



Inspiratieboek circulair ontwerpen

Circulaire oplossingen door middel van een integrale aanpak

voor: Rijkswaterstaat | door: ipv Delft | mei 2019

De Romeinen begrepen niet waarom mensen wilden wonen in die moerassige koude delta van de Maas en de Rijn. De mensen die er woonden moesten inventief zijn, goed samenwerken en slim omgaan met de beschikbare grondstoffen om het hoofd boven water te houden en voldoende voedsel te verbouwen of te verzamelen.

We waren goed in samenwerken en bouwden samen schepen en vloten waarmee we succesvol handel dreven met de plaatsen langs de ons omringende zeeën en rivieren. Door ons handelssucces werd Nederland een belangrijk knooppunt in de internationale handel, groeiden onze steden en dorpen, werd ons land steeds dichter bevolkt en werden onze wegen- en waternetwerken steeds uitgebreider.

Met het complexer worden van onze samenleving zijn we de opgaven waar we voor stonden steeds meer gaan opdelen in overzichtelijke deeltaken. Samenwerken werd meer naast elkaar werken. Veel processen lopen daardoor nu in onze maatschappij langs elkaar zonder dat ze goed met elkaar verweven zijn. En verweven integrale synergetische oplossingen hebben we nodig om de nieuwe uitdaging van klimaatverandering het hoofd te bieden.

We willen als Nederland in 2050 een circulaire economie hebben waarin grondstoffen niet meer worden opgebruikt en gedumpt, maar circuleren door onze maatschappij, van toepassing naar toepassing. Rijkswaterstaat wil een grote bijdrage leveren aan deze transitie.

Een bewuste samenwerking, open voor innovatie tussen alle betrokken partijen, disciplines en stakeholders vanaf het begin van elk project is van groot belang om dit doel te bereiken.

Hoe we dit kunnen doen en welke resultaten we mogen verwachten is in dit document beschreven.

We willen u met dit document inspireren om bij te dragen aan een circulaire economie waarin belangen en oplossingen synergetisch met elkaar verweven zijn.

Adriaan Kok

Inhoud

Colofon	2
Voorwoord	2
Inleiding	4
Leeswijzer	4
1. Samenwerking	6
2. Eisenanalyse	8
3. Ontwerpproces en taakverdeling	10
4. Circulaire ontwerpprincipes	12
5. Praktijkvoorbeelden	14
6. Proces hulpmiddelen	38

Colofon

Deze uitgave is tot stand gekomen in samenwerking tussen Rijkswaterstaat Ontwerpt, WVL en creatief ingenieursbureau ipv Delft.

Tekst	A. Kok en R. Rozemeijer ipv Delft D. de Graaf de Graaf en co
Figuren	A. Kok ipv Delft
Vormgeving	A. Kok ipv Delft
Foto's	ipv Delft, Henk Snaterse, e.a. voorpagina: de Liniebrug Nigtevecht, Lucas van der Wee
Tekeningen	ipv Delft
Eerste druk	januari 2019
Oplage	250

Voorwoord

Als Rijkswaterstaat hebben we naar onze omgeving de ambitie uitgesproken om in 2030 circulair te werken en daarmee CO₂ en materialen te besparen. Dit vraagt om een ander ontwerpproces dan het lineair geschakelde ontwerpproces dat we gewend zijn voor infraprojecten met bijhorende keuzes voor bekende materialen en contractvormen.

We zullen open moeten staan voor innovaties, iteratieve ontwerpprocessen en méér oplossingsrichtingen dan gebruikelijk. Bij IPV Delft hebben we inspiratie opgedaan hoe een bewuste samenwerking met alle betrokken partijen vanaf begin af aan hierin kan inspireren. Door met een open blik vanuit vakkennis te kijken naar het netwerk, de context, de gebruikers, de inpassing en technische toepassingen, worden keuzes voor materiaalreductie, meervoudig gebruik of het voorkomen van ingrepen opeens logische stappen om de noodzakelijke win-win te vinden voor onze circulaire ambitie.

We hopen dat de voorbeelden in dit boek ook voor jou een inspiratie kunnen zijn!

Circulair Ontwerpen

RWS-Ontwerpt



figuur 1 Johannes Vermeer, de geograaf

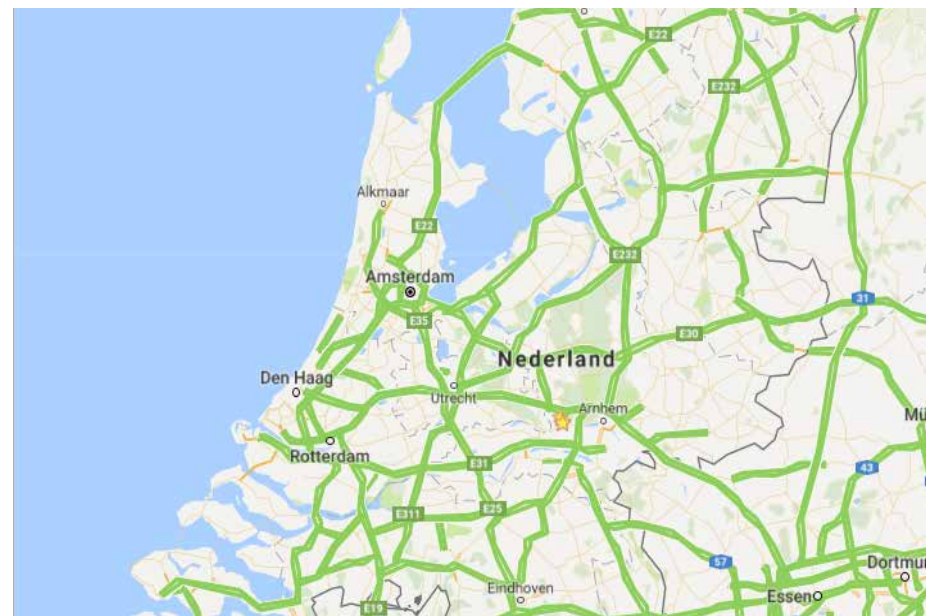


figuur 2 Cornelis Claesz, galjoen omstreeks 1600



figuur 3 Havenbedrijf Rotterdam, infographic

inspiratieboek voor integrale aanpak circulair ontwerpen



figuur 4 snelwegennetwerk Nederland

voor: Rijkswaterstaat door: ipv Delft creatieve ingenieurs

Inleiding

Rijkswaterstaat wil een grote bijdrage leveren aan de Nederlandse transitie naar een circulaire economie in 2050.

Een integraal ontwerpproces waarbij alle stakeholders en disciplines nauw betrokken zijn bij de eisenanalyse en het ontwerpproces is hiervoor van groot belang. Een werkwijze die de betrokkenen de mogelijkheid biedt om te komen tot integrale oplossingen die meer zijn dan oplossingen waarbij de raakvlakken naar behoren zijn afgestemd. Een goed integraal ontwerpproces biedt ook inzicht in de mogelijke synergie en win-win-oplossingen binnen één project en tussen een project en aanliggende andere projecten of bestaande elementen.

Dit document heeft tot doel alle externe en interne betrokkenen bij ontwerpprocessen voor Rijkswaterstaat of ontwerpprocessen met Rijkswaterstaat als stakeholder een handreiking te bieden middels de beschrijving van een gewenst proces en voorbeelden van de resultaten daarvan. Vanuit hun discipline kunnen alle betrokkenen bij Rijkswaterstaat bijdragen aan een integraal ontwerpproces om te komen tot meer integrale, synergetische, duurzame, efficiënte en circulaire oplossingen naar tevredenheid van alle betrokken disciplines en stakeholders.

Ook willen wij met dit document inzicht bieden in hoe de in de verdiepende handreiking 'circulair werken in het MIRT proces' beschreven 8 ontwerpprincipes (fig. 1) kunnen worden toegepast.

Om een goed idee te krijgen van en bekend te raken met de 8 ontwerpprincipes en hun plek in het ontwerpproces, zijn in dit document praktijkvoorbeelden beschreven.

We streven ernaar dat circulaire oplossingen een vanzelfsprekend onderdeel uit gaan maken van de wijze waarop u als beleidsmakers, projectmanagers, ontwerpers en aanbesteders van en voor Rijkswaterstaat voor en samen met alle betrokken disciplines en stakeholders de huidige en toekomstige uitdagingen voor Rijkswaterstaat oplost.

Het in dit document beschreven integrale ontwerpproces en veel van de praktijkvoorbeelden zijn gebaseerd op de praktijkervaring van creatief ingenieursbureau ipv Delft.

Leeswijzer

In de figuur hiernaast is een overzicht weergegeven van het integrale ontwerpproces en de resultaten daarvan die in dit document nader worden toegelicht.

Van boven naar beneden geeft de figuur u een overzicht van hoe de aanleidingen van een project verbonden zijn met stappen in het ontwerpproces als de eisenanalyse, de circulaire ontwerpprincipes en de mogelijke resultaten.

Met een analyse van het netwerk, de context van nieuwe infrastructuur en welke gebruikers daar direct en indirect door worden beïnvloed, worden vragen als waarom? waar? en voor wie? geanalyseerd.

Ook biedt de analyse van het netwerk, de context en de gebruikers inzicht in hoe circulaire ontwerpprincipes als voorkómen en het behouden van al aanwezige waarde kunnen worden toegepast.

Het resultaat van de eisenanalyse is een gedetailleerd programma van eisen (PVE) dat het ontwerp- en toetsingskader vormt voor het ontwerpproces om te komen tot optimaal ingepaste en functionerende oplossingen.

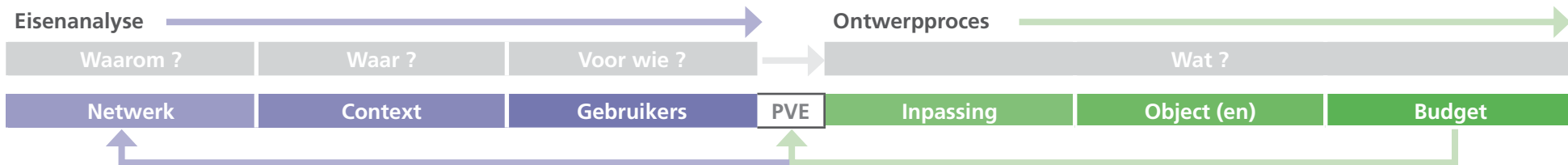
In het ontwerpproces kan het circulaire ontwerpprincipe 'waardecreatie' worden toegepast.

Omdat elk ontwerpproces zich kenmerkt door voortdurend voortschrijdend inzicht, is het van belang om elke ontwerpfase te starten met een herijking van het programma van eisen en een analyse van potentiële win-win oplossingen middels een controle of de vragen waarom? waar? en voor wie? afdoende worden beantwoord en of het budget nog toereikend is. Deze stap in het ontwerpproces draagt bij aan de optimale oplossingen voor alle betrokken partijen en disciplines.

Deze herijking, iteratieve stappen, lijken soms inefficiënt voor het proces maar zijn absoluut noodzakelijk voor het bereiken van het meest wenselijke projectresultaat voor de langere termijn. Het moment van voortschrijdend inzicht is helaas niet te plannen. Het meenemen ervan in het proces wel.

Ten slotte is per praktijkvoorbeeld met nummers aangegeven welke circulaire ontwerpprincipes van toepassing zijn en wordt het paginanummer van het praktijkvoorbeeld aangegeven.

Integraal ontwerpproces



Circulaire ontwerpprincipes

Preventie

1. Voorkom

Waardebehoud

2. Verleng de levensduur

3. Gebruik wat er is

Waardecreatie

4. Ontwerp voor meerdere levenscycli

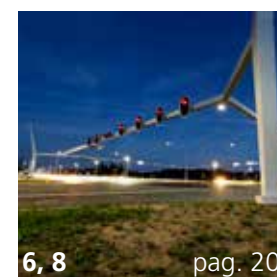
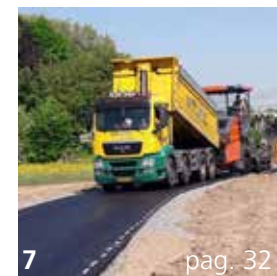
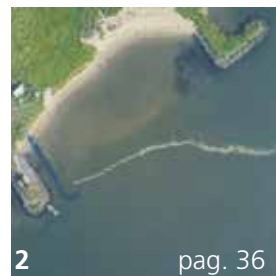
5. Ontwerp toekomstbestendig

6. Ontwerp voor beheer en onderhoud

7. Ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

8. Beperk grondstof- en energieverbruik

Praktijkvoorbeelden circulaire ontwerpprincipes



figuur 5 het integrale ontwerpproces in relatie tot de circulaire ontwerpprincipes

1. Samenwerking

In dit document wordt een integraal ontwerpproces gezien als een ontwikkelingsproces waarbij alle stakeholders en disciplines nauw betrokken zijn bij de eisenanalyse en het ontwerpproces. Om zo samen een efficiënte oplossing te ontwikkelen waarmee alle belangen op logische samenhangende wijze met zoveel mogelijk synergie en minimale maatschappelijke kosten worden bediend.

Onderling begrip tussen de betrokken partijen en disciplines van elkaars verschillen in achtergrond, focus, visies, ervaring en belangen is hierbij van groot belang.

Bij infrastructurele projecten zijn vaak mensen en partijen met zowel een beta als alfa achtergrond betrokken.

Gestuurd door hun discipline en belangen zijn er ook verschillen tussen de focus van de diverse partijen.

Zo zijn beheerders en constructeurs vaak met name gefocust op de uitvoering van de benodigde technische oplossingen.

Stakeholders in de context, zoals verkeerskundigen, stedenbouwkundigen of landschapontwerpers, zijn vaak meer gefocust op het grotere geheel binnen het netwerk en de context.

De politiek en het projectmanagement is vaak gefocust op het doorlopen van het proces binnen een gegeven planning en budget.

Alle betrokken partijen hebben visies op de mogelijke oplossingen vanuit hun achtergrond, focus, ervaring en belangen.

