend zal voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag in bebouwd gebied voldoende water of andere vormen van opvang (lager gelegen terreinen) aanwezig moeten zijn. Een oppervlakte van 10% (circa 8 ha) is een robuuste maat voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag. De overige ruimte van 74 ha is dan beschikbaar voor voorzieningen, woningen en dergelijke.

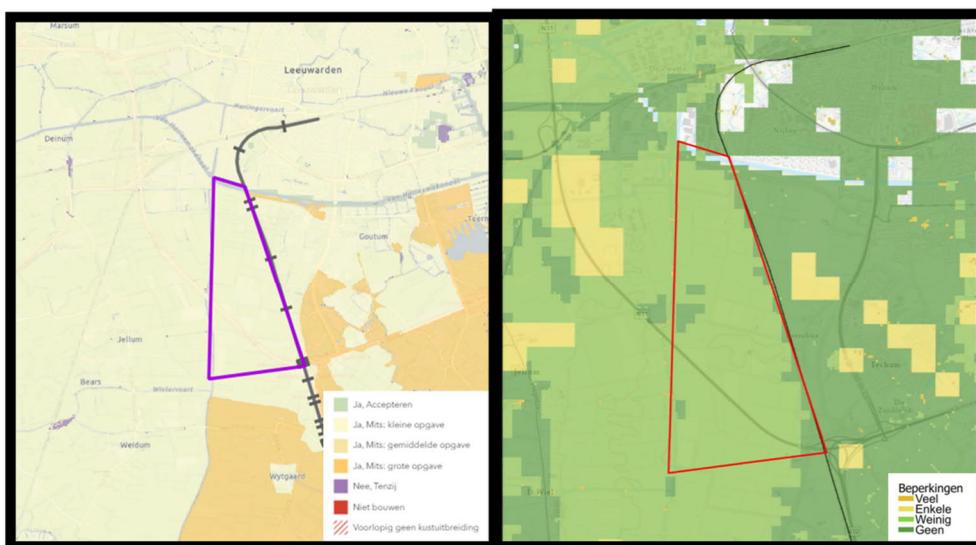
Rondom het Leekstermeer brengt het spoortracé uitdagingen met zich mee door zettingen door het aanwezige veen en de hoge waterstanden. De noord-zuid gerichte corridor waar het Leekstermeer onderdeel van is, vormt een belangrijke corridor met natte omstandigheden die ook in de toekomst belangrijk is voor de verwerking van een neerslagoverschot en in droge periode voor wateraanvoer.

3.12 Leeuwarden

In Leeuwarden is een woningbouwlocatie voorzien nabij de Lelylijn. Deze locatie is geselecteerd om ook voor deze verbinding van de Lelylijn een compleet beeld te krijgen van het gebied wat door de Lelylijn wordt doorkruist.



Figuur 31 - Uitsnede kaart locatie Leeuwarden met daarin aan de westzijde van het spoor de contouren van de woningbouw



Figuur 32 - Sturingskaart WABOS (links) en Geschiktheidskaart Op Waterbasis (rechts)

De sturingskaart in Figuur 32 geeft een samenvattend beeld waar er in Nederland goed gebouwd kan worden en of er sprake is van een opgave vanuit het water- en bodemsysteem. In dit geval is er sprake van een eenvoudige opgave.

De geschiktheidskaart in Figuur 32 voor stedelijke ontwikkeling, zoals opgenomen in 'Op Waterbasis', laat zien dat er in dit gebied sprake is van weinig (groen) beperkingen voor stedelijke ontwikkelingen.

3.12.1 Toelichting kenmerken van water en bodem

Water

- Een maaiveldniveau van net onder NAP tot 0,5 m boven NAP.
- De lage centrale deel is gevoelig voor hevige neerslag en zal bij een overstroming met een zeer kleine kans overstromen met een diepte tot maximaal 0 tot 1 meter.
- Langs de westzijde en de zuidoostzijde liggen regionale keringen, waarbij in de toekomst rekening moet worden gehouden met versterking.
- Het boezempeil kan in extreme situatie oplopen tot circa 0,05 m boven NAP.
- Voor het hogere maaiveld is het overstromingsrisico beperkt en is er op deze locatie geen waterveiligheidsopgave.

Bodem

- De woningbouwlocatie bestaat uit kleigronden,
- Alleen in het uiterste zuidoostelijke puntje van het plangebied is sprake van archeologische waarden (hoge trefkans),
- Er is in het noordwestelijke deel tot 2100 sprake van bodemdaling van maximaal 3 tot 10 centimeter.

3.12.2 Analyse Leeuwarden

Door de aanwezigheid van de kleigronden is bodemdaling op deze locatie beperkt.

De relatief vlakke ligging maakt ontwikkeling tot woningbouwlocatie mogelijk. Hierbij moet rekening worden gehouden met de slechte doorlatendheid van de kleigronden en de noodzaak voor goede ontwatering vraagt aanpassing ter plaatse van woningen (bijvoorbeeld door kruipruimteloos te bouwen), tuinen en wegen.

Bij de inrichting van het watersysteem moet rekening worden gehouden met voldoende opvangcapaciteit voor neerslag. De regionale berging in dit gebied is verspreid aanwezig en om die ruimte te behouden dient rekening te worden gehouden met een geringere bebouwingsdichtheid. In beginsel geldt hiervoor dat rekening moet worden gehouden met een ruimtebeslag van 5 tot 10% voor waterberging als aanvulling op de berging die nodig is voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag vanaf nieuw verhard oppervlak.

Er is een kleine kans sprake van een beperkte overstromingsdiepte, waardoor er op deze locatie beperkt rekening hoeft te worden gehouden met een waterveiligheidsopgave.

Het gebied is relatief ongevoelig voor droogte en kan, indien nodig, water vanuit de boezem worden ingelaten.

Langs de boezem liggen regionale keringen waarvoor in de toekomst voldoende ruimte moet zijn voor versterking.

De boezem en andere 'blauwe' verbindingaders vormen ook in de toekomst belangrijke basis voor groenblauwe verbindingen als basis voor een robuust watersysteem met voldoende ruimte voor landwaterovergangen waarmee ook de ecologische waterkwaliteit op peil kan blijven.