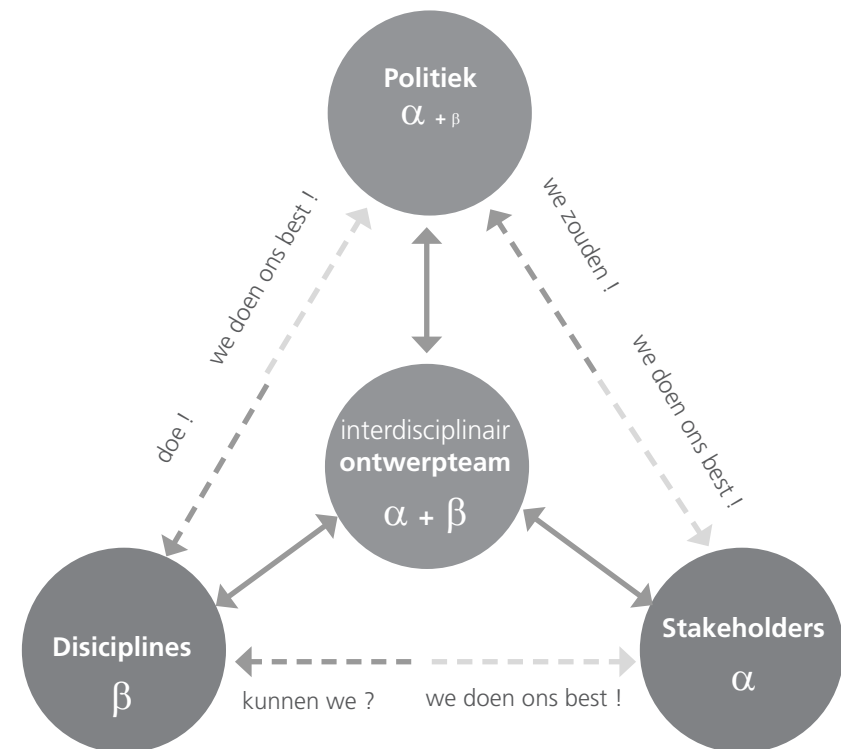
Het in dit document beschreven integrale ontwerpproces start met een goede analyse van de wensen en eisen uit het netwerk, de context en de gebruikers.

Ogenschijnlijk kunnen eisen en wensen oplossingsvrij worden geanalyseerd. In de praktijk zullen alle betrokken partijen echter vaak de vraag naar hun eisen en wensen beantwoorden vanuit een ontwerpvisie gebaseerd op hen bekende oplossingen of door hen als dwingend ervaren regelgeving. Bekend suggereert efficiëntie. Klakkeloos de meest dwingende vorm van regelgeving geldend verklaren suggereert de garantie van een goede oplossing. Helaas beperkt de efficiëntie zich bij deze werkwijze vaak tot deeloplossingen en kunnen mogelijke interdisciplinaire synergetische oplossingen erdoor worden beperkt.

Bevorderen van het begrip van de verschillen in belangen, focus, achtergrond en ontwerpvisies tussen de disciplines en stakeholders vergroot de kans op de vondst van goede synergetische oplossingen.

Gebrek aan dit begrip resulteert vaak in oplossingen waarbij de raakvlakken van deeloplossingen voor disciplines en stakeholders zijn afgestemd, maar de onderlinge deeloplossingen elkaar niet ondersteunen of versterken. Deeloplossingen die niet met elkaar conflicteren maar ook niet met elkaar verweven zijn.

En juist deze verwevenheid of integraliteit is iets wat wel nodig is in onze huidige complexe maatschappij en leefomgeving om te komen tot efficiënte, meer duurzame en bij voorkeur circulaire oplossingen.



figuur 6 verhoudingen tussen diverse betrokken partijen in een 'infrastructuur' ontwerpproces mei 2019

Wanneer alle typen betrokken partijen in interdisciplinaire overleggen tijdens de eisenanalyse en in de ontwerpfasen de gelegenheid krijgen aan elkaar uit te leggen waar hun eisen, wensen en ontwerpvisies op gebaseerd zijn, biedt het begrip van deze eisen, wensen en ontwerpvisies uit andere disciplines en van andere stakeholders alle betrokken partijen de mogelijkheid mee te denken over potentiële win-win-oplossingen en kan er een positieve één-voor-allen en allen-voor-één werksfeer ontstaan.

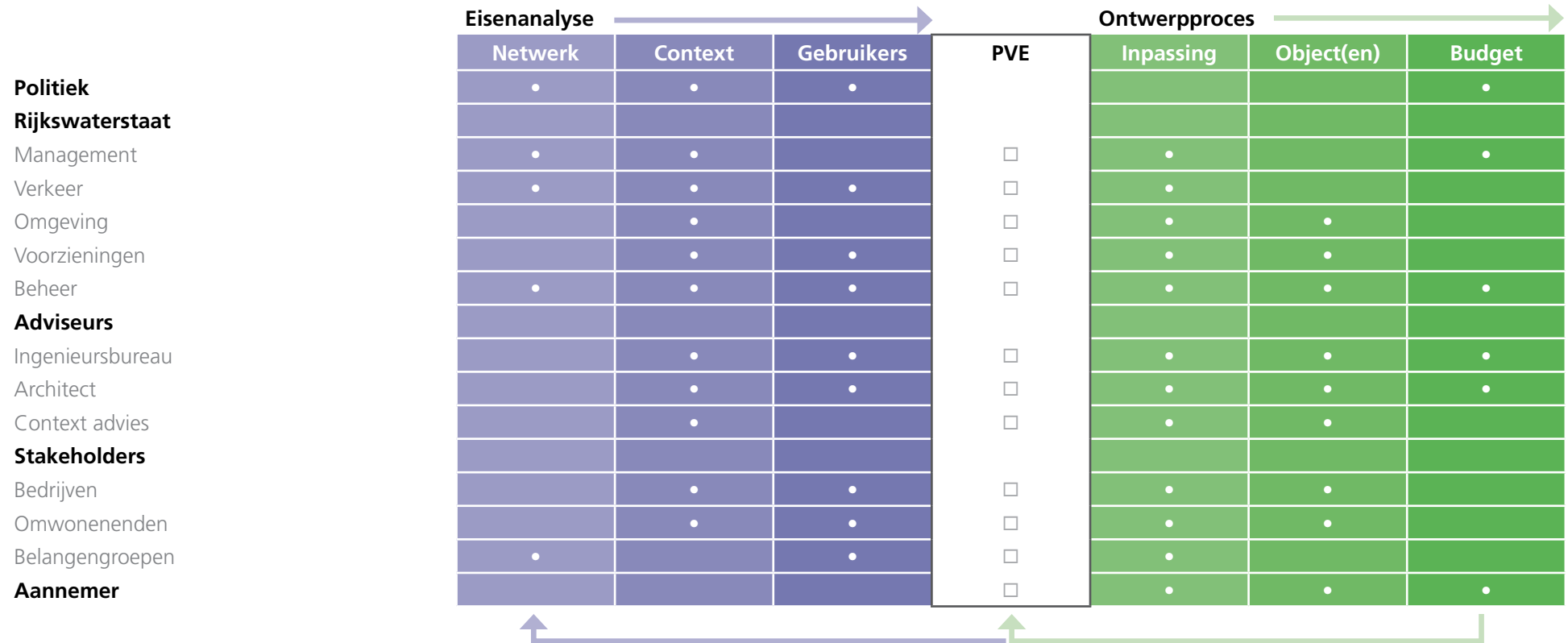
De synergetische win-win-oplossingen kunnen zowel binnen één ontwerpoplossing of tussen meerdere projecten en belanghebbende partijen worden gevonden.

Zo kan een nieuwe fietsbrug soms geheel worden voorkomen door ook goed de behoefte uit het verkeersnetwerk te analyseren (pag. 15).

Voor het vinden van win-win-oplossingen is het van belang dat de diverse disciplines en stakeholders zo vroeg mogelijk bij de juiste onderwerpen in het proces worden betrokken.

Het schema in figuur 7 geeft een voorbeeld van hoe diverse disciplines en stakeholders binnen en buiten Rijkswaterstaat bij een Rijkswaterstaat project betrokken kunnen worden.

Welke partijen betrokken moeten worden bij de analyse van het netwerk, de context en de gebruikers om te komen tot een goede inpassing en ontwerpoplossingen verschilt per project. Daarom is op pagina 40 een leeg schema opgenomen, wat u kunt gebruiken voor uw eigen project.



figuur 7 betrokkenheid diciplines en stakeholders in een 'infrastructuur' ontwerpproces

2. Eisenanalyse

De eisen voor infrastructurele projecten kunnen gestructureerd worden geanalyseerd door stapsgewijs in te zoomen vanuit het netwerk op de context en de gebruikers. In het functioneren van het netwerk ligt vaak het waarom van nieuwe infrastructuur.

Netwerk fig. 9

Een behoefte in het netwerk wordt gesignaleerd door verkeerskundigen, beheer of stakeholders. Bij het bepalen van waar en hoe deze behoefte het beste wordt opgelost is een interdisciplinaire aanpak van belang. Een verkeerskundig meest logische locatie voor netwerkverbetering kan vanwege contextuele aspecten technisch of procesmatig een complexe oplossing zijn. Een technisch goede locatie kan leiden tot gemiste kansen voor het huidige en toekomstige multimodale netwerk.

Bij de aanleg van extra rijstroken op een viaduct over de A2 was om het bestaande fietspad te behouden in eerste instantie verbreding van het bestaande viaduct gepland. Na een interdisciplinaire netwerk- en contextanalyse bleek een nieuwe boogbrug voor fietsers over de A2 (pag. 16) beter aan te sluiten op het fietsnetwerk, de doorstroom en veiligheid voor het snelverkeer te bevorderen en de bouw hinder aanzienlijk te beperken.

Bij nieuwe bruggen over de Waal bij Nijmegen die functioneel zijn uitgevraagd als een multimodale oplossing van A naar B, werden belangrijke kruisende routes die de nieuwe bruggen passeren (fig. 9,10 A' en B') door de uitvragers over het hoofd gezien met een inefficiënt langzaamverkeersnetwerk en zelfs spookfietsers tot gevolg.

Bepaal daarom interdisciplinair en met stakeholders hoe een nieuwe verbinding moet functioneren in het multimodale netwerk en wat de beste locatie, de context, is voor de nieuwe verbinding.

Context fig. 10

In de analyse van de context komen zaken aan de orde als de ondergrond situatie, juridische beperkingen vanuit de bebouwde omgeving, stedenbouw, bestemmingsplan, landschap, historie, omwonenden, bedrijven en flora en fauna. Ook de analyse van de context wordt bij voorkeur interdisciplinair en met stakeholders gedaan. Een nieuwe verbinding kan een hindernis maar ook een kans zijn voor partijen in de context. Partijen die mogelijk zelfs directe of indirecte medegebruikers worden.

Zo kan een hellingbaan ook een geluidswal voor een achterliggende woonwijk vormen. Ook kan in context mogelijk co-financiering worden gevonden.

Gebruikers fig. 11

Gebruikers zijn zowel de partijen die gebruik maken van de nieuwe infrastructuur, de eventueel kruisende infrastructuur en de context als de disciplines die deze gebruikers faciliteren. Binnen deze gebruikers is het vervolgens van belang naast de primaire reguliere gebruikers ook de subgroepen als bijzondere, onbedoelde, incidentele en overige gebruikers te onderscheiden.

Vaak kan één integrale oplossing zonder toename in complexiteit de belangen van meerdere gebruikersgroepen of disciplines dienen.

Zo is Poort Neerbosch in Nijmegen (pag. 20) één integrale oplossing die stedenbouwkundig dient als toegangsmarkering voor Nijmegen en tevens dient als drager van verkeerslichten, bewegwijzeringen en verlichting voor een kruispunt.

Vaak voorkomende gebruikersgroepen zijn:

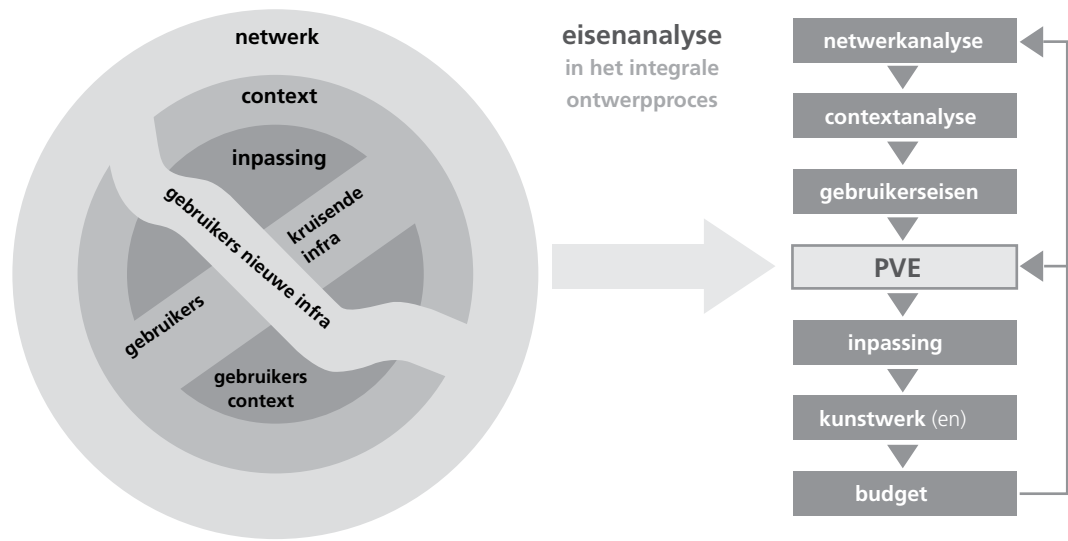
- primair hoofdgebruikers van nieuwe en kruisende infra of context
- bijzonder bv. extra groot voertuig, gehandicapten of kinderen
- onbedoeld bv. onbedoeld voertuig of vandalen
- incidenteel bv. beheer en onderhoud of hulpdiensten
- overig bv. k&l integreerbaar in de nieuwe infrastructuur

De gebruikers bepalen onder andere het profiel van vrije ruimte op en onder nieuwe infrastructuur en de belastingen.

Programma van eisen

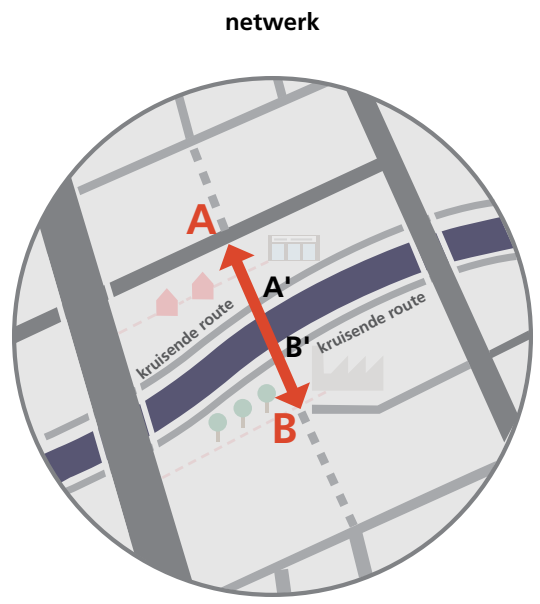
Samen vormen de eisen uit de analyse van het netwerk, de context en de gebruikers het programma van eisen (PVE). Het PVE vormt het toetsings- en keuzekader voor ontwerpvoorstellen en varianten.

Vaak is het moeilijk om eisen en wensen alleen theoretisch te bepalen en is een conceptuele interdisciplinaire ontwerpende toets raadzaam om misverstanden zoals die bij de Nijmeegse Waalbruggen te voorkomen (fig. 9,10).

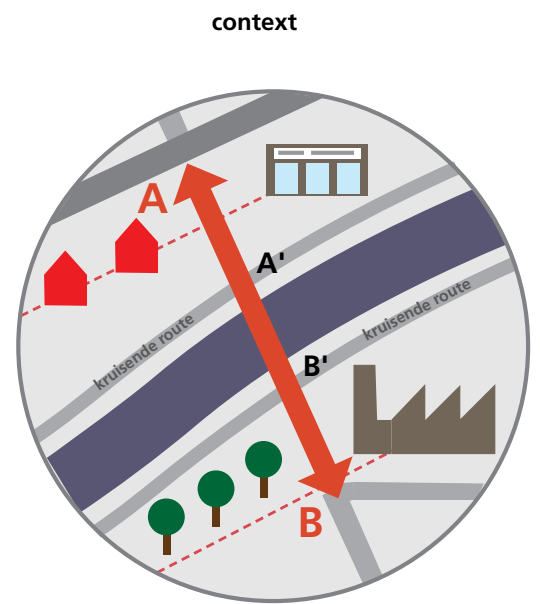


Eisenanalyse	
Netwerk	Verkeerskundig : multimodale samenhang en directheid. Technisch : conflict met kruisende infra, realiseerbaarheid
Context	omwonenden, bedrijven, stedenbouw, landschap, historie, bestemmingsplan, ecologie, bodem, kabels en leidingen
Gebruikers	Groepen : gebruikers nieuwe infrastructuur, gekruiste infrastructuur en context. Typen : regulier, speciaal, onbedoeld, incidenteel en overig.

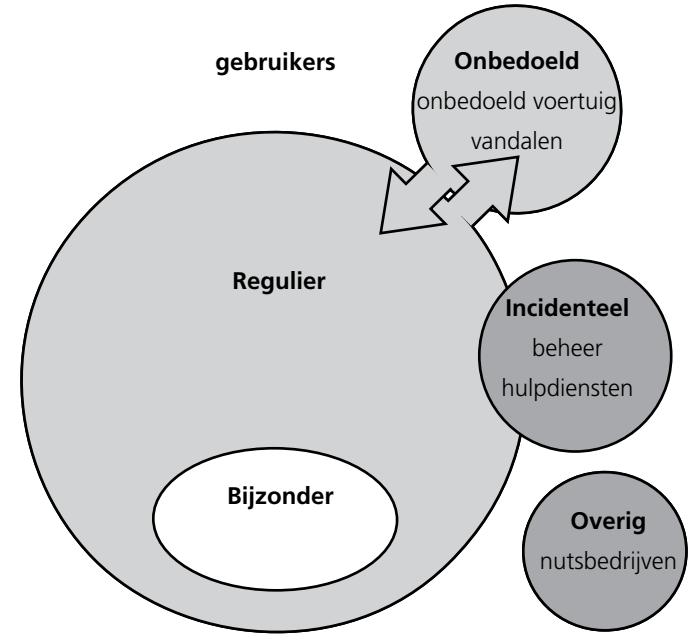
figuur 8 Eisenanalyse



figuur 9 Netwerkanalyse



figuur 10 Contextanalyse



figuur 11 Gebruikersanalyse

3. Ontwerpproces en taakverdeling

Het ontwerpproces

Met het PVE of het contract op basis van het klanteneisensysteem (KES) als toetsings- en keuzekader kan het ontwerpproces worden gestart.

Samen bepalen de eisen en wensen uit het netwerk, de context en van de gebruikers het meest wenselijke alignement. Uit het meest wenselijke alignement volgen vervolgens de randvoorwaarden voor de benodigde kunstwerken en andere objecten als wegmeubilair.

Om te komen tot uitgewerkte ontwerpen voor de benodigde locatiespecifieke kunstwerken en objecten moeten vervolgens diverse ontwerpfasen worden doorlopen waarbij de oplossingen steeds gedetailleerder worden vastgelegd. Vaak worden de ontwerpfasen schetsontwerp (SO), voorlopig ontwerp (VO), definitief ontwerp (DO), besteksontwerp (bestek) en uitvoeringsontwerp (UO) onderscheiden.

Tijdens de ontwerpfasen worden met toenemende gedetailleerdheid mogelijke oplossingen onderzocht. Oplossingen die leiden tot nieuwe vragen die moeten worden beantwoord voor en door de betrokken disciplines en stakeholders en vaak leiden tot aanpassingen in de ontwerp oplossing en het PVE, het ontwerp kader.

Omdat elk ontwikkelproces zich kenmerkt door dit voortdurende voorstschrijdend inzicht is het van belang om te komen tot optimale oplossingen voor alle betrokken partijen en disciplines om elke ontwerpfase te starten met een toetsing van de ontwerp oplossing aan het PVE, eventuele herijking van het PVE en analyse van potentiële win-win oplossingen. Door een controle of de vragen waarom? waar? en voor wie? goed en met minimale maatschappelijke kosten worden beantwoord, en of het budget nog toereikend is.

Deze herijking, iteratieve stappen, lijken soms inefficiënt voor het proces maar zijn absoluut noodzakelijk voor het bereiken van het meest wenselijke projectresultaat.

Het moment van voortschrijdend inzicht is niet te plannen. Het meenemen ervan wel.

Gedurende het ontwerpproces wordt het ontwerp en het PVE telkens verder vastgelegd en nemen een aantal zaken steeds verder af:

- het aantal nieuwe vragen en wijzigingen in het PVE;
- het risico op een ongewenst resultaat in tijd, geld en product;
- het aantal en noodzakelijke betrokken partijen (stakeholders en disciplines).

Wie doet wat

In principe kunnen alle ontwerpfasen door de opdrachtgever worden uitgevoerd, waar nodig ondersteund met een ontwerpende, adviserende partij of partijen.

Ook kunnen al de ontwerpfasen worden uitbesteed aan de markt die in antwoord hierop een consortium formeert met de benodigde ontwerp- en uitvoeringsdisciplines.

Bij uitbesteding wil zowel de uitbestedende als de aanbiedende partij zoveel mogelijk duidelijkheid over de inhoud van de vraag. Het gevraagde ontwerpproces wordt vaak geïnterpreteerd als een lineair verlopend oorzaak-gevolg-proces waarbij in elke volgende ontwerpfase het ontwerp steeds gedetailleerder wordt uitgewerkt. Bij het steeds duidelijker worden van alle ontwerpdetails moet in een ontwerpproces echter vaak geconcludeerd worden dat een eerdere ontwerpbeslissing op een lager detailniveau bij de verdere uitwerking niet tot het meest wenselijke resultaat leidt op een hoger detailniveau of voor de gehele oplossing. Om tot een optimaal resultaat te komen moeten dan op basis van dit voortschrijdend inzicht eerder gemaakte ontwerpbeslissingen worden herzien.

Het benodigd zijn van deze iteraties om te komen tot het beste resultaat wordt door een uitbestedende en aanbiedende partij vaak niet expliciet benoemd, maar impliciet aangenomen. Met een uiteenlopende uitleg van wat verstaan wordt onder deze iteraties, het in opdracht gegeven werk en mogelijk meerwerkdiscussies hierover tot gevolg.

Het aantal benodigde iteraties wordt beïnvloed door de beschikbare valide informatie, innovativiteit, nieuwigheid van het project of onderdelen daarvan en het aantal betrokken stakeholders en disciplines.

De aard en het aantal betrokken stakeholders en disciplines verandert naar mate de oplossing verder wordt vastgelegd. Bij het bepalen van het alignement en eerste concepten voor kunstwerken en objecten zijn vaak nog veel stakeholders en disciplines uit de context betrokken. Stakeholders waar het omgevingsmanagement van de opdrachtgever vaak een lange relatie en vertrouwensband mee heeft opgebouwd tijdens de planvorming.

In figuur 12 is aan de linkerkant weergegeven hoe de mate van uitwerking zich verhoudt tot het aantal bij het ontwerpproces betrokken partijen en disciplines. Naarmate de uitwerking toeneemt zijn er minder stakeholders en disciplines betrokken en neemt de kans op het benodigd zijn van iteratieve stappen af.

Bij de uitvraag van optimalisatie middels innovatieve nog onbekende oplossingen, zoals nu nog circulair ontwerpen, is het van groot belang als opdrachtgever goed na te denken over welke eigen uitwerking wenselijk is en op welk moment en voor welke ontwerpfasen en projectonderdelen de markt betrokken wordt en welke contractvorm het meest passend is.

Omdat bij innovatieve ontwerpgegevens de onzekerheid omtrent resultaat in tijd, geld en product groot is, kun je als opdrachtgever kiezen de zoektocht naar innovatie te focussen op projectdelen waar de grootste 'winst' verwacht wordt. En projectfasen waar de meerwaarde van marktpartijen het grootst is. En vervolgens deze projectdelen en ontwerpfasen met meer oplossingsvrijheid voor marktpartijen uit te vragen. Zo wordt balans gevonden tussen de innovatiewens en een acceptabel risico in tijd, geld en product.

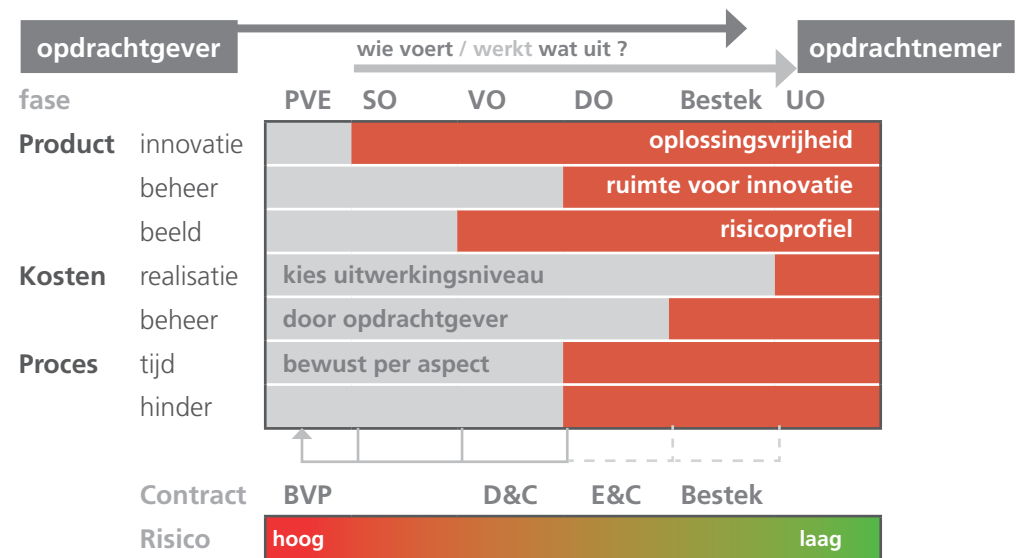
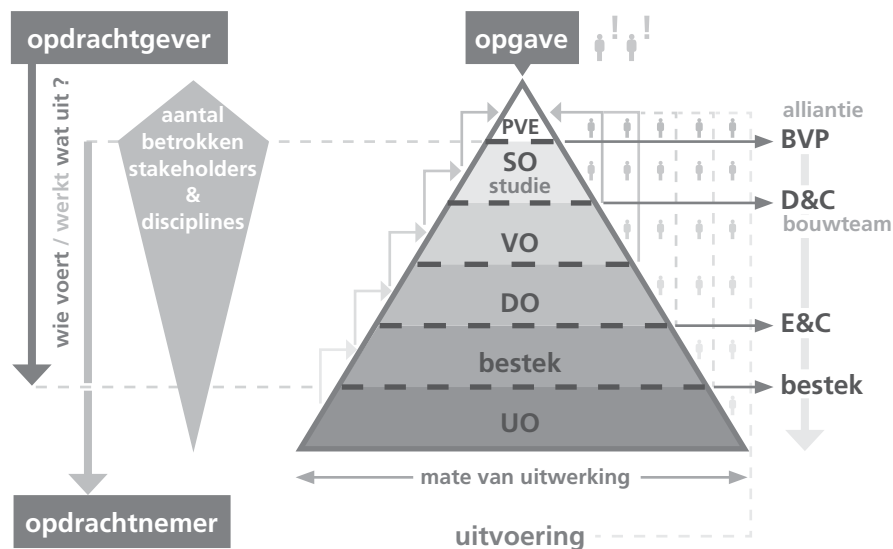
Het rechtergedeelte van figuur 12 (het grijs-rode schema) geeft een voorbeeld van deze werkwijze. In het voorbeeld is veel ruimte gelaten voor innovatie als circulaire oplossingen door als opdrachtgever hier alleen een PVE voor op te stellen. De gewenste beheerbaarheid en vormgeving zijn gespecificeerd tot op SO- en VO-niveau. De acceptabele kosten voor realisatie en beheer zijn tot op DO- en besteksniveau vastgesteld. Het realisatiebudget is dus begrensd, maar er is nog enige ruimte voor optimalisatie door de markt op

beheerkosten. De beschikbare tijd en acceptabele hinder zijn tot op VO-niveau bepaald, waardoor de opdrachtnemer vrijheid wordt geboden om bijvoorbeeld de aanbieding te optimaliseren op bouwfasering.

In Heerhugowaard (pag. 19) werd deze werkwijze toegepast om een fietsbrug concurrerend te realiseren met een innovatief onderhoudsarm materiaal. Dit werd bereikt door een dekprincipe tot op VO-niveau uit te werken uitvoerbaar in meerdere materialen. Een fictieve aftrek van de inschrijfprijs was te verdienen met het toegepaste materiaal. Zo kon voor deze brug een innovatief onderhoudsarm materiaal concurrerend worden aangeboden.