3.12.3 Handelingsperspectief Leeuwarden

Op de volgende manieren kan worden omgegaan met de kenmerken van water en bodem in relatie tot de gevolgen van klimaatverandering:

- Houd in het noordwestelijke deel van dit gebied rekening met zettingen in de ondergrond tot 10 cm tot 2100 en wentel de gevolgen niet af in tijd, ruimte en kosten. Met andere woorden, de woningen en infrastructuur moeten zo aangelegd worden dat zettingen tijdens de gebruiksfase zoveel mogelijk verwaarloosbaar worden.
- Zorg bij inrichting van het gebied dat er in het watersysteem ruimte is om de gevolgen van extreme neerslag op te vangen in de 5 – 10% laagste delen. De waterberging kan worden gecombineerd met een groenblauwe dooradering.
- Het is van belang dat vaarten en nabijgelegen primaire watergangen hun aan- en afvoercapaciteit behouden, ook in de toekomstige klimaat-scenario's waarbij ook rekening moet worden gehouden met voldoende ruimte voor landwaterovergangen voor een goede ecologische waterkwaliteit.
- Voorkom onnodige bodemafdekking en zorg voor voldoende sponswerking en biodiversiteit in de bodem.
- Voorkom bodemverstoring door ontgraving en, indien ontgraving niet kan worden voorkomen, zorg dan voor hoogwaardig hergebruik van grond.
- Pas bij woningbouwplannen de maatlat voor een klimaatadaptieve en natuurinclusieve bebouwde omgeving toe.
- Reserveer ruimte van 30 m vanaf de teen van de huidige waterkering voor toekomstige versterking van de waterkering.

Conclusie

Vanuit het functioneren van het water- en bodemsysteem is dit een gebied dat weinig beperkingen kent voor woningbouw. Op enkele delen kunnen er zettingen tot 10 cm optreden, maar – vergeleken met de andere locaties in dit rapport – levert dit naar verwachting weinig problemen op. Door de verspreid aanwezige berging van de 5 – 10% laagste gronden voor regionale berging kan een inrichting van het watersysteem worden gecombineerd met een fijnmazige groenblauwe dooradering met aanvullende capaciteit voor opvang van versneld tot afstroming komende neerslag vanaf nieuw verhard oppervlak.



Figuur 33 - Impressie woningbouw met kleinschalige groenblauwe dooradering

Voor deze locatie is een gebied met een bruto oppervlak van 357 ha omkaderd. Hierbinnen is circa 25 ha bestaande infrastructuur en bebouwing aanwezig. Voor de regionale waterberging, het boezemstelsel en de waterkeringen is circa 43 ha gereserveerd. Aanvullend zal voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag in bebouwd gebied voldoende water of andere vormen van opvang (ook lager gelegen groen) aanwezig moeten zijn. Een oppervlakte van 10% (circa 29 ha) is een robuuste maat voor de opvang van versneld tot afstroming komende neerslag. De overige ruimte van 260 ha is dan beschikbaar voor voorzieningen, woningen en dergelijke.

4 Aanbevelingen

Tijdens deze studie is er gekeken naar de effecten van ‘water en bodem sturend’ op de aanleg van de Lelylijn en ruimtelijke ontwikkelingen. Hiervoor is ingezoomd op een aantal locaties om aan de hand hiervan een beeld te vormen van de aspecten waar rekening mee gehouden moet worden. Naar aanleiding van deze studie kunnen de effecten van ‘water en bodem sturend’ op de Lelylijn meegenomen worden in de beslissing of de Lelylijn verder verkend gaat worden. Bij dit eventuele vervoltraject worden de volgende aspecten aanbevolen.

Bij de verdere uitwerking moet de nieuwste ronde stresstesten gebruikt worden. In deze studie is de interactie tussen de gebieden niet altijd juist weergegeven. De nieuwste ronde stresstesten kan hier invulling aan geven.

Maak altijd een keuze in het voorkomen van wateroverlast in de volgorde van (1) vasthouden, (2) bergen en (3) afvoeren. Bij het onderdeel ruimtebeslag is nu steeds ruimte opgenomen om water te bergen, maar water vasthouden is daarin de eerste stap. Dit aspect is cruciaal om mee te nemen als er ontworpen wordt. De ruimtereservering die genoemd wordt, betreft geen absolute ruimtereservering. Het is een volume aan water dat geborgen dient te worden waarvoor de laagst gelegen delen de ophooplocatie vormen. Bij het inrichten van specifieke locaties moet er nagedacht worden over bijvoorbeeld water vasthouden op de individuele percelen, op of onder verharding en mogelijk hergebruik van water. Dit kan de bergingsbehoefte namelijk beperken.

Voor de Lelylijn zelf en voor de te ontwikkelen locaties langs de Lelylijn is het omgaan met de bodem overal belangrijk. Het Rijk onderstreept het belang van vitale bodems. Hiervoor geldt het basisprincipe om de bodem zo min mogelijk af te dekken, niet onnodig af te graven (en grond elders te dumpen) en niet te verontreinigen.

Het is over het algemeen aan te bevelen om de handelingsperspectieven specifiek per locatie uit te werken. De handelingsperspectieven geven op dit moment op hoofdlijnen inzicht in de gevolgen van ‘water en bodem sturend’, maar de effecten hiervan op de locatiespecifieke inrichtingen en ontwerpen vergen nog aandacht, zoals in dit document ook al belicht rond het thema bouwrijp maken.

Bij een verdere uitwerking moet de samenloop met andere infrastructuur beschouwd worden, zoals bijvoorbeeld de aanleg van 380kV kabel en andere netwerken, zoals windmolenparken, die gepaard gaan met de energietransitie. Dergelijke ontwikkelingen kunnen namelijk concurreren met de effecten op het water- en bodemsysteem. Dergelijke cumulatieve effecten zijn in deze globale studie niet beschouwd.

Tijdens de omgevings sessie zijn er verschillende meekoppelkansen benoemd die mogelijk interessant kunnen zijn in een verdere uitwerking. Wij hebben de belangrijkste hieronder genoemd:

- Ten westen van Emmeloord wordt nagedacht over de toekomstige geschiktheid van de landbouwgrond onder invloed van de peilopzet, mogelijk dat woningbouw minder hinder ondervindt van een peilopzet.

- Mogelijk dat er, in relatie tot de spoorlijn, ook kansen voor waterberging zijn. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld spoorsloten langs het tracé.
- Op de delen van het tracé waar de spoorlijn langs de A6/A7 ligt, bestaat de kans om de effecten van de aanleg van deze snelweg op grondwaterstromen te herstellen waardoor het risico van wateroverlast op de snelweg ook beperkt wordt en water en bodem ook meer sturend worden voor het snelwegtracé.