Een schema waarin u voor uw eigen project kunt vastleggen welke onderdelen tot op welk niveau door de opdrachtgever en vanaf welk niveau door de opdrachtnemer worden uitgewerkt is opgenomen op pagina 41.

Weet u precies wat u wilt, vraag dat dan. Weet u dat niet zoals bij een innovatie- of optimalisatievraag, realiseer u dan wat u van / aan de markt vraagt en in welke ontwerpfase, vanaf welk uitwerkingsniveau, u dit het beste kunt vragen.



figuur 12 ontwerpproces - wie doet wat - aanbestedingswijze - ruimte voor innovatie / circulaire ontwerpen - risicoprofiel

4. Circulaire ontwerpprincipes

In de verdiepende handreiking 'circulair werken in het MIRT proces' worden acht mogelijke ontwerpprincipes en drie hoofdthema's beschreven. Op de pagina hiernaast zijn deze ontwerpprincipes en hun relatie tot het beschreven integrale ontwerpproces toegelicht. Zo past nadenken over hoe je iets kan voorkomen en waarde behouden bij de eisenanalyse waar je nadenkt over waarom, waar en voor wie.

En zo past waardecreatie bij de ontwerpfasen waarin je vastlegt wat de beste oplossing is en daarmee waarde creëert.

Circulaire, duurzame oplossingen door een goede eisenanalyse

De zoektocht naar circulaire oplossingen sluit logisch aan op het beschreven eisenanalyse- en ontwerpproces. Zo kunnen meer circulaire en duurzame oplossingen direct worden gevonden bij de analyse van het netwerk, de context en de gebruikers. Oplossingen die zowel aansluiten op de circulaire ontwerpprincipes preventie en waardebehoud als waardecreatie.

De bij de analyse van het netwerk beschreven nieuwe fietsbrug over de A2 (pag. 16), die het verbreden van een bestaand betonnen viaduct onnodig maakt en leidt tot een verbeterde doorstroom voor het snelverkeer is hier een voorbeeld van.

Ook een nieuwe fietsbrug over de A50 bij Apeldoorn (pag. 15) die voorkomen kon worden door goed te kijken naar de behoefte van het netwerk op een nabij viaduct is een voorbeeld van een circulaire, duurzame, oplossing voortkomend uit de netwerkanalyse. Door de snelheid op dit viaduct te verlagen konden de rijbanen worden versmald en ontstond er voldoende ruimte voor een fietspad op het viaduct en was een nieuwe fietsbrug niet meer nodig.

De analyse van de context biedt ook vaak inzicht in mogelijkheden voor circulaire, duurzame, oplossingen.

In Breda (pag. 21) kon gebruik gemaakt worden van een bouwweg met hetzelfde alignment als een nieuwe brug voor de aanleg van het brugdek en de paalfundering van deze nieuwe brug. Door de aanwezige bouwweg konden in de grond gevormde hogesnelheidspalen worden toegepast. Ook fungeerde de bouwweg als stortvloer om de nieuwe brug integraal in het werk te storten. Met als resultaat een voegloze, oplegblokloze, onderhoudsarme, integraalbrug gebouwd met minimale hulpmiddelen.

De analyse van de gebruikers biedt vaak inzicht in mogelijke waardecreërende multifunctionele oplossingen die met minder materiaal de behoeften van meerdere gebruikers vervullen zoals Poort Neerbosch (pag. 20), beschreven bij de eisenanalyse.

Maar ook de bank die als technische ruimte fungeert bij een beweegbare brug in Assen (pag. 20) en de vele in de fietsbrug de Hovenring (pag. 24, 25) geïntegreerde functies zijn hier voorbeelden van.

Circulaire, duurzame oplossingen in de ontwerpfasen

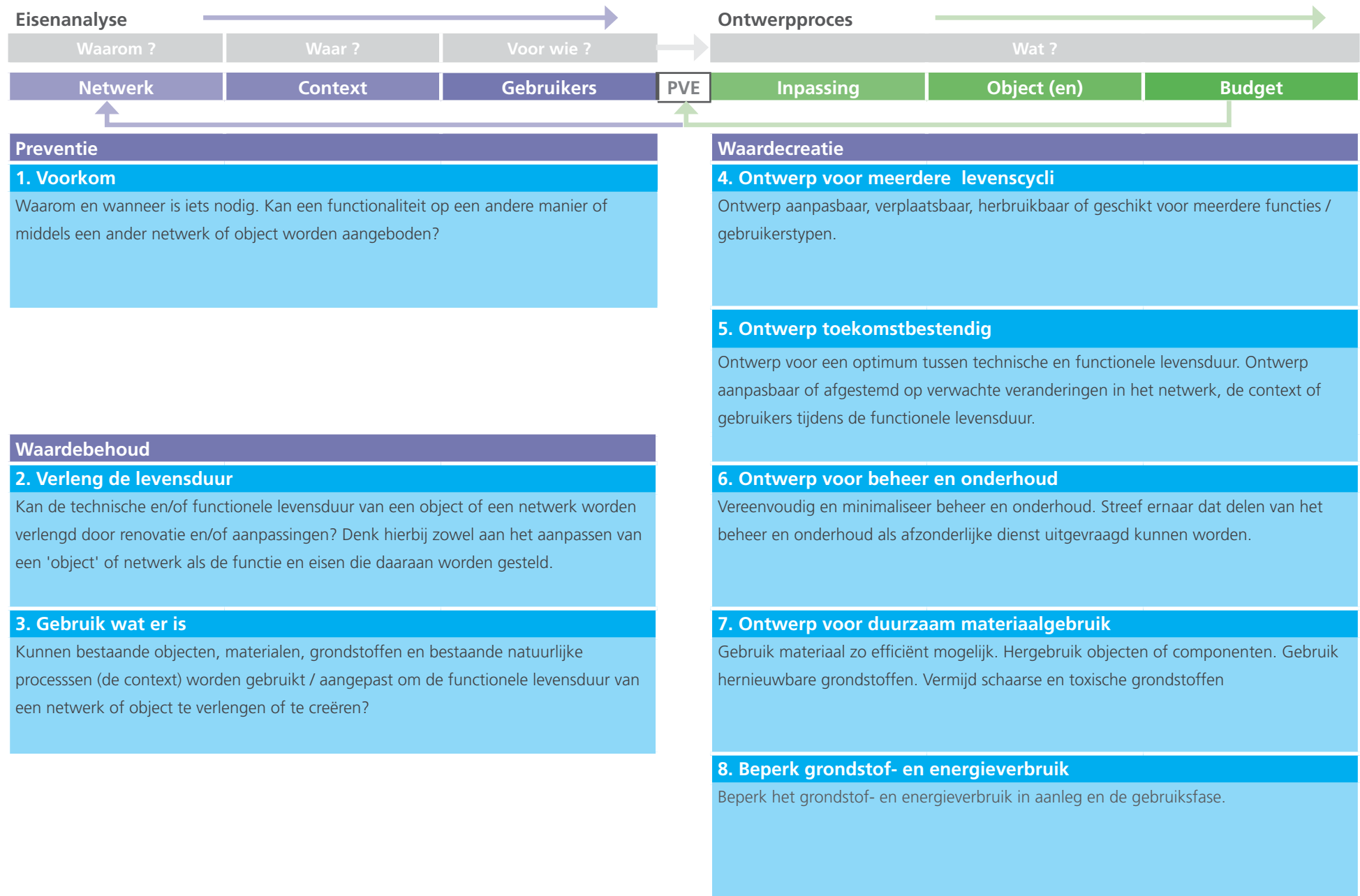
Maar nadenken over de mogelijkheden voor circulaire, meer duurzame, oplossingen stopt niet bij de eisenanalyse. De mogelijkheden voor circulaire waardecreatie ontwikkelen zich ook gedurende het ontwerpproces.

Zo konden de mogelijkheden om de verlichting van het onderliggende kruispunt te integreren bij de Hovenring (pag. 25) pas ontdekt worden na vaststelling van de inpassing, het alignment en het architectonische en constructieve schetsontwerp. Ook de ontwikkeling van het aluminium extrusieprofiel van de handregel voor deze brug waarin eenvoudig installeerbaar en onderhoudbaar meerdere LED armaturen en bekabeling zijn geïntegreerd werd pas door de opdrachtgever gestart tijdens het definitief ontwerp en uitontwikkeld voor het besteksontwerp.

Gedurende alle ontwerpfasen moet het interdisciplinaire ontwerpteam dus alert zijn op nieuwe mogelijkheden voor circulaire oplossingen die zich aandienen naarmate de oplossing verder wordt uitgewerkt.

En zeker in de ontwerpfasen is het van cruciaal belang dat deze mogelijkheden voor meer circulaire, duurzame, oplossingen ontdekt door voortschrijdend inzicht een kans krijgen binnen een ontwikkelingsproces dat vanaf de start bewust ruimte in tijd, geld en ontwikkelingscapaciteit biedt voor kansen voortkomend uit dit voortschrijdend inzicht.

Met een ontwikkelproces waarbij alle betrokken disciplines en stakeholders nauw samenwerken en elkaar inspireren om te komen tot synergetische win-win-oplossingen, wat start met een goede eisenanalyse en waarbij bewust ontwerpfasen en projectonderdelen worden ontwikkeld door de meest geschikte partij worden zo de kansen voor het toepassen van circulaire, duurzame oplossingen zo groot mogelijk gemaakt.



figuur 13 ontwerpproces in relatie tot de handelingsperspectieven voor een circulair ontwerp

5. Praktijkvoorbeelden

Inhoud

- 5.1 Dolderbrug Steenwijk
- 5.2 fietspad viaduct A50 Apeldoorn
- 5.3 fietsbrug A2 Eindhoven
- 5.4 MultiWaterWerk
- 5.5 voetbrug Waalhaven
- 5.6 drijvende brug Haarlem
- 5.7 fietsbrug Enschede
- 5.8 multifunctionele kantelmast
- 5.9 fietsbrug Heerhugowaard
- 5.10 fietsbrug Westervoort
- 5.11 poort Neerbosch Nijmegen
- 5.12 beweegbare brug Assen
- 5.13 brug Werkdonken Breda
- 5.14 brug Potmarge Leeuwarden
- 5.15 kunstwerken en gemalen ontpoldering Noordwaard
- 5.16 overstroombare bruggen IJssel
- 5.17 Hovenring Eindhoven
- 5.18 duurzame bruggen Amersfoort
- 5.19 UHSB brug Maasland
- 5.20 Fiets- en natuurverbinding Nigtevecht
- 5.21 Biobased brug Ritsumasyl
- 5.22 Waterplein Benthemplein
- 5.23 Kleirijperij
- 5.24 Beton maken van beton
- 5.25 Bio-basalt-balsa brug
- 5.26 Natuurstimulerende zeewering
- 5.27 Zandmotor
- 5.28 Circulair fietspad
- 5.29 Ecodynamische verlichting
- 5.30 Gerenoveerde geleiderail
- 5.31 Verlichting Ketheltunnel
- 5.32 Verjongingscrème voor asfalt
- 5.33 Biobased brug
- 5.34 Houten wegportalen
- 5.35 the Great Bubble Barrier
- 5.36 Upcyclecentrum Almere
- 5.37 Hydro C2C Take Back lichtmasten
- 5.38 Houten geleiderail

5.1 verkeersbrug Dolderbrug Steenwijk

5. ontwerp toekomstbestendig

In Steenwijk moest een oude hefbrug aan de rand van de binnenstad worden vervangen. De gemeente wilde een nieuwe vaste brug met de mogelijkheid om deze in de toekomst eenvoudig beweegbaar te maken, vanwege een mogelijke toekomstige hogere vaarwegklasse. Daarnaast wilden stedenbouwkundigen een duidelijke toegangspoort naar de binnenstad. De nieuwe Dolderbrug is daarom uitgevoerd als vaste betonnen brug voorzien van verwelkomende portalen. De betonnen overspanning onder de portalen kan in de toekomst, als de brug beweegbaar moet worden, vervangen worden door een stalen val. De portalen zijn voorbereid om voorzien te worden van een elektromechanische hefinstallatie. De portalen fungeren dan ook als geleiding voor het val.



5.2 fietspad viaduct A50 Apeldoorn

1. voorkom

3. gebruik de context

Toen de gemeente Apeldoorn vlakbij een bestaand viaduct over de A50 een nieuwe verbinding over de A50 voor voetgangers en fietsers wilde aanleggen was het uitgangspunt de context zoveel mogelijk te gebruiken. In eerste instantie is onderzocht of de aanrijdbelasting van een nieuwe brug afgedragen kon en mocht worden op het bestaande viaduct om de nieuwe brug lichter te kunnen uitvoeren. Uiteindelijk is voorgesteld geen nieuwe brug aan te leggen, maar de snelheid op het bestaande viaduct te verlagen (gestuurd in randvoorwaarden). Hierdoor konden de rijbanen worden versmald en bleef er voldoende ruimte over op het bestaande viaduct voor een smal pad voor fietsers en voetgangers. Om te benadrukken dat het viaduct nu ook langzaam verkeer bedient is het viaduct ook voorzien van een nieuw (duurzaam) hekwerk met bamboe lamellen.



5.3 fietsbrug A2 Eindhoven

1. voorkom

3. gebruik de context

8. beperk grondstof- en energieverbruik

Door niet het bestaande viaduct over de A2 aan te passen, maar een nieuwe boogbrug voor fietsers ten zuiden van het bestaande viaduct aan te leggen, kan het bestaande viaduct over de volle breedte optimaal worden gebruikt voor snelverkeer. Ook sluit de nieuwe fietsbrug beter aan op het bestaande utilitaire en recreatieve fietsnetwerk. De brug bespaart fietsers twee verkeerslichten, wat ook de doorstroom van het snelverkeer op de A2 verbetert. Tot slot kan de boogbrug in de directe omgeving naast de A2 worden gebouwd en hoeft de A2 maar 1 nacht te worden afgesloten voor de plaatsing. Grondlichamen voor hellingbanen fungeren ook als geluidswal voor achterliggende nieuwe bebouwing.



5.4 MultiWaterWerk

1. voorkom

5. toekomstbestendig

6. optimaliseer beheer en onderhoud

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

8. minimaal grondstof- en energieverbruik

Vanaf 2020 voorziet Rijkswaterstaat een grote vervangingsopgave van waterbouwkundige kunstwerken, zoals schutsluizen. Hiermee is zeer veel geld gemoeid. Drie belangrijke aspecten zijn: standaardisatie, innovatie en marktwerking. Het concept MultiWaterWerk voorziet in een splitsing tussen het “standaard” basisontwerp en de realisatie van het kunstwerk. Door voldoende tijd en energie te steken in een goed doordacht basisontwerp, kan winst behaald worden in ontwerpkosten, bouw- en onderhoudskosten en bouwwijze. Het basisontwerp geeft mogelijkheden voor innovaties en toekomstige technische ontwikkelingen. Om tot een basisontwerp te komen is een multidisciplinair ontwerpproces noodzakelijk waarbij een zeer brede groep stakeholders samenwerkt en een visie wordt gevormd op basis van de te verwachten toekomstige ontwikkelingen.



5.5 voetbrug Waalhaven

1. voorkom

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

Door het hekwerk voor deze voetbrug over een rangeerterrein in de Rotterdamse haven dragend uit te voeren is een zeer efficiënte constructie gerealiseerd. Daarbij scheelt het gebruikers een extra klim (ca. 0,75 m.). Veel materiaal werd bespaard door materiaal weg te nemen, daar waar het constructief niet nodig is. Het verdichtingspatroon van de uitgesneden ruiten volgt de momentenlijn. Het dragende hekwerk kon over de steunpunten uitkragen waardoor er geen fundering nodig was in de hoofdwaterkering onder de trap.



5.6 drijvende brug Haarlem

1. voorkom

3. gebruik de context

4. ontwerp voor meerdere levenscycli

6. optimaliseer beheer en onderhoud

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

In plaats van een reguliere fietsbrug over het kruispunt, welke erg veel materiaal kost, is hier gekozen voor een drijvende fietsbrug. Doordat de brug drijft, waren geen kranen nodig bij de plaatsing. De brug werd gebouwd door een scheepswerf en is voorzien van een offshore coating. Als de offshore coating na tientallen jaren onderhoud behoeft, kan de brug worden teruggevaren naar de scheepswerf voor controle en kan zonder het milieu te belasten een nieuwe coating worden aangebracht. Mocht de brug in de toekomst op deze locatie niet meer nodig zijn dan kan deze eenvoudig worden verplaatst en mogelijk ergens anders worden ingezet.

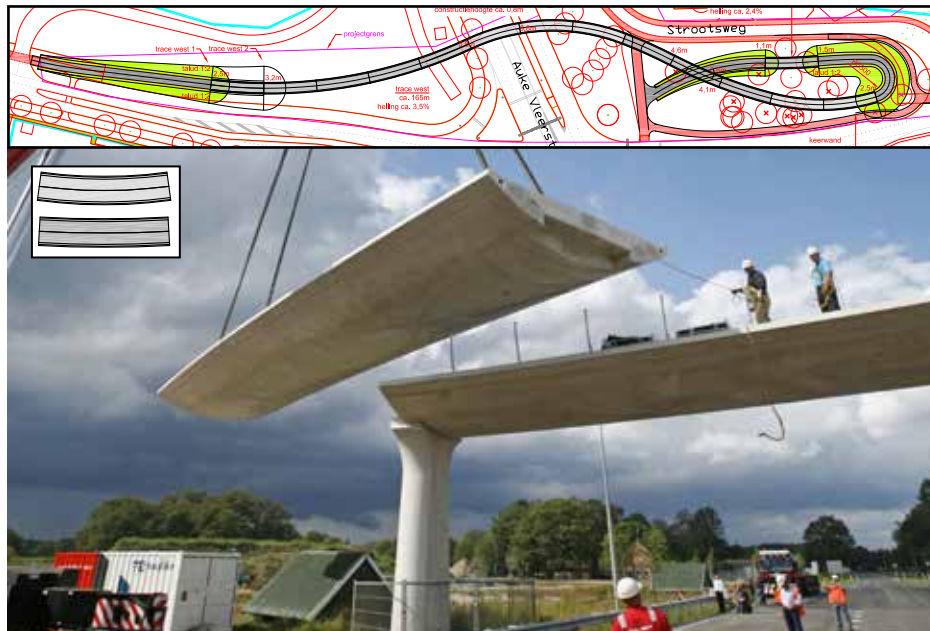


5.7 fietsbrug Enschede

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

8. beperk grondstof- en energieverbruik

Voor deze brug en de bijbehorende hellingbanen was een complex meanderend wegverloop noodzakelijk om aan alle eisen uit de context te voldoen, zoals onder andere voldoende stopzicht tot de verkeerslichten. Door het meanderende brugdek op te delen in delen met twee verschillende radii kon de brug worden geprefabriceerd met slechts twee mallen. Voor de steunpunten is één herbruikbare mal gebruikt. Deze modelspoorbaanaanpak zorgde voor een bouw met minimale hinder. Door de brug met dit meanderende alignment voldoende afstand te geven tot de verkeerslichten hoefde de brug niet hoger dan minimaal noodzakelijk te worden aangebracht voor het benodigde stopzicht. Wat leidde tot meer gebruikscomfort en kortere hellingbanen.



5.8 multifunctionele kantelmasten

1. voorkom

5. ontwerp toekomstbestendig

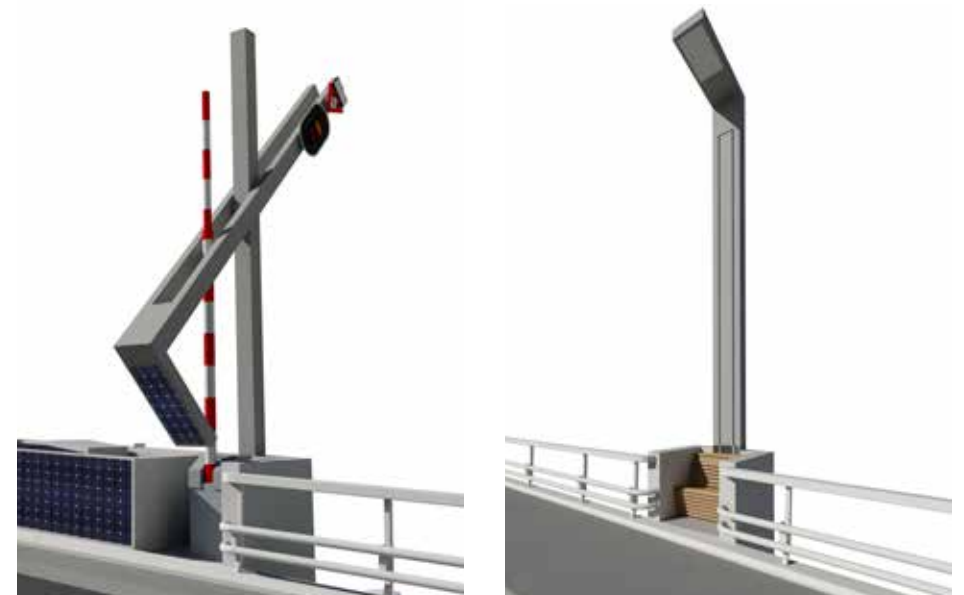
6. optimaliseer beheer en onderhoud

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

8. beperk grondstof- en energieverbruik

8.

Deze multifunctionele kantelmasten voor een nieuwe beweegbare brug over het van Harinxmakanaal bij Dronrijp bieden plaats aan de openbare verlichting, camera's, seinen, omroepinstallatie, bebording, meteostation, marifoonantenne en zonnepanelen. Hiermee zijn alle onderdelen eenvoudig op bereikbare hoogte te onderhouden door de masten te kantelen. Dit kan zelfs over de afsluitbomen indien nodig. Op de brug worden masten op enkele locaties gecombineerd met de afsluitbomen.



5.9 fietsbrug Heerhugowaard

6. optimaliseer beheer en onderhoud

Deze fietsbrug in Heerhugowaard kruist een drukke en belangrijke weg. Daarom wilde de gemeente een zo onderhoudsarm mogelijke hoofdoverspanning realiseren. Er is toen besloten de hoofdoverspanning zo te ontwerpen dat deze uitgevoerd kon worden in staal, roestvaststaal, composiet, beton en ultra hoge sterkte beton. Om aanbieders van nieuwe onderhoudsarme materialen de mogelijkheid te bieden deze vaak relatief dure materialen concurrerend aan te bieden is gekozen bij de aanbesteding aanbieders van deze materialen een fictieve aftrek van de inschrijfprijs te bieden overeenkomend met de geschatte meerkosten van een materiaal. Zo kon deze brug met onderhoudsarme hoofdoverspanning uit ultra hoge sterkte beton voor een concurrerende prijs worden uitgevoerd en werd veel toekomstig onderhoud voorkomen.



5.10 fietsbrug Westervoort

3. gebruik de context / hergebruik bestaande objecten

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

Het bestaande fietsviaduct in Westervoort was aan vervanging toe. Het bestaande betonnen viaduct was bovendien niet breed genoeg voor een snelfietspad.

Het ontwerpen van een stalen fietsbrugconstructie met een lichtgewicht composiet dek maakte het mogelijk de steunpunten van het bestaande viaduct (her) te gebruiken.



5.11 Poort Neerbosch Nijmegen

1. voorkom

6. optimaliseer beheer en onderhoud

8. beperk grondstof- en energieverbruik

Nijmegen wenste een iconische entree van de stad ter plaatse van het vernieuwde kruispunt Neerbosscheweg / IJpenbroekweg, poort Neerbosch. Door één dragende constructie te ontwerpen waar zowel de verkeerslichten, de bewegwijzering als de verlichting van het onderliggende kruispunt op gemonteerd kan worden, wordt materiaalgebruik en beheer en onderhoud beperkt. Functioneel levert dit meer overzicht op en maakt het kruispunt hiermee veiliger. De kosten voor gehele constructie waren gelijk aan de kosten voor de standaard portalen voor alleen de verkeerslichten.



5.12 beweegbare brug Assen

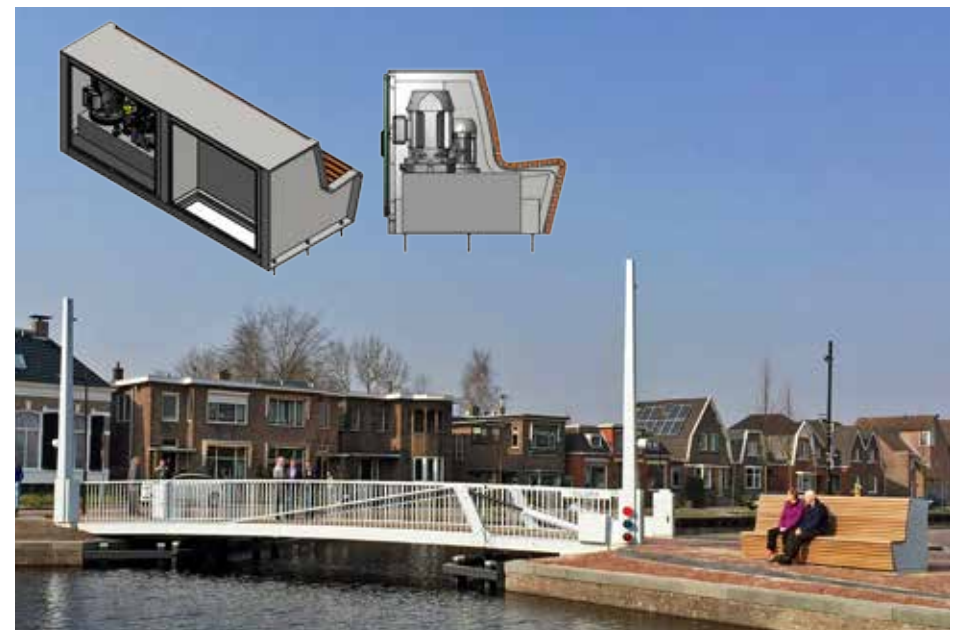
1. voorkom

6. optimaliseer beheer en onderhoud

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

Bij de beweegbare Willem III fietsbrug in Assen is de techniek voor de hydrauliek en aansturing aangebracht in het bank-element op de kade in plaats van een meer standaard technische ruimte in de watergang. Hierdoor werd de aanleg en toekomstig beheer en onderhoud vereenvoudigd.

Om verder materiaal te besparen zijn ook andere functies zoveel mogelijk geïntegreerd uitgevoerd. Zo is het hekwerk dragend. En in, op en aan de masten aan weerszijden van de doorvaart zijn seinen, openbare verlichting en bedieningskasten geïntegreerd.



5.13 brug Werkdonken Breda

3. gebruik de context

6. optimaliseer beheer en onderhoud

8. beperk grondstof- en energieverbruik

Door een bestaande bouwweg / grond dam te gebruiken als basis voor de bekisting voor deze betonnen integraalbrug was slechts een zeer eenvoudige bekisting nodig. De brug wordt ondersteund door in de grond gevormde hogesnelheidspalen die ook in de bestaande grond dam zijn aangebracht.

De betonnen integraalbrug is vastgestort aan de palen en één landhoofd en heeft slechts één voegovergang en punt met oplegblokken.

Het betonnen dek is opgeruwd waardoor geen slijtlaag hoefde te worden toegepast.

De hekwerken zijn van roestvaststaal en zijn niet gecoat. Onderhoud is hierdoor vrijwel overbodig.



5.14 brug Potmarge Leeuwarden

6. optimaliseer beheer en onderhoud

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

8. beperk grondstof- en energieverbruik

Brug Potmarge ontsluit het Wetsusgebouw richting het station en de Schrans. Het markante, nabijgelegen gebouw van Wetsus vormde direct de inspiratie voor het brugontwerp, zo bestaat het hekwerk uit verticale bamboe lamellen. Met de keuze voor een betonnen wand met zwaluwgaten als landhoofd aan de noordzijde sloegen de ontwerpers twee vliegen in één klap: een kortere hoofdoverspanning en ruimte voor de natuur in de vorm van nestmogelijkheden voor zwaluwen. Zo werden kosten bespaard en ontstond een natuurinclusief ontwerp. Om onderhoud te minimaliseren werd gekozen voor een composiet dek.