5 Bronvermelding

5.1 Brondata gebruikt voor de kaarten

Waterschappen:

- [1] Legger Keringen Waterschap Zuiderzeeland.
- [2] Beschermingszones Waterschap Zuiderzeeland.
- [2] Ontwerplegger Watersysteem Waterschap Zuiderzeeland.
- [3] Peilgebiedenkaart Waterschap Zuiderzeeland.
- [4] Legger Keringen Wetterskip Fryslân.
- [5] Peilgebieden praktijk Wetterskip Fryslân.
- [6] Legger watergangen Wetterskip Fryslân.
- [7] Extreme boezempeilen Wetterskip Fryslân.
- [8] Diepe veenpolders Wetterskip Fryslân.
- [10] Veenweidegebied Wetterskip Fryslân.
- [11] Legger Keringen Waterschap Noorderzijlvest.
- [12] Peilgebied Peil & Status Waterschap Noorderzijlvest.
- [13] Legger watergangen Waterschap Noorderzijlvest.

Klimaateffectatlas

- [14] Bodemdaling 2050 – 2100 laag (Deltares, WenR, TNO, 2021).
- [15] Bodemdaling 2050 – 2100 hoog (Deltares, WenR, TNO, 2021).
- [16] Bodemdaling 2020 – 2050 laag (Deltares, WenR, TNO, 2021).
- [17] Bodemdaling 2020 – 2050 hoog (Deltares, WenR, TNO, 2021).
- [18] Zoutvracht huidig (Rijkswaterstaat & Deltares & Arcadis & Hydrologic & Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2024).
- [19] Zoutvracht 0,5 m zeespiegelstijging (Rijkswaterstaat & Deltares & Arcadis & Hydrologic & Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2024).
- [20] Zoutvracht 1 m zeespiegelstijging (Rijkswaterstaat & Deltares & Arcadis & Hydrologic & Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2024).
- [22] Zoutvracht 3 m zeespiegelstijging (Rijkswaterstaat & Deltares & Arcadis & Hydrologic & Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2024).
- [23] Gemiddeld laagste grondwaterstand 2050 laag (Nationaal watermodel).
- [24] Gemiddeld laagste grondwaterstand 2050 hoog (Nationaal Watermodel, 2016).
- [25] Gemiddeld hoogste grondwaterstand 2050 laag (Nationaal Watermodel, 2016).

[26] Gemiddeld hoogste grondwaterstand 2050 hoog (Nationaal Watermodel, 2016).

[28] Kwel / infiltratie 2050 (Nationaal Watermodel, 2016).

[29] Waterdiepte bij hevige bui | 70 mm / 2 uur (Deltares / Richtlijn overstromingsrisico's ROR, 2018).

[30] Waterdiepte bij hevige bui | 140 mm / 2 uur (Deltares / Richtlijn overstromingsrisico's ROR, 2018).

NHI Dataportaal

[31] MIPWA GHG 2000 – 2014 GLG.

[32] MIPWA GLG 2000 – 2014 GHG.

[33] MIPWA Kwel en infiltratie (mm/dag) 2000 – 2014.

[34] LHM4.1 GHG 2011 – 2018.

[35] LHM4.1 GLG 2011 – 2018.

[36] LHM4.1 Gemiddelde kwel en inziging (mm/dag) 2011 – 2018.

LIWO

[37] Maximale overstromingsdiepte Nederland grote kans.

[38] Maximale overstromingsdiepte Nederland middelgrote kans.

[39] Maximale overstromingsdiepte Nederland kleine kans.

[40] Maximale overstromingsdiepte Nederland extreem kleine kans.

Deltares

[41] Schadegevaar kaart 2050 (Overstromingsgevaar, Kaarten voor ruimtelijk beleid, in het bijzonder de woningbouw).

Bodemdata.nl

[42] Bodemfysische eenhedenkaart (BOFEK) (WUR, 2021).

[43] Veendiktekaart.

[44] Geomorfologische kaart (BRO, 2021).

[45] Grondwatertrappen kaart (BRO, 2021).

AHN

[45] AHN4 5m DTM.

Atlas voor de leefomgeving

[46] Natura2000 gebieden (Atlas voor de leefomgeving, 2022).

[47] Natuurnetwerk Nederland (Atlas voor de leefomgeving, 2023).

Provincie Fryslân

[48] Grondwateronttrekkingen kaart.

[49] Kaart boezemwateren Friesland.

RIVM

[50] Grondwaterbeschermingskaart rondom bronnen voor drinkwater.

Op Waterbasis

[51] Geschiktheid grondgebonden landbouw (Deltares, Bosch Slabbers, Sweco, 2021).

[52] Geschiktheid stedelijk ontwikkeling (Deltares, Bosch Slabbers, Sweco, 2021).

[53] Geschiktheidskaart natte natuur (Deltares, Bosch Slabbers, Sweco, 2021).

[54] Slappe en zettingsgevoelige gebieden (Deltares, Bosch Slabbers, Sweco, 2021).

[55] Natte gebieden (Deltares, Bosch Slabbers, Sweco, 2021).

[56] Droge gebieden (Deltares, Bosch Slabbers, Sweco, 2021).

Ruimtelijk afwegingskader klimaatadaptieve gebouwde omgeving

[57] Gecombineerde sturingskaart (HKV lijn in water, TAUW & Defacto Stedenbouw, 2024)

5.2 Bronnen gebruikt in rapportage

Arcadis. (2023). *Maatlat groene klimaatadaptieve gebouwde omgeving*.

Deltares. (2022). *Bodem en water als basis, beslisregels, onderbouwing en kartering*. Utrecht: Deltares.

Deltares, Bosch Slabbers, & Sweco. (2021). *Op Waterbasis, grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem*.

KNMI. (2022). *COP27: richting 2,5 C opwarming deze eeuw*. geraadpleegd via: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/cop27-richting-2-5-c-opwarming-deze-eeuw#:~:text=Het%20is%20in%20theorie%20nog,scenario%20niet%20geloofwaardig%20volgens%20UNEP>.

KNMI. (2023). *KNMI'23 Klimaatscenario's*.

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2020). *Nationale omgevingsvisie (NOVI)*.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2022). *Kamerbrief over rol Water en Bodem bij ruimtelijke ordening*.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2024). *Ruimtelijk afwegingskader klimaatadaptieve gebouwde omgeving*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2024). *Voortgang onderzoeken Nedersaksenlijn en Lelylijn*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Projectbureau Lelylijn. (2024). *Bereikbaarheidsonderzoek Lelylijn*. Groningen: projectbureau Lelylijn.

Regio Groningen-Assen, R. (2023). *Ontwikkelperspectief NOVEX-gebied Regio Groningen-Assen*. Groningen: Regio Groningen-Assen.

Studio Bereikbaar. (2024). *Denkrichtingen NOVEX Lelylijn 2050*. Rotterdam: Studio Bereikbaar.

Wetterskip Fryslân. (Fryslân klimaatbestendig 2050+). 2023. Leeuwarden: Wetterskip Fryslân.

Bijlage 1 – Achtergrond WABOS

Inleiding WABOS

We moeten voorbereid zijn op de gevolgen van klimaatverandering, op perioden met te veel en te weinig water. De emissie van stikstof en broeikasgassen moet verminderen en de water- en bodemkwaliteit en biodiversiteit moeten verbeteren. Deze natuur- en klimaatopgaven beïnvloeden de ruimtelijke keuzes, zoals de Lelylijn en de daaraan gerelateerde ruimtelijke opgaven. Deze opgaven zijn met elkaar verbonden en worden tegelijkertijd gerealiseerd. We hebben een grote verstedelijkingsopgave, woningbouwopgave, energietransitie en opgave op het gebied van mobiliteit. De ruimtelijke ordening is daarbij niet meer leidend, maar moet rekening houden met de werking van het water- en bodemsysteem.

Om inzicht te krijgen in wat 'water en bodem sturend' betekent, geven we inzicht in de gevolgen van wat er mogelijk is. Voorliggend document geeft handvatten hoe we 'water en bodem sturend' in de ruimtelijke inrichting samen concreet kunnen maken voor de ruimtelijke opgaven.

Het water- en bodemsysteem is niet toekomstbestendig ingericht

Door ons menselijk handelen (herverkaveling, waterpeilen, ontwatering, bebouwing, etc.) is het water- en bodemsysteem steeds meer gericht op afvoer van overtollig water ten behoeve van het beoogde (bovengrondse) gebruik. Dit gebruik is door de jaren intensiever geworden. Dit heeft geleid tot een zeer verregaande (detail)ontwateringstoestand van het landelijk en verstedelijkte gebied met structurele verdroging voor natuur en landbouw als gevolg, verzakkingen van gebouwen en funderingen, etc. Aan ons grondwater- en bodemsysteem is schade toegebracht door (over)exploitatie, verontreiniging en vermisting. Deze wijze van inrichting is voor de lange termijn niet duurzaam en brengt ons in een neerwaartse spiraal (verslechtering van natuurwaarden en water- en bodemkwaliteit, toename van kosten om dit te beperken of te compenseren, toename van risico's op wateroverlast/droogte, etc.).

Het klimaat verandert, weersextremen nemen toe

Door klimaatverandering veranderen de omstandigheden. Stijging van concentraties broeikasgassen (zoals CO₂, methaan en lachgas) zorgt voor stijging van de gemiddelde temperatuur op mondiaal niveau. In 2021 is op de VN-klimaattop afgesproken om de opwarming van de aarde onder de 2 graden Celsius te houden. Met de voorgestelde maatregelen die landen hebben aangekondigd, warmt de aarde naar verwachting op met 2,4 – 2,6 graden in 2050 (KNMI, 2022). De verandering van het klimaat heeft als gevolg dat de kans op extreme weersomstandigheden, zoals hitte, droogte en wateroverlast, toeneemt. De klimaatscenario's uit 2023 (KNMI, 2023) laten zien dat we in het ergste geval in 2100 rekening moeten houden met 2,5 m zeespiegelstijging, een maximale toename van 24% van de neerslag in de winter en een maximale afname van 29% van de neerslag in de zomer. Ook de neerslagintensiteit en -hoeveelheid veranderen door klimaatverandering. Volgens het KNMI neemt de jaarneerslag toe met maximaal 68 mm en de uur neerslag neemt toe met 31%.

Het neerslagtekort in de periode april tot en met september dat eens in de tien jaar wordt overschreden, zal in 2100 toenemen met 30% naar 345 millimeter. De zwaarste zomerbuien worden extremer en de kans op droge lentes en zomers wordt groter.

De huidige situatie van onze ruimtelijke inrichting en werking van het water- en bodemsysteem is in veel gevallen niet bestand tegen de extreme weersomstandigheden. Landbouw en natuur ondervinden de gevolgen van droogte, de drinkwatervoorziening staat onder druk en de biodiversiteit neemt af. Deze gevolgen treden nu al op en zullen naar alle waarschijnlijkheid in de toekomst vaker optreden.

Als gevolg van klimaatverandering, en daarmee extreme situaties (droogte en overlast), wordt deze neerwaartse spiraal versneld.

Enkele klimaateffecten lichten we eruit, aangezien dit de aanleiding vormt om vanuit water- en bodemsysteem maatregelen te treffen voor de Lelylijn zelf en de ruimtelijke ontwikkelingen rond de Lelylijn.

Enkele klimaateffecten uitgelicht

De zeespiegel stijgt. Naast een stijgende zeespiegel moet ook rekening worden gehouden met een hoger peil in het IJsselmeer als gevolg van een groter neerslagoverschot dat vanuit het IJsselmeer moet worden afgevoerd naar zee, in combinatie met windwerking. Ook in de regionale systemen die afwateren naar zee en het IJsselmeer, zullen de peilen mogelijk stijgen.

In het IJsselmeer zal het waterpeil na 2050 in de zomer mogelijk met 0,30 m worden opgezet en naar 2100 mogelijk meer om in de zomerperiode over voldoende water voor aanvoer naar Noord- en Oost Nederland te kunnen beschikken. Naast een toename van inwoners, woningbouw en kapitaal zorgen de hogere peilen op zee, in het IJsselmeer en in de regionale watersystemen voor een toename van het overstromingsrisico. Door versterkingen van de waterkeringen kan het overstromingsrisico worden beperkt.

De **dijken** beschermen de lagergelegen delen van ons land tegen overstromingen tot een bepaald beschermingsniveau. Door de aanwezige dijken voelen mensen zich veilig. Investerings- en aantallen bewoners in het overstroombare gebied nemen hierdoor toe. Ook in de toekomstige situatie is het nodig dat door de versterking van waterkeringen de waterveiligheid wordt verhoogd. Dit houdt de vicieuze cirkel in stand. Er treden hogere hoogwaterstanden op. Als gevolg daarvan neemt het overstromingsrisico toe. Als gevolg van de aanwezige bebouwing achter de dijken is de ruimte voor dijkversterking binnendijs beperkt. De lage delen van het land kunnen ook onderlopen vanuit het regionale systeem. Dit doet zich voor als regionale waterkeringen bezwijken. De kans daarop is groter dan op een doorbraak van een primaire kering, maar de gevolgen zijn beperkt. Het is nodig dat zowel primaire als regionale keringen in de toekomst worden versterkt. Woningbouwplannen en een toename van grootschalige stedelijke ontwikkelingen in overstroombaar gebied zorgen voor een toenemende kwetsbaarheid voor overstromingen, en dus een grotere afhankelijkheid van de waterkeringen.