5.15 kunstwerken en gemalen ontpoldering Noordwaard

1. voorkom

3. gebruik de context / hergebruik bestaande materialen

6. optimaliseer beheer en onderhoud

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

8. beperk grondstof- en energieverbruik

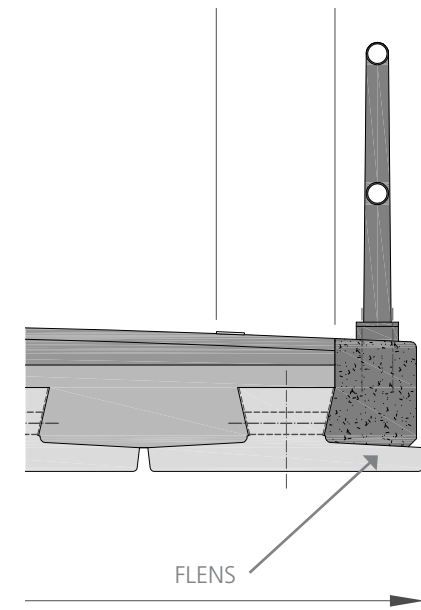
In de ontpolderde Noordwaard, het noordelijke deel van de Biesbosch en het grootste doorstromingsgebied van Ruimte voor de Rivieren, zijn 35 bruggen en 13 gemalen gerealiseerd.

Voor de ontpoldering werden oude boerderijen gesloopt. De bakstenen van deze boerderijen zijn hergebruikt voor het metselwerk van de gemalen.

De ontpolderde Noordwaard is zeer aantrekkelijk voor flora, fauna en recreanten. Voorzieningen voor flora, fauna en recreanten zijn geïntegreerd in de bruggen en gemalen.

Het metselwerk van de gemalen is voorzien van vleermuiskasten, de oude bakstenen en diepliggende voegen bieden ruimte aan insecten. Drie gemalen zijn voorzien van een uitzichtspunt voor recreanten en krijgen hiermee meerwaarde. De kreekbruggen zijn voorzien van vogelstokken die de lokale aalscholvers (en andere vogels) een plaats bieden hun vleugels te drogen. De vogelstokken lopen onder bruggen door om bij hoogwater kanoërs de gelegenheid te bieden zichzelf onder bruggen door te trekken.

De bruggen zijn opgebouwd uit standaard betonnen liggers. Aparte randliggers zijn niet toegepast. De brugranden zijn eenvoudig op de flens van de buitenste ligger gestort. Het beton is met een grove bezemstructuur afgewerkt waardoor het oppervlak met de tijd zal vergroenen, op natuurlijke wijze steeds meer aan sluit bij het omliggende landschap en zeer beperkt hoeft te worden onderhouden voor een verzorgd beeld.



5.16 overstroombare bruggen IJssel

1. voorkom

4. ontwerp voor meerdere levenscycli

6. optimaliseer beheer en onderhoud

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

8. beperk grondstof- en energieverbruik

De ontwerpogave was het realiseren van een oeververbinding voor buitendijkse gebieden. Door overstroombare of drijvende bruggen aan te leggen hoeven de bruggen niet boven het maximale waterniveau te worden aangelegd en kunnen de bruggen direct aansluiten op de bestaande infrastructuur. Hierdoor zijn lange aanbruggen voorkomen en sluit de oeververbinding goed aan op het landschap.

De ontwerpen van een vaste overstroombare brug en een drijvende brug werden op duurzaamheid getest middels DuboCalc. Door de eis dat de verbinding een levensduur van 100 jaar moet hebben, viel de drijvende brug op het aspect duurzaamheid direct af als mogelijkheid.



Voor de vaste oeververbinding is afgeweken van de constructieve norm. Gekozen is voor een lagere belasting. Door verkeersmaatregelen wordt voorkomen dat te zwaar verkeer de bruggen passeert. Zo kan de brugconstructie slanker worden uitgevoerd. Het brugdek is een slank ontwerp waardoor een minimale hoeveelheid materiaal nodig is.

De brugdekken hebben een hydrodynamische vleugelvormige doorsnede. De hekwerken zijn zeer open en zo uitgevoerd dat ze zonder de brugconstructie te beschadigen kunnen afbreken bij grote belasting en eenvoudig zijn terug te plaatsen. De hekwerken zijn uitgevoerd in roestvaststaal. Hiermee zijn de hekwerken onderhoudsarm. De handregels zijn uitgevoerd in verduurzaamd hout (Accoya).



5.17 fietsbrug Hovenring Eindhoven

1. voorkom

3. gebruik de context

6. optimaliseer beheer en onderhoud

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

8. beperk grondstof- en energieverbruik

De Hovenring is een spectaculaire cirkelvormige stalen tuibrug voor fietsers en voetgangers. Met haar 70 meter hoge pyloon zweeft de brug boven een kruispunt en markeert de toegangsweg tot de steden Eindhoven en Veldhoven.

Door bewegwijzeringsportalen voor de fietsbrug zo uit te voeren dat zij alle aanrijdbelasting opnemen, hoefde de tussen de bewegwijzeringsportalen gesitueerde fietsbrug maar zeer beperkt aanrijdbelastingen op te kunnen nemen. Hiermee werd circa een miljoen euro aan staal bespaard voor de brug.

De portalen zijn veel eenvoudiger te repareren als de brug waardoor niet het gehele kruispunt is geblokkeerd tijdens reparatie. De keus voor verzwaarde bewegwijzeringsportalen bewees zich al snel, zoals te zien is op de foto linksonder.



Door de toeleidende hellingbanen op grondlichamen aan te leggen werd de hoeveelheid gebouwde constructie beperkt. De grondlichamen leveren daarnaast een rustiger verkeersveiliger beeld en fungeren als geluidswal voor de achterliggende wijken.

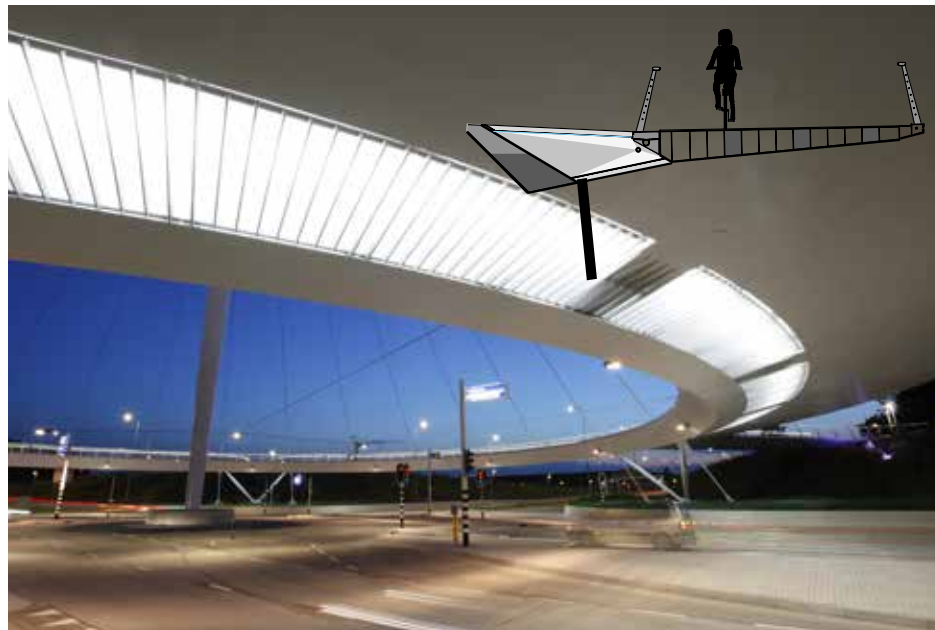
De Hovenring is zo gedimensioneerd dat het grootste deel van de brug gebouwd kon worden binnen het binnenvlak van de bestaande rotonde. Het bestaande verkeer werd hierdoor minimaal gehinderd door de bouw.

Tevens is hier goed te zien dat de Hovenring slechts uit een beperkt aantal verschillende delen is opgebouwd: twee typen ronde brugdelen en vier gelijke aanbruggen. Hierdoor kon de brug efficiënt worden gebouwd in de fabriek en in vergelijkbare delen worden getransporteerd naar de definitieve locatie.



Bij de Hovenring is ook in de detaillering zoveel mogelijk gezocht naar synergie, win-win oplossingen. Zo is de brug een licht-icoon voor lichtstad Eindhoven door eenvoudige translucente platen en lamellen te bevestigen tussen het hoofddek en een contragewichtring nodig voor een efficiënte constructie. De translucente platen worden van binnenuit aangelicht door eenvoudige TL's. De ruimte tussen de translucente platen is tevens de technische ruimte van de brug waar zich de bekabeling en de hemelwaterafvoer bevindt. Eenvoudig te bereiken voor beheer door de onderste translucente vlakken open te draaien.

De verlichting voor het kruisingsvlak is bevestigd aan de binnenzijde van de ring en een RVS kabelweb dat binnen de ring is aangebracht waardoor het aantal benodigde elementen, masten, verder kon worden beperkt.



De handregel van de Hovenring is uitgevoerd als een aluminium extrusieprofiel. In dit extrusieprofiel zijn zowel een minder krachtig LED armatuur voor aanlichting van het gezicht van gebruikers als een krachtig LED armatuur voor de aanlichting van het wegdek aangebracht. Door het gezicht van gebruikers zacht te verlichten wordt het gevoel van veiligheid vergroot. Ook zijn in het extrusieprofiel bevestigingspunten en ruimte voor de bekabeling aangebracht. Een dergelijk product oogt complex. De extrusie is echter niet kostbaar en het product is zeer eenvoudig te installeren en onderhouden. Alle onderdelen voor de handregel en de geïntegreerde voorzieningen zijn eenvoudig losneembaar. Aluminium is aan het einde van de levenscyclus goed recyclebaar.



5.18 duurzame bruggen Amersfoort

1. voorkom

3. gebruik de context / hergebruik bestaande materialen

4. ontwerp voor meerdere levenscycli

5. toekomstbestendig

6. optimaliseer beheer en onderhoud

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

8. beperk grondstof- en energieverbruik

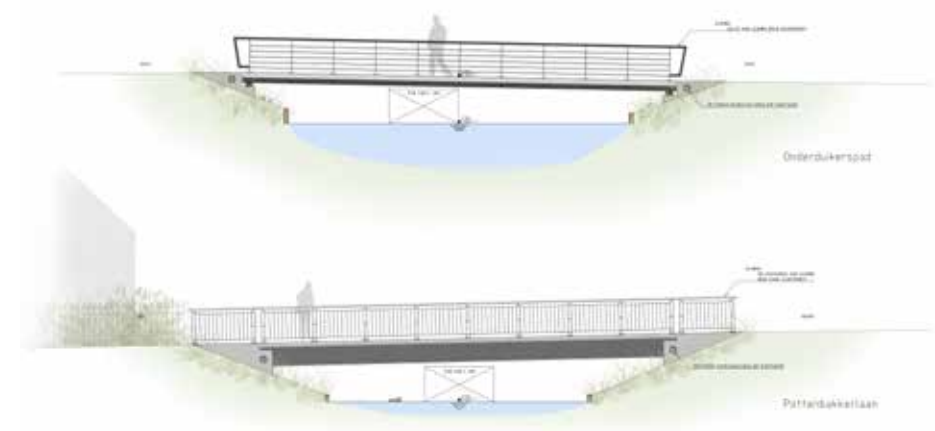
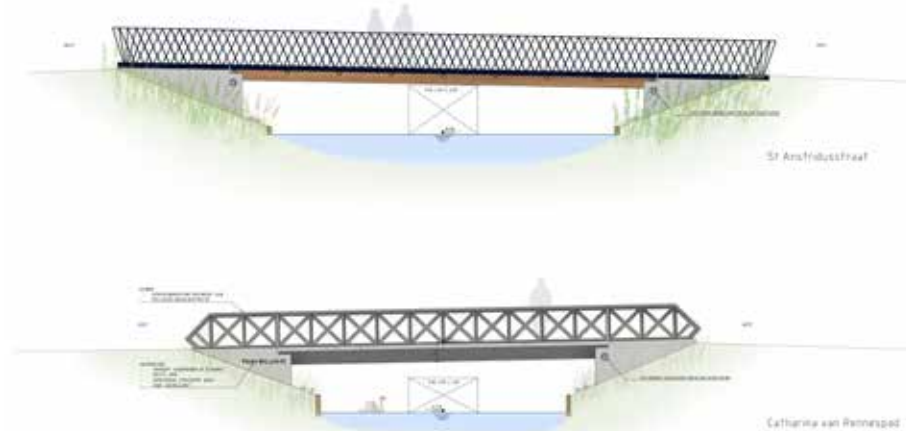
De ontwerpogave was 'vervang zes oude houten bruggen voor duurzame bruggen'. Aan de hand van een uitgebreide analyse met een multidisciplinair team zijn op veel vlakken duurzame maatregelen genomen.

Eén brug is vervallen. Door telling is vastgesteld dat de brug zeer weinig werd gebruikt. De brug bleek niet noodzakelijk voor het fijnmazige langzaamverkeersnetwerk (mogelijkheid passeren watergang binnen 150m). Eén brug is vervangen door een groene dam. De watergang eindigt 25 meter van de brug. Eén brug is aanzienlijk korter geworden ten opzichte van de oude te vervangen brug.

Voor de voetgangersbrug werd een korte levensduur geëist van 25/30 jaar, zodat een houten brugdekconstructie mogelijk werd. Het hout van de te vervangen houten bruggen is opnieuw gebruikt in twee van de nieuwe bruggen. De voetgangersbrug heeft een brugdekconstructie opgebouwd uit samengestelde houten liggers. De voetgangersbrug en een andere brug zijn voorzien van een houten brugdek (Azobé) afkomstig uit de te vervangen houten bruggen.

Twee bruggen zijn voorzien van UHSB brugdekelementen. Deze dekdelen kunnen na hun economische levensduur (ca. 40 à 50 jaar) worden gebruikt voor een nieuwe brug. De technische levensduur van UHSB brugdekelementen is 100 jaar. De ultra hogesterkte betonnen (UHSB) brugdekelementen zijn voorzien van een geïntegreerde slijtlaag. De UHSB brugdekelementen en slijtlaag behoeven geen tot zeer weinig onderhoud.