De bodem daalt bijna overal in gebieden waar veen in de bodem voorkomt. Dit geldt voor zowel plaatsen waar veen dicht aan de oppervlakte voorkomt in veenweidegebieden of dieper in de ondergrond, zoals in de Noordoostpolder en de Flevopolder. Waar veen dieper in de bodem voorkomt, zoals in de Flevopolder en de Noordoostpolder, is dit proces een gevolg van de ontginningen in het midden van de vorige eeuw. In de laagveengebieden in Fryslân en Groningen ontstaat dit, doordat we voor de gebruiksfuncties het waterpeil kunstmatig verlagen en daarmee de grondwaterstand. Dit leidt tot bodemdaling en CO₂-emissie door veenoxidatie. Door de verlaging van maaiveld wordt een nieuwe peilverlaging geïntroduceerd, waardoor opnieuw verlaging van het peil plaatsvindt. Dit proces van waterpeilverlaging, gevolgd door bodemdaling, is al eeuwen bezig. Het doorbreken van deze vicieuze cirkel is het probleem.

Op de **zandgronden**, zoals aanwezig op het Drents plateau, en de uitlopers daarvan naar de Noordoostpolder, Fryslân en Groningen is een grote verscheidenheid aan functies aanwezig die verschillende eisen aan het water- en bodemsysteem stellen. Het intensieve gebruik door landbouw leidt tot versnelde afvoer van overtollig water in de winterperiode (onder andere door landbouwdrainage), onttrekking van grondwater voor drinkwater en beregening. Hierdoor dalen de grondwaterstanden en ontstaan knelpunten, zoals droogte en versnelde afvoer. De waterkwaliteit is slecht als gevolg van overmatig gebruik, afspoeling en uitspoeling van nutriënten en bestrijdingsmiddelen naar het grond- en oppervlaktewater en de beperkte bindingscapaciteit van zandgronden. Langs de flanken van hellende gebieden en op plaatsen met ondiep ondoorlatende lagen (zoals keileem) treedt periodiek wateroverlast op als gevolg van neerslag.

De **stedelijke gebieden** hebben een groot verhard oppervlak. Extreme weersomstandigheden hebben veel effecten in stedelijk gebied. Water stroomt af richting de laagst gelegen delen en zorgt voor wateroverlast. De bodem neemt weinig water op en de verharding houdt warmte vast wat leidt tot droogtestress en droogtestress. Het watersysteem in de stedelijke gebieden is, ondanks verbeteringen in de vorm van berging en vertraagde afvoer die de afgelopen decennia zijn doorgevoerd, vooral nog gericht op de afvoer van overtollig neerslagwater door een stelsel van riolen en watergangen. Bij extreme neerslag speelt dit stelsel maar een kleine rol in de opvang van water. Als gevolg van emissies uit riolering in stedelijke gebieden staat de waterkwaliteit in en rond het stedelijk gebied onder druk. Inbreiding zorgt ervoor dat de druk op het bestaande areaal groen en water in de stad toeneemt. Als gevolg van bevolkingsgroei zal de vraag naar drinkwater toenemen, terwijl we schoon drinkwater voor laagwaardige toepassingen gebruiken, zoals voor toiletspoeling en het besproeien van de tuin. Het tekort zal hierdoor alleen maar groter worden.

Water en bodem sturend in de ruimtelijke inrichting

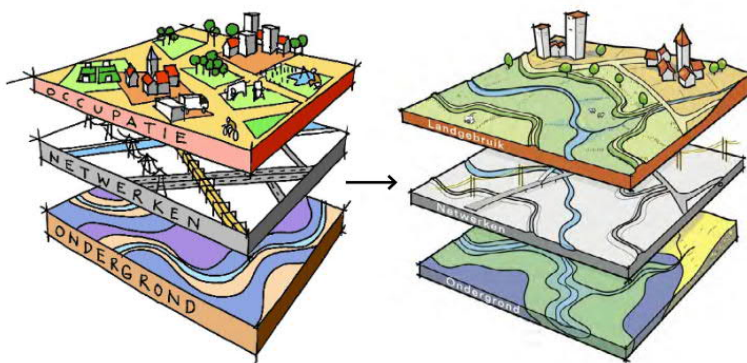
Om de neerwaartse spiraal te doorbreken, hebben we een klimaatrobuuste inrichting van ons water- en bodemsysteem nodig. Dit betreft een systeem dat ingericht is op:

- het vasthouden van water, zodat voldoende water beschikbaar is voor consumptie, gewassen en natuur;
- het bergen van water bij extreme neerslag om het benedenstroomse watersysteem niet te overbelasten;

- het verhogen van de water- en bodemkwaliteit, bedreigingen, zoals verontreiniging, te voorkomen en de bodemgezondheid te herstellen en te beschermen.

Een robuuste inrichting houdt ook in dat niet alles op en onder het maaiveld kan. We moeten concessies doen in het gebruik óf aanpassingen doen aan onze inrichting. Ook moeten we ons bewust zijn dat we wateroverlast en tekorten niet altijd kunnen voorkomen.

Om te voorkomen dat het water- en bodemsysteem verder uit balans raakt en de negatieve effecten op onze leefomgeving groter worden, is het noodzakelijk dat water en bodem een sturende rol hebben in de ruimtelijke planvorming. In Figuur 34 – De lagenbenadering voor ruimtelijke ordening (Links bron: ruimtexmilieu.nl, Peter Dauvellier). Rechts een ruimtelijke ordening “Op Waterbasis”. is dit geïllustreerd.



Figuur 34 – De lagenbenadering voor ruimtelijke ordening (Links bron: ruimtexmilieu.nl, Peter Dauvellier). Rechts een ruimtelijke ordening “Op Waterbasis”. (Deltares, Bosch Slabbers, & Sweco, Op Waterbasis, grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem, 2021)

Principes ‘water en bodem sturend’

Om in de toekomst op een duurzame, leefbare en veilige manier samen te leven, is een transitie naar een robuust water- en bodemsysteem nodig. Dit vraagt aanpassingen in onze ruimtelijke inrichting. Naast feitelijk meer ruimte vraagt dit ook om een betere afstemming van de functie en het gebruik op de draagkracht van het water- en bodemsysteem. Daarom is het nodig om ‘water en bodem sturend’ te laten zijn in de ruimtelijke ordening. Wat ‘water en bodem sturend’ betekent, is uitgewerkt in onderstaande principes. Deze zijn gebaseerd op de Kamerbrief ‘water en bodem sturend’ van het Rijk (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022). We korten ‘water en bodem sturend’ af tot WABOS.

1. Niet afwentelen

Bij ontwikkelingen wentelen we negatieve effecten niet af op toekomstige generaties (tijd), naar andere gebieden (ruimte) en van privaat naar publiek (in kosten). Dit principe volgt uit de Nationale Omgevingsvisie (NOVI) (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2020).

Niet afwentelen naar andere generaties (in **tijd**): dit betekent nu rekening houden met de belasting van het huidige systeem, de klimaatverandering en beheerkosten in de toekomst.

Door ruimte in te nemen voor bijvoorbeeld woningbouw of infrastructuur, op plaatsen waar we als gevolg van klimaatverandering in de toekomst ruimte nodig hebben, zadelen we de toekomstige generaties op met een probleem.

Niet afwentelen naar andere gebieden of functies (in **ruimte**): acties op een bepaalde locaties (zoals afstromen van verontreinigd regenwater in bebouwd gebied) mogen niet leiden tot effecten op een andere locatie (bijvoorbeeld wateroverlast en verslechtering van de waterkwaliteit).

Niet afwentelen van privaat naar publiek (in **kosten**): door bij investeringen voldoende rekening te houden met bijvoorbeeld klimaatverandering, bodemdaling en watervervuiling worden de kosten hiervoor nu meegenomen en niet in de toekomst weggezet. Een voorbeeld is om onvoldoende rekening te houden met het water- en bodemsysteem bij het bouwrijp maken van een gebied, waardoor we kosten afwentelen op overheden en bewoners die in de toekomst geconfronteerd worden met de instandhouding van woningen, funderingen, wegen en leidingen.

2. Meer rekening houden met extremen

In het beleid, de ruimtelijke inrichting en het ontwerpen van maatregelen houden we veel meer rekening met bovennormatieve weersextremen die horen bij klimaatverandering. Bijvoorbeeld extreme regenval incidenten, zoals de buien in Limburg in 2021. Door in de ruimtelijke inrichting meer flexibiliteit en veerkracht in te bouwen, kan beter omgegaan worden met deze extremen. Hiervoor kunnen klimaatrobuuste ontwerpprincipes gehanteerd worden. Zo geeft de maatlat klimaatadaptief bouwen (Arcadis, 2023) hier al verrijkende handvatten voor.

3. In samenhang omgaan met wateroverlast, droogte en de bodem

Het flexibel omgaan met wateroverlast en droogte vraagt om een samenhangende aanpak. Zowel wateroverlast als droogte vraagt vaak tijdelijk om ruimte. Deze tijdelijke ruimte is nodig om beheersbaar om te kunnen gaan met de effecten van weersextremen. Voor wateroverlast vraagt dit om voldoende buffer- en afvoercapaciteit. Voor droogte om voldoende berging in de bodem door vergroting van het organisch stofgehalte in de bovenlaag en het vergroten van de sponswerking.

4. Meerlaagsveiligheid

Meer aandacht voor meerlaagsveiligheid is nodig om de risico's op en gevolgen van overstromingen in de toekomst te beperken. Dit geldt niet alleen voor het hoofdwatersysteem, maar ook voor het regionale watersysteem, beekdalen en onbedijkte rivierdelen. Meerlaagsveiligheid bestaat uit:

- (1) Preventie: verkleinen van de overstromingskans door aanleg en versterken van dijken en keringen.
- (2) Gevolgbeperking: met behulp van ruimtelijke inrichting en maatregelen de effecten van een overstroming beperken. Denk aan bescherming van kritische infrastructuur, aangepast bouwen of instellen van risicozones.
- (3) Crisisbeheersing: verbeteren van de crisisbeheersing (organisatie en communicatie bij een eventuele calamiteit).
- (4) Herstelen: snel en klimaatrobuust herstel van schade na optreden van een overstroming.

Meerlaagsveiligheid komt niet in de plaats van dijkversterking, maar dijkversterking maakt onderdeel uit van de meerlaagsveiligheid. In de eerste laag staat de zorg voor de waterkeringen. De daaropvolgende lagen 2, 3 en 4 vormen een aanvulling op de zorg voor de eerste laag en vormen daarmee een compleet pakket aan maatregelen, ook als het onverhoopt toch mis gaat en een waterkering bezwijkt. Als tweede principe bij 'water en bodem sturend' vraagt het Rijk aandacht voor extremen. Meerlaagsveiligheid biedt daarmee maatregelen als aanvulling op de eerste laag (waterkeringen) van de meerlaagsveiligheid.

5. Minder afdekken, minder vergraven, minder verontreinigen

Een vitale bodem en het benutten van de natuurlijke kracht van de bodem is van belang voor het bestrijden van wateroverlast, droogte en hittestress. Daarnaast zijn duurzaam beheerde bodems beter bestand tegen klimaat-effecten en helpen deze bij het opslaan en vastleggen van CO₂ en stikstof. Daarom gaan we bodemafdekking, vergraven en verontreinigen van de bodem tegen. Hiermee bedoelen we:

- Minder bodemafdekking – afdekking van de bodem met ondoordringbaar materiaal gaat vaak ten koste van vruchtbare landbouwgrond, is een risico voor de biodiversiteit, vergroot de kans op overstromingen en waterschaarste en draagt bij aan de opwarming van de aarde. Bodemafdekking vormt één van de grootste oorzaken van bodemaantasting in de Europese Unie.
- Niet vergraven – een bodem met een intact profiel vervult betere bodemecosysteemdiensten (water vasthouden, stikstof- en fosfaatkringloop, diversiteit bodemorganismen) dan een geploegde bodem.
- Niet verontreinigen – beperken van emissies naar water- en bodemsysteem houden toekomstige gevoelige functies, zoals landbouw, drinkwater en (moes)tuinieren, mogelijk.

6. Integrale aanpak in de leefomgeving

Water- en bodemsysteem zijn de onderlegger voor ruimtelijke opgaven, zoals verstedelijking, woningbouw, landbouw en energievoorziening. Door in te spelen op de natuurlijke systeemwerking, kunnen de diverse ruimtelijke functies op een logische, kosteneffectieve en houdbare manier worden ingericht. Het is de basis voor onze leefomgeving.