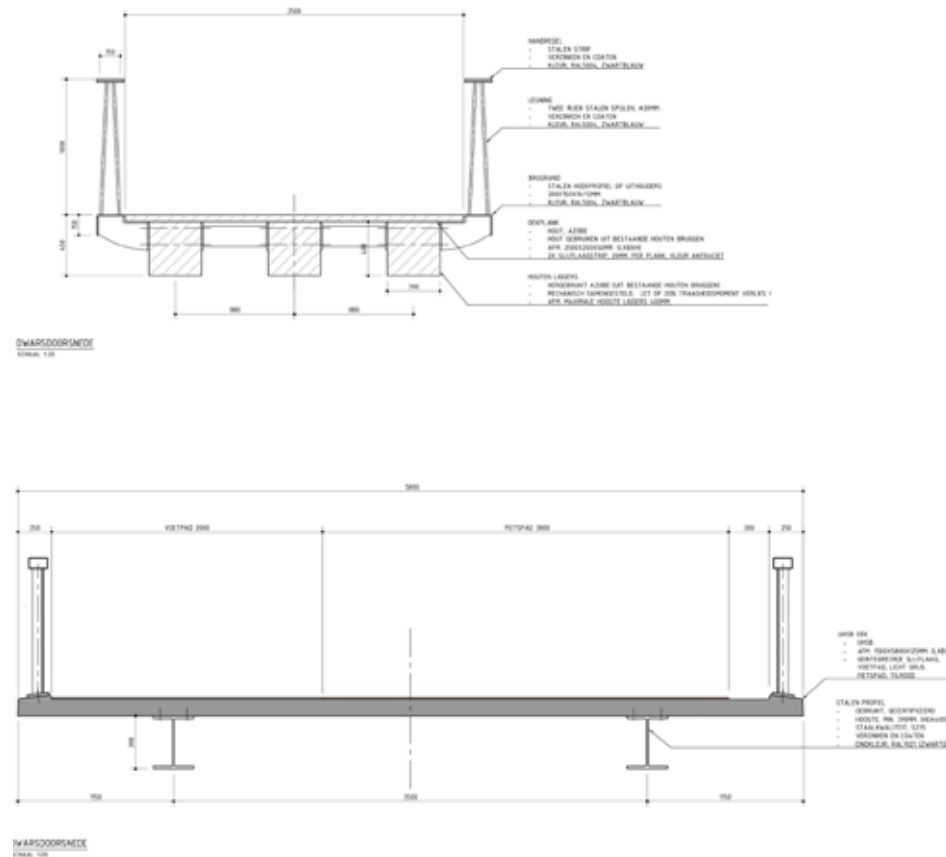
De brugconstructies zijn op object- en componentenniveau ontworpen op demontage. Brugdekkonderdelen zijn voorzien van boutverbindingen en hekwerken zijn demontabel ten opzichte van de brugdekconstructies.



5.19 UHSB brug Maasland

Drie bruggen hebben een dekconstructie waarbij gebruik gemaakt is van gebruikte stalen HEA-profielen. In de ontwerpen is een marge aangegeven welke afmeting HEA-profielen toegepast kunnen worden, zodat er ook genoeg aanbod was aan tweedehands HEA profielen om dit binnen de projecttijd te realiseren.

De taludbekleding bestaat uit grasbetontegels van polymerebeton (Reduton) waarbij bij de productie een lagere uitstoot aan CO₂ vrijkomt.



1. voorkom

3. gebruik de context

6. optimaliseer beheer en onderhoud

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

Toen een monumentale brug in Maasland wegens betonrot vervangen moest worden met behoud van de monumentale aanblik, kon deze alleen vervangen worden door een exacte UHSB replica. De nieuwe brug voldoet aan de huidige regelgeving. De bestaande funderingen zijn hergebruikt. De brug is een integraalbrug waarbij de betonnen trappen aan weerszijden de natte knopen vormen. Hierdoor is de brugconstructie eenvoudig te onderhouden.



5.20 Liniebrug Nigtevecht

1. voorkom

6. optimaliseer beheer en onderhoud

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

8. beperk grondstof- en energieverbruik

Op de grens van de gemeenten Stichtse Vecht en De Ronde Venen is een nieuwe fietsbrug over het Amsterdam-Rijnkanaal gerealiseerd. Tegelijkertijd is ook een natuurverbinding gerealiseerd die de Vinkeveense en Loosdrechtse Plassen met elkaar verbindt en het voor dieren mogelijk maakt het kanaal zwemmend over te steken.

Het brugontwerp is transparant, slank en eenvoudig.

De constructie van de stalen hoofdo overspanning, een netwerk boogbrug met enkele boog, is maximaal geoptimaliseerd door parametrisch te ontwerpen. Hiermee is een besparing behaald van ca. 45% staal ten opzichte van een standaard boogbrug!

De betonnen aanbruggen zijn meerveldoverspanningen (een aaneengesloten dek op meerdere steunpunten) waardoor het dek slanker kan zijn en het aantal voegen en oplegblokken minimaal is.

Op het brugdek is geen slijtlaag toegepast, maar direct een bezemstructuur in het beton aangebracht. Dit bespaart een slijtlaag en onderhoud.

De hekwerken hebben een minimalistisch ontwerp opgebouwd uit slanke stalen balusters, RVS gaas en een aluminium handregel.



5.21 biobased brug Ritsumasyl

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

De provincie Fryslân slaat een innovatieve weg in met een biobased brug over het Van Harinxmakanaal bij Ritsumasyl. Het wordt een draaibrug met dekken van 32 en 34 meter, met daarin twee vrije overspanningen van 22 meter. De dekken worden vervaardigd uit biocomposiet, bestaande uit 100% natuurvezels (op basis van vlas) in combinatie met 80% biohars.

De nieuwe fietsbrug vervangt de huidige brug (stalen dek op betonnen pijlers) en faciliteert het veilig en comfortabel passeren van klasse Va schepen door het realiseren van een doorvaartbreedte van 17 meter. De brug is al een keer opgeknapt en aan vervanging toe vanwege het einde van de technische levensduur.

Meer informatie: drive.frl



5.22 waterplein Benthemplein

3. gebruik de context

5. ontwerp toekomstbestendig

Het waterplein is een innovatie van De Urbanisten en de gemeente Rotterdam om in tijden van hevige regenval het riool te ontlasten en tegelijkertijd de stad aantrekkelijker te maken. Het ontwerp van het waterplein Benthemplein Rotterdam bestaat uit drie bekken die het regenwater verzamelen: twee ondiepe bassins krijgen het water wanneer het regent uit de directe omgeving, een dieper bassin krijgt alleen water als het consequent blijft regenen. Het water loopt door grote glimmende goten over het plein naar twee ondiepe bassins waar het zich verzamelt. De gebieden die kunnen overstromen zijn geschilderd in de blauwe kleuren. Bij droogte is het een aantrekkelijk stadsplein met ruimte voor sport en groen dat intensief wordt gebruikt door studenten van aangrenzende MBO-scholen.



5.23 kleirijperij

3. gebruik de context

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

Er zit te veel slib in de Eems-Dollard. De waterkwaliteit is daardoor niet goed en de biodiversiteit neemt af. In de havens verzamelt zich veel slib waardoor regelmatig baggerwerkzaamheden nodig zijn. Aan de andere kant is er in het gebied behoefte aan klei om dijken mee te versterken en om landbouwgrond op te hogen. Door slib uit de Eems-Dollard om te zetten in klei, ontstaat een win-win situatie: de waterkwaliteit verbetert en er komt klei voor dijkversterking en ophoging van landbouwgrond beschikbaar. In de toekomst zijn meer dijkversterkingen gepland langs de Eems-Dollardkust waarvoor klei nodig is.

Meer informatie: Ecoshape.org



5.24 beton maken van beton

8. beperk grondstof- en energieverbruik

Betonproducenten gebruiken meer cement dan strikt gezien nodig is, om het verhardingsproces te versnellen. Een aanzienlijk deel van het cement (30 tot 50% volgens producent) heeft daardoor nooit met water gereageerd. New Horizon Urban Mining en Rutte Groep zetten een nieuwe technologie in waarbij een machine het beton kapot wrijft en zeeft, zodat er drie materiaalstromen ontstaan: cementlijm, grind en een mengsel van zand en ongebruikt (ook wel: ongebonden) cement. De laatste stroom wordt als 'circulair cement' onder de naam Freement weer op de markt gebracht.

Meer informatie: Volkskrant.nl, FD.nl, freement.nl



5.25 bio-basalt-balsa brug

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

Architect Rafail Gkaidatzis heeft in het kader van zijn afstudeeronderzoek binnen de Bridge Design Group van de TU Delft onderzoek gedaan naar een voetgangersbrug van zoveel mogelijk biobased materialen. Het resultaat is een zogenaamde bio-basalt-balsa (B3) brug van 15m lang en 2m breed. Basaltvezels en biobased polyesterhars zijn de voornaamste grondstoffen van het brugdek. Basaltvezels worden gemaakt van basaltgesteente, vulkanisch stollingsgesteente. Voordeel van het gebruik van de basaltvezel ten opzichte van andere technische vezels (zoals glasvezel) is de sterkte. Omdat het een vulkanisch gesteente is, kan de basaltvezel na beëindiging van de levensduur van de brug worden omgesmolten en geëxtraheerd, zodat het materiaal opnieuw kan worden gebruikt. De hars die voor deze brug wordt gebruikt, is gedeeltelijk van natuurlijke oorsprong (glycol afkomstig van plantaardige glycerine).

Meer informatie: Fibercore-Euorpe.com



5.26 natuurstimulerende zeewering

2. verleng de levensduur

3. gebruik de context

De modulaire zeeweringselementen van ECOconcrete ondersteunen de groei van mariene organismen door hun oppervlaktetextuur en chemische samenstelling van de betonmix. De structurele en functionele eigenschappen van de zeewering zijn gelijk aan conventionele elementen. Door de aanhechting van levend materiaal wordt de levensduur verlengd en de biodiversiteit vergroot.

Meer informatie: AD.nl, Econcretetech.com



5.27 Zandmotor

3. gebruik de context

Rijkswaterstaat legde in 2011 de Zandmotor aan. Zand is opgespoten voor de kust, waardoor een schiereiland van 128 ha is ontstaan. Het zand verspreidt zich onder invloed van stroming en wind langs de kust, waardoor de kust breder en veiliger wordt. Door het verbreden van het strand en de duinen ontstaat 35 ha extra natuur- en recreatiegebied.

Meer informatie: Rijkswaterstaat.nl, dezandmotor.nl



5.28 circulair fietspad

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

Na een proef in Wageningen is dit het eerste circulaire fietspad in Gelderland dat gemaakt is van 'grasfalt' en 'grasbeton' uit de regio. Grasfalt is asphalt waarbij het bitumen (een oliederivaat) is vervangen door lignine uit olifantsgras. Met de [Optimal Scan voor circulaire wegen en fietspaden](#) zijn ontwerp- en materiaalkeuzen onderbouwd en is de duurzaamheid en circulariteit transparant gemaakt. In Nederland zijn al meer fietspaden van nieuwe duurzame materialen aangelegd. Zo is er een fietspad met cellulose uit gerecycled wc-papier in Leeuwarden, een fietspad van cementloos beton (mét geopolymeren) in Ede en een fietspad van biocomposiet (houtvezels met binder) in Emmen. Zo is er een fietspad van [gerecycled wc-papier](#) in Leeuwarden, een fietspad van [cementloos beton](#) in Ede en een fietspad van hout in Emmen.

Meer informatie: [Gelderse-circulaire-estafette](#)



5.29 ecodynamische verlichting

3. gebruik de context

8. beperk grondstof- en energieverbruik

Landgoed Houdringe in De Bilt is een kantoorlocatie in een uniek natuurlandschap onder beheer van Utrechts Landschap. Deze locatie moet daarom zowel functioneel en veilig zijn voor de mens, als een optimale leefomgeving bieden voor de aanwezige (nacht) dieren. Met ecodynamische verlichting wordt per jaargetijde de kleur van de LED-verlichting afgestemd om de leefomgeving van de nachtvogels en vleermuizen zo min mogelijk te verstoren. 's Nachts wordt energie bespaard door de verlichting te dimmen. De lichtintensiteit en -kleuren worden aangepast indien de veiligheidsomstandigheden daar om vragen.

Meer informatie: Sweco.nl, AD.nl



5.30 gerenoveerde geleiderail

2. Verleng de levensduur

3. gebruik de context / hergebruik bestaande objecten, materialen

Hergebruik (na renovatie) van geleiderails bespaart kosten en energie. Elk jaar wordt er zo'n circa 350 km (circa 12.000 ton) geleiderail vervangen, waarvan een groot deel geschikt is voor hergebruik. Het zink, opgelost in chemicaliën bij ontzinken, wordt voor 99% teruggewonnen, wat overeenkomt met circa 550 ton zink per jaar. Renovatiebedrijf Arrosso ontwikkelde een methode om grootschalig de zinken beschermingslaag van stalen materialen te verwijderen en die opnieuw te verzinken. Demontage van de oude geleiderail vergt wel meer tijd, maar als hier bij de planning van een project rekening mee wordt gehouden, hoeft dit geen belemmering te zijn.

Meer informatie: duurzaamgebouwd.nl, Verkeerskunde.nl



5.31 verlichting Ketheltunnel

6. optimaliseer beheer en onderhoud

8. beperk grondstof- en energieverbruik

De volledige tunnelverlichting is in LED uitgevoerd met puntverlichting in plaats van lijnverlichting. De armatuur heeft een hoogte van slechts 6,5 cm waardoor minder montageruimte nodig is. Dit maakt het mogelijk om puntverlichting in één rij aan te leggen en de verdeelkasten in één rij te integreren. Bovendien hoeft er vanwege de lange levensduur vrijwel geen onderhoud aan de tunnel gepleegd te worden, wat de beschikbaarheid van de tunnel ten goede komt. De verdiepte toegangswegen aan weerszijden van de tunnel worden aangelicht door armaturen waarvan de hoek zodanig is ontworpen dat alleen de weg wordt aangelicht en er 'naar boven' geen lichtvervuiling optreedt.

Meer informatie: Philips.nl



5.32 verjongingscrème voor asfalt

2. Verleng de levensduur

Door verjongingsmiddelen op het asfalt te sproeien, wil Rijkswaterstaat het slijtageproces ervan remmen en de levensduur met minimaal 2 jaar verlengen. Om het verouderde bindmiddel soepeler te maken, eventuele (beginnende) scheurtjes in het bindmiddel te repareren en de hechting tussen de stenen sterker te maken, besproeien we zeer open asfaltbeton (zoab) met verjongingsmiddelen. Zo remmen we het slijtageproces en verlengen we de levensduur van zoab met minimaal 2 jaar. Rijkswaterstaat test verjongingsproducten van verschillende marktpartijen.