7. Comply or explain

Het inspelen op de condities van het water- en bodemsysteem moet de basis zijn van de ruimtelijke inrichting. Door dit te doen, wordt een bijdrage geleverd aan het bereiken van de doelen met betrekking tot bijvoorbeeld biodiversiteit, klimaatmitigatie en waterkwaliteit. Mochten er onverhoopt toch redenen zijn om hiervan af te wijken, dan geldt het principe 'comply or explain', ofwel 'pas toe of leg uit'. Als wordt afgeweken, moet dit uitlegbaar en toetsbaar zijn en wordt toegelicht hoe de doelen dan wel bereikt worden.

Bijlage 2 – Structurerende keuzes

In deze bijlage worden de structurerende keuzes gegeven vanuit ‘water en bodem sturend’. Niet alle structurerende keuzes zijn even relevant voor de ontwikkeling van de Lelylijn en de bijbehorende NOVEX- plannen, de structurerende keuzes die niet relevant zijn voor deze studie zijn cursief vermeld in deze bijlage.

Voldoende water

Om de problemen in relatie tot droogte het hoofd te bieden, gelden de volgende structurerende keuzes:

1. We zijn weerbaar tegen een droogte, die gemiddeld eens in de 20 jaar voorkomt.
2. We werken aan een robuust grondwatersysteem en beperken daarvoor de nadelige effecten van grondwateronttrekking.
3. We werken toe naar nieuwe en diverse drinkwaterbronnen waarmee we zorgen voor voldoende drinkwaterbronnen van voldoende kwaliteit.
4. *We beperken het effect van een toename van de watervraag in relatie tot de schaarsere beschikbaarheid van water.*

Schoon en gezond water

Uit oogpunt van de waterkwaliteit gelden de volgende structurerende keuzes:

5. We voeren maatregelen uit van de Kaderrichtlijn Water (KRW) Stroomgebiedsbeheerplannen 2022-2027, het 7e Actieprogramma Nitraatrichtlijn 2022-2026, de derogatiebeschikking, de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) en uitvoeringsprogramma’s, zoals voor de reducties van medicijnresten en andere chemische stoffen.

Verbeteren waterkwaliteit

Deze structurerende keuze gaat uit van realisatie van maatregelen om de waterkwaliteit op orde te krijgen. Dit betreft bijvoorbeeld maatregelen door bronnen aan te pakken, maar betreft ook maatregelen in of in de nabijheid van het watersysteem. Het betreft daarbij maatregelen om voldoende areaal natuur te realiseren in het water en op de landwaterovergangen. Om de belasting van de waterkwaliteit vanuit grondgebruik te verminderen, is een aanpak bij de bron gewenst door bijvoorbeeld extensivering van gebruik en minder mest op gronden en verminderen van gebruik van bestrijdings-middelen. Bufferstroken kunnen bijdragen aan vermindering van uitspoeling naar watergangen wanneer de functies en het huidig gebruik gehandhaafd blijven. Hiermee wordt dan de invloed ingeperkt door bijvoorbeeld zones waarop geen bemesting / gebruik bestrijdingsmiddelen is toegestaan. Veel programma’s lopen tot 2027, terwijl de Lelylijn pas tussen 2040 en 2050 wordt aangelegd. De verwachting is dat veel maatregelen voor de verbetering van de waterkwaliteit ook na 2027 nog aandacht vragen.

Aanvoer van gebiedsvreemd water beperken (voor o.a. kwetsbare natuur in laagveengebieden) komt voort uit de belaste waterkwaliteit vanuit de landbouw. Veelal wordt voor vernatting van gronden (o.a. veen) en vooral ook voor natte natuur gebruik gemaakt van water van elders. In veel gevallen is dat water nutriëntrijk. Om die reden is vooral voor schrale en kwetsbare natuur (waaronder natuur in laagveengebieden), niet gewenst om gebiedsvreemd water aan te voeren.

6. *We begrenzen de koelwaterlozingen op de grote rivieren. Daarmee blijft de temperatuur van het rivierwater op een acceptabel niveau.*

Ruimte voor water

Om voldoende ruimte te hebben voor de opvang van overtollig water als gevolg van een neerslagoverschot en om ons te kunnen beschermen tegen hogere waterpeilen, is ruimte nodig en hiervoor gelden de volgende structurerende keuzes:

7. *We creëren ruimte voor het vasthouden, bergen en afvoeren van water in onze ruimtelijke inrichting, landgebruik en landbeheer.*

8. *We houden rekening met grotere peilfluctuaties en de optie van peil-aanpassingen van het IJsselmeer en het Markermeer. (zoetwaterbuffer van 20 cm naar 50 cm te vergroten, door het zomerpeil verder te laten uitzakken en eventueel hoger op te zetten bij verwachte langdurige droogte + winterpeil met 30 cm te laten meestijgen tot 2050).*

9. *We staan geen nieuwe landaanwinning (eilanden) toe in het IJsselmeer-gebied, behalve voor overstroombare natuur en om te voldoen aan de Natura 2000-doelen en KRW.*

10. *We staan in de uiterwaarden (die vallen onder de Beleidslijn grote rivieren) geen nieuwe bebouwing meer toe. Daarmee maken we onze rivieren klimaat-robuuster en voorkomen we toenemende schade.*

11. *We actualiseren de huidige reserveringszones rond primaire waterkeringen (dijken en kust). Daarmee reserveren we ruimte voor toekomstige dijk- en kustversterkingen, en maken ze zo blijvend mogelijk.*

12. *We verzoeken provincies, waterschappen en gemeenten zowel op dijken de biodiversiteit te bevorderen als binnendijks naar ruimte te zoeken voor natuurlijke achteroevers (PAGW en NPLG). Hiermee zorgen we voor robuuste watersystemen.*

13. *We reserveren de 5% tot 10% van diepe polders voor waterberging, bij voorkeur de diepste delen. Hier is geen nieuwe bebouwing toegestaan, tenzij het niet ten koste gaat van het waterbergend vermogen.*

14. *We staan kustuitbreiding vooralsnog niet toe. Hiermee voorkomen we onnodige druk op onze zandvoorraad, die cruciaal is om de kust op orde te houden met het oog op zeespiegelstijging.*

Bodem

Uit het oogpunt van het beschermen van het bodemsysteem gelden de volgende structurerende keuzes:

15. *We versterken de regie op de inrichting van de ondergrond.*

16. *We streven bij verstedelijking en infrastructuur naar het zo efficiënt mogelijk gebruik van ruimte, **dekken de bodem zo min mogelijk af en herstellen de bodem, waar mogelijk**. Zo behouden we waardevolle organisch rijke landbouw- en natuurbodems en blijft de **sponswerking** van de bodem behouden.*

17. We sturen ook in bestaand bebouwd gebied **op vermindering van onnodige bodemafdekking**. De verstedelijkte omgeving wordt beter leefbaar als er minder hittestress is of wateroverlast tijdens piekbuien. Dit bereiken we door de bodem te herstellen en in te zetten op stedelijk groen.

18. We **behouden ook voor de toekomst waardevolle landbouwgronden**. Dit doen we door maatregelen uit te werken voor het beheer van landbouwgronden op het gebied van materieel, nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen etc.

19. We gaan **bodemverstoring door ontgraving tegen en hergebruiken grond hoogwaardig**. Daarmee behouden we gezonde en vitale bodems.

20. We herijken de aanpak van bestaande **en diffuse bodemverontreiniging**. Dit doen we om de risico's voor mens en milieu te beperken.

Bebouwd gebied

Specifiek voor bebouwde gebieden gelden de volgende structurerende keuzes:

21. We maken de risico's van overstromingen, wateroverlast, bodemdaling en drinkwaterbeschikbaarheid sturend bij de locatiekeuze en inrichting van woningbouw.

22. We benutten locaties waar in de toekomst ruimte nodig is voor waterberging, rivierafvoer en toekomstige dijkversterkingen niet (meer) voor bebouwing.

23. We passen de maatlat voor een klimaatadaptieve en natuurinclusieve bebouwde omgeving toe.

De landelijke maatlat is de basis voor het **klimaatadaptief bouwen**, waaraan voldaan moet worden om toekomstbestendig te ontwikkelen. De landelijke maatlat definieert eenduidig voor nieuwbouw wat we onder klimaatadaptief bouwen en inrichten verstaan en bestaat uit kwalitatieve doelen, kwantitatieve prestatie-eisen en richtlijnen voor de thema's overstromingen, wateroverlast, droogte, hitte, biodiversiteit en bodemdaling. Dit vraagt voor nuttige toepassing nog wel een concretiseringslag en doorvertaling op lokaal niveau.

24. We sturen als overheden op zo min mogelijk afdekking van de bodem. Daarmee behouden we buiten het bebouwd gebied goede landbouwgrond, reduceren we hittestress en bevorderen we waterinfiltratie binnen het bebouwd gebied.

Bouwrijp maken

Voor de bouwlocaties ligt er een uitdaging om ter plaatse van de diverse locaties bij het bouwrijp maken de structurerende keuzes toe te passen. Zo min mogelijk ontgraven (19) en toepassen van de maatlat (23), zorg voor biodiversiteit en groenblauwe dooradering en zo goed mogelijk omgaan met de risico's (21) vraagt heel gerichte ingrepen.

Hiervoor kan alleen waar een ophoging (voor wegen en kabels en leidingen) of bodemverbetering (bijv. voor tuinen) nodig is heel gericht beter doorlatend materiaal worden toegepast of aangevuld / gemengd. Ter plaatse van locaties met slecht doorlatende bodem (klei en leem) kan bijvoorbeeld bebouwing hoger worden aangelegd (op palenfundering) en kan door kruipruimteloos te bouwen de noodzaak van bodemverbetering onder woningen achterwege blijven. Bestaande groenstructuren en afwatering kunnen een basis bieden voor opvang van regenwater en ontwatering. Dit kan tevens de basis bieden voor groenblauwe dooradering met goede [biodiversiteit](#). De wegen en infrastructuur voor kabels en leidingen kunnen vanaf hogere delen het gebied in worden geleid. Grondverzet beperken kan op slappe bodem door licht te bouwen of door te funderen op diepere vaste bodemlagen.

Het voert te ver om dit per locatie hieruit te werken, maar het document "[Waterrobuust bouwen](#)" van het samenwerkingsinitiatief 3BW biedt inspiratie.

Laagveengebieden

Voor laagveengebieden gelden de volgende structurerende keuzes:

25. We bewegen toe naar een grondwaterstand van 20 cm tot 40 cm onder maaiveld, afhankelijk van de bodemcompositie, omstandigheden van het watersysteem en de behoeften van het gebied.

26. We minimaliseren de aanvoer van gebiedsvreemd water. Daardoor houden we zoveel mogelijk zoetwater beschikbaar voor de peilopzet en het tegengaan van verzilting.

27. We beheren onze landbouwgronden duurzaam. In aanvulling op de structurerende keuze 18, voorkomen we hiermee onomkeerbare oxidatie van veen en behouden we ook voor de toekomst waardevolle landbouwgronden.

In veenweidegebieden wordt door vernatting gestreefd naar vermindering van oxidatie en daarmee beperken van bodemdaling en CO₂-uitstoot. Als sprake is van zettingen in de ondergrond door het aanwezig veen kan op verschillende manieren de **restzetting** worden versneld, zeker wanneer het veen op grotere diepe zit. Dit kan door het aanbrengen van een ophoging op het veen, waardoor de zettingen sneller verlopen en bijvoorbeeld door verticale drainage.

Verziltende kustgebieden

Als gevolg van een stijgende zeespiegel neemt de invloed van verzilting toe. Hiervoor gelden de volgende structurerende keuzes:

28. Het Rijk en de waterschappen zetten zich in voor de aanvoer van zoetwater, maar kunnen geen nieuwe maatregelen garanderen om verziltende gebieden te voorzien van zoetwater van elders.

29. We vragen alle watergebruikers rekening te houden met en zelf maatregelen te nemen om beter bestand te zijn tegen periodes van extreme droogte, watertekorten en verzilting.

Hoge zandgronden

Voor de hoge zandgronden gelden de volgende structurerende keuzes:

30. We houden water langer vast en voeren het minder snel af. We herstellen daarmee de sponswerking van de bodem en bereiken een robuust grondwatersysteem.

31. We verhogen de grondwaterpeilen met mogelijk 10 cm tot 50 centimeter. Daardoor wordt op de hoge zandgronden verdroging bestreden.

32. In de gebiedsprocessen zetten we in op grootschalig herstel van beekdalen op zandgronden voor het verbeteren van de waterkwaliteit. Hiermee halen we niet alleen de doelen voor de waterkwaliteit (vanuit de KRW en de Nitraatrichtlijn), maar kunnen we ook andere doelstellingen realiseren (zoals natuur, groenblauwe dooradering en waterberging).

33. We beperken de grondwateronttrekkingen rond Natura 2000-gebieden. Daarmee voorkomen we verdroging deze gebieden.