Meer informatie: Rijkswaterstaat.nl



5.33 biobased brug

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

Met de 14 meter lange brug over rivier de Dommel wil men de potentie aantonen van biocomposiet als een duurzaam alternatief voor bestaande milieubelastende constructiematerialen. Vezels van hennep en vlas vormen de basis voor het brugmateriaal. Door de vezels om een kern van biologisch PLA-schuim (polymelkzuur) te plakken lukte het de bouwers om het biocomposiet te ontwikkelen. En door met een vacuüm een biohars in de vezelpakketten te zuigen, ontstond na uitharden een zeer sterke brugligger. Met behulp van 28 sensoren is het de bedoeling om tijdens het experiment de doorbuiging van de brug te meten.

Meer informatie: biobasedbrug.nl

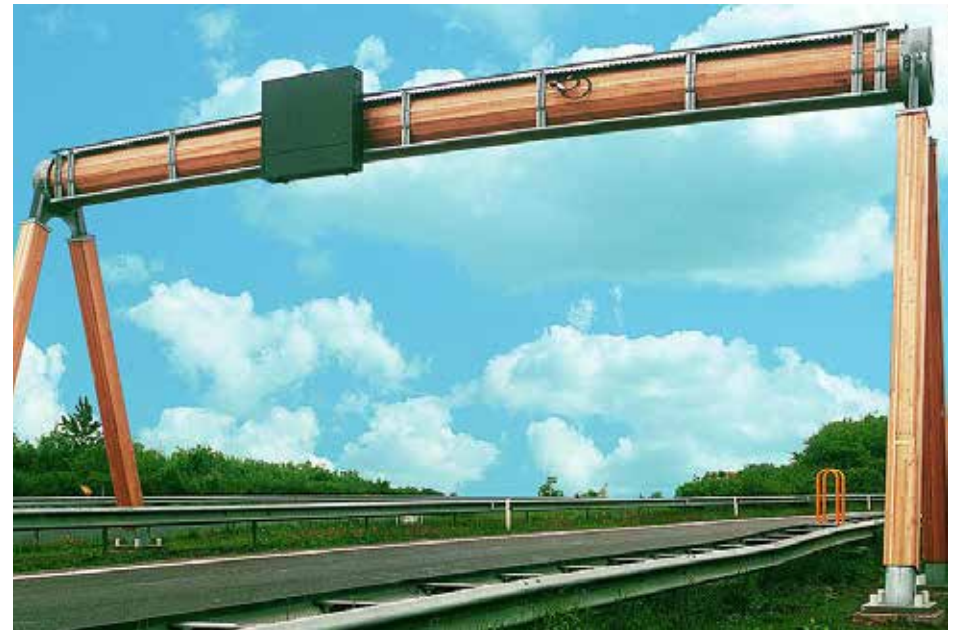


5.34 houten wegportalen

6. optimaliseer beheer en onderhoud

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

Er zijn drie demo houten wegportalen over de A16 bij knooppunt Zonzeel gerealiseerd en vier over de snelwegen bij het Kooimeerplein te Alkmaar. De houten wegportalen zijn door SHR 10 jaar lang intensief gemonitord op functioneren, houtvochtgehalte, e.d. Na 15 jaar praktijkexpositie blijken de houten wegportalen nog steeds prima te functioneren, zonder enige onderhoudsbehoefte. Ter vergelijking: de stalen wegportalen moeten iedere 8 tot 12 jaar worden verwijderd en opnieuw gecoat.



5.35 the Great Bubble Barrier

3. gebruik de context

The Great Bubble Barrier creëert een bellenscherm van de bodem van de rivier tot aan het wateroppervlak. Deze opwaartse stroming brengt plastic afval zwevend in de waterkolom naar boven. Het bellenscherm ontstaat door een buis op de bodem van de rivier te plaatsen en hier lucht doorheen te pompen. Door het scherm schuin te plaatsen, wordt de natuurlijke stroming gebruikt om het plastic naar de oever te geleiden, waardoor het afval eenvoudig te verzamelen, te bereiken en te verwijderen is. Eind 2017 heeft een test in de IJssel bij Kampen bewezen dat de Bubble Barrier werkt.

Meer informatie: thegreatbubblebarrier.com



5.36 Upcyclecentrum Almere

4. ontwerp voor meerdere levenscycli

5. ontwerp toekomstbestendig

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

Het Upcyclecentrum is gebouwd van afval van een aantal gesloopte gebouwen in Almere Haven, waaronder het zwembad. Modulo heeft het bordes geleverd dat gebouwd is met modulaire, circulaire betonelementen die geproduceerd zijn uit eco-granulaten. Bij de productie werden de primaire grondstoffen zand en grind vervangen door secundaire grondstoffen zoals gebruikt asfalt van wegen. De vele zonnepanelen op het dak leveren de energie, er is geen gasaansluiting en het regenwater wordt opgevangen voor het doorspoelen van de toiletten. Het flexibele ontwerp maakt aanpassing en uitbreiding eenvoudig mogelijk.



5.37 Take Back voor C2C lichtmasten

4. ontwerp voor meerdere levenscycli

De Cradle 2 Cradle gecertificeerde lichtmasten zijn (onzichtbaar) aangepast zodat alle onderdelen hergebruikt kunnen worden zonder kwaliteitsverlies. De glijroer in de glijrail is vervangen, de corrosiewerende tape wordt van een ander materiaal vervaardigd, de mastvoetring heeft een milieuvriendelijke verf gekregen en de maaiveldbeschermer en grondvleugels hebben nu een andere materiaalsamenstelling. Daarnaast bestaan de masten voor minimaal 95% uit gerecycled aluminium. Bij vervanging neemt Hydro de oude lichtmasten geheel (inclusief armatuur, bekabeling, etc.) retour, waarna alles gestript en teruggebracht wordt in de technische kringloop.



5.38 houten geleiderail

7. ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik

Een innovatieve houten geleiderail als duurzaam alternatief voor de aluminium variant. In een multidisciplinair team, met o.a. houtexperts van de TU Delft, TNO Bouw en het CLC (Centrum voor Lichtgewicht Constructies) zijn diverse concepten ontwikkeld en uitgewerkt tot een prototype. Het ontwerp maakt gebruik van de veerkracht van hout. Doordat de constructie bij een aanrijding meebuigt, hoeven er veel minder reparaties aan uitgevoerd te worden. De geleiderail wordt gemaakt van duurzaam geproduceerd - 100% FSC-gecertificeerd - hardhout. De schadelijke uitloging van zink naar bodem en oppervlaktewater wordt met dit ontwerp met tachtig tot negentig procent teruggebracht.

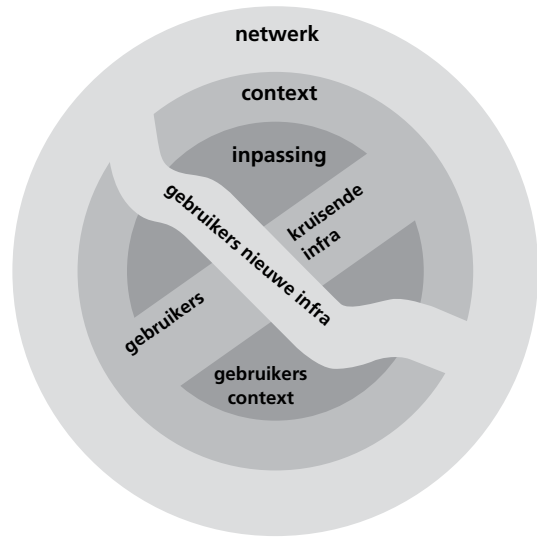
Meer informatie: ideaal-co.nl



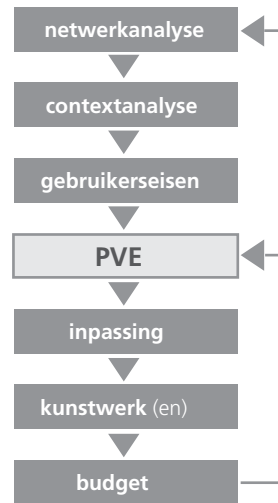
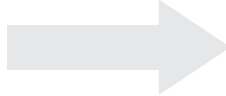
6. Proces hulpmiddelen



eisenanalyse

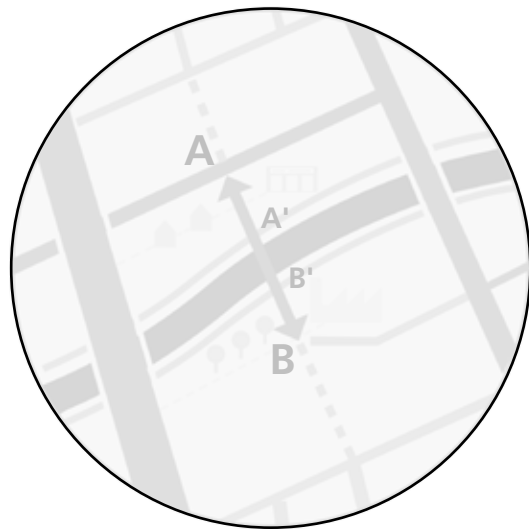


eisenanalyse
in het integrale
ontwerpproces

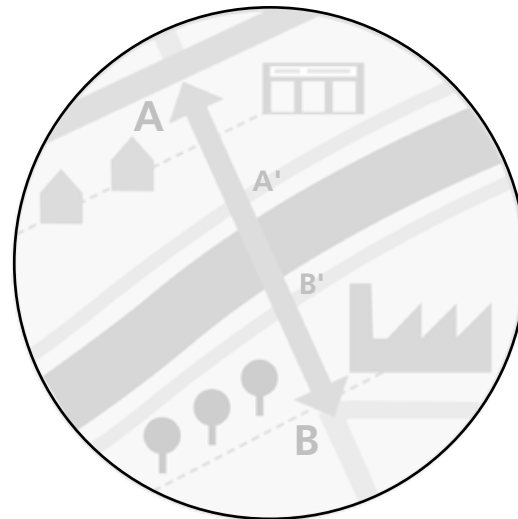


Eisenanalyse	
Netwerk	Verkeerskundig : - multimodale samenhang en directheid. Technisch : conflict met kruisende infra, realiseerbaarheid
Context	omwonenden, bedrijven, stedenbouw, landschap, historie, bestemmingsplan, ecologie, bodem, kabels en leidingen
Gebruikers	Groepen : gebruikers nieuwe infrastructuur, gekruiste infrastructuur en context. Typen : regulier, speciaal, onbedoeld, incidenteel en overig.

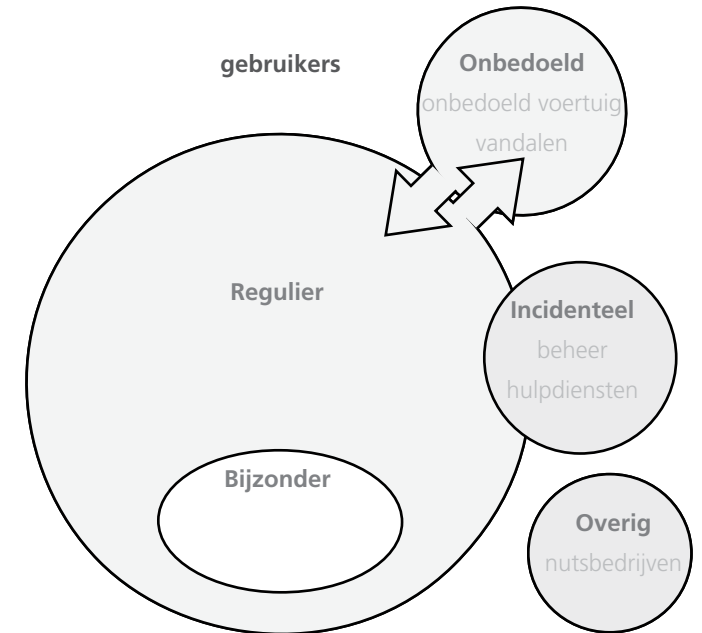
netwerk





context



gebruikers



proces betrokkenheid stakeholders en disciplines

Opdrachtgever	Eisenanalyse 			Ontwerpproces 			
	Netwerk	Context	Gebruikers	PVE	Inpassing	Object	Budget
Management				<input type="checkbox"/>			
Ingenieursbureau				<input type="checkbox"/>			
Verkeer				<input type="checkbox"/>			
Omgeving				<input type="checkbox"/>			
Voorzieningen (bv. verlichting, verkeersinfo/management)				<input type="checkbox"/>			
Beheer				<input type="checkbox"/>			
...				<input type="checkbox"/>			
Adviseurs							
Ingenieursbureau				<input type="checkbox"/>			
Architect				<input type="checkbox"/>			
Context advies				<input type="checkbox"/>			
...				<input type="checkbox"/>			
...				<input type="checkbox"/>			
Stakeholders				<input type="checkbox"/>			
Bedrijven				<input type="checkbox"/>			
Omwonenden				<input type="checkbox"/>			
Belangengroepen				<input type="checkbox"/>			
...				<input type="checkbox"/>			
...				<input type="checkbox"/>			
Aannemer							
...							
...							



houd rekening met de benodigde iteratieve stappen

taakverdeling opdrachtgever - opdrachtnemer

wie doet wat - ruimte voor innovatie / circulaire ontwerpen - aanbestedingswijze - risicoprofiel

weet wat je wil en realiseer je wat je vraagt

Projectonderdeel	Fase	PVE	SO	VO	DO	bestek	UO
Product		<input type="checkbox"/>					
Circulariteit oplossing		<input type="checkbox"/>					
Innovatie		<input type="checkbox"/>					
...		<input type="checkbox"/>					
Beheer		<input type="checkbox"/>					
Vormgeving		<input type="checkbox"/>					
...		<input type="checkbox"/>					
..		<input type="checkbox"/>					
		<input type="checkbox"/>					
..		<input type="checkbox"/>					
Kosten eenmalig (realisatie)		<input type="checkbox"/>					
Eenmalig (realisatie)		<input type="checkbox"/>					
Periodiek (beheer)		<input type="checkbox"/>					
...		<input type="checkbox"/>					
Proces		<input type="checkbox"/>					
Tijd		<input type="checkbox"/>					
Hinder		<input type="checkbox"/>					
...							

houd rekening met de benodigde iteratieve stappen





Veldhuis Media is ISO- en FSC gecertificeerd en past duurzame productiemethodes toe



ipv Delft creatieve ingenieurs

ipv Delft is een ontwerp- en ingenieursbureau, gespecialiseerd in het ontwerpen van bruggen, infrastructuur, verlichting en openbare ruimte.

ipv Delft

Oude Delft 39

2611 BB Delft

015 750 25 75

info@ipvdelft.nl

www.ipvdelft.nl