Gemeente Delft

# Systems Engineering Plan

Project Gelatineverbinding



# Versiebeheer

Dit document is een levend document dat dient per fase aangepast worden. Hieronder worden de vastgestelde definitieve versie aangetoond.

| Datum | Versie | Fase | Opsteller | Controleur | Vrijgegeven | Wijziging |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 30-09-2026 | V1.0 | Definitiefase | B.D.W. Hario | T. Piepers | B. ter Horst | Eerste versie |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

# Leeswijzer

Dit SE-plan is een levend document en heeft in totaal vier hoofdstukken. In hoofdstuk 1 wordt de introductie van het project, de scope, rollen en fases uitgelegd. Hoofdstuk 2 toont in schema's de projectstructuur van verschillende aspecten (o.a. systemen, raakvlakken en werkpakketten) en de hoofd SE-processen in het project (o.a. eis-ontwikkelingsproces, verificatie en validatie). In hoofdstuk 3 worden de gedetailleerde uitwerkingen van de SE-activiteiten per projectfase beschreven. Ten slotte wordt in hoofdstuk 4 de introductie over hoe wij als project onze processen in Relatics borgen en meewerken.

# Inhoudsopgave

Versiebeheer 1

Leeswijzer 2

1 Introductie 4
1.1 Projectomschrijving 4
1.2 Aanbestedings- en Contractstrategie 8
1.3 Samenwerking SE 10

2 Systems Engineering 11
2.1 Doel 11
2.2 Systems Engineering processen 12
2.3 Configuratiemanagement & wijzigingsbeheer 14
2.4 System architectuur 15
2.5 Integratie met Risicomanagement 18

3 Systems Engineering per Fase 19
3.1 Definitiefase (intern) 19
3.2 KES – Baseline 2.0 20
3.3 Ontwerpfase (SO en VO) 21
3.4 Voorbereidingsfase/Bouwteamfase Brugdeel (DO-Engineering) 22
3.5 Realisatiefase 23
3.6 Gebruiks-, Beheer- en Onderhoudsfase 24

4 Proces borging in Relatics 25
4.1 Introductie Relatics 25
4.2 SE-informatie model in Relatics 25

# 1 Introductie

## 1.1 Projectomschrijving

De gemeente Delft heeft als onderdeel van de Schieoevers Ontwikkeling, en in bredere zin het Innovatiedistrict Delft, de ambitie om extra oost-west verbindingen te realiseren over de Schie en onder het spoor door. Het huidige fietsnetwerk is overbelast waardoor er tijdens drukke uren opstoppingen en onveilige situaties ontstaan. De groei van activiteiten op de TU Delft Campus, de mobiliteitstransitie en de ontwikkeling van het Kabeldistrict zorgen voor een forse groei van het fietsverkeer. Het spreiden van fietsverkeer over meerdere routes is daarom een noodzaak.

De Gelatineverbinding is een nieuwe verbinding door het hart van de Schieoevers ontwikkeling. Het verbindt het station Delft Campus, het Kabeldistrict en Voorhof met de Nieuwe Haven en de TU Delft. Het betreft uitsluitend een verbinding voor fietsers en voetgangers. In functionele zin bestaat de verbinding uit de Gelatinebrug, een ophaalbrug over de Schie, een tunnel onder de spoorlijn Den Haag-Rotterdam en de inpassing van een fiets- en voetgangersroute in een zeer diverse, in ontwikkeling zijnde openbare ruimte.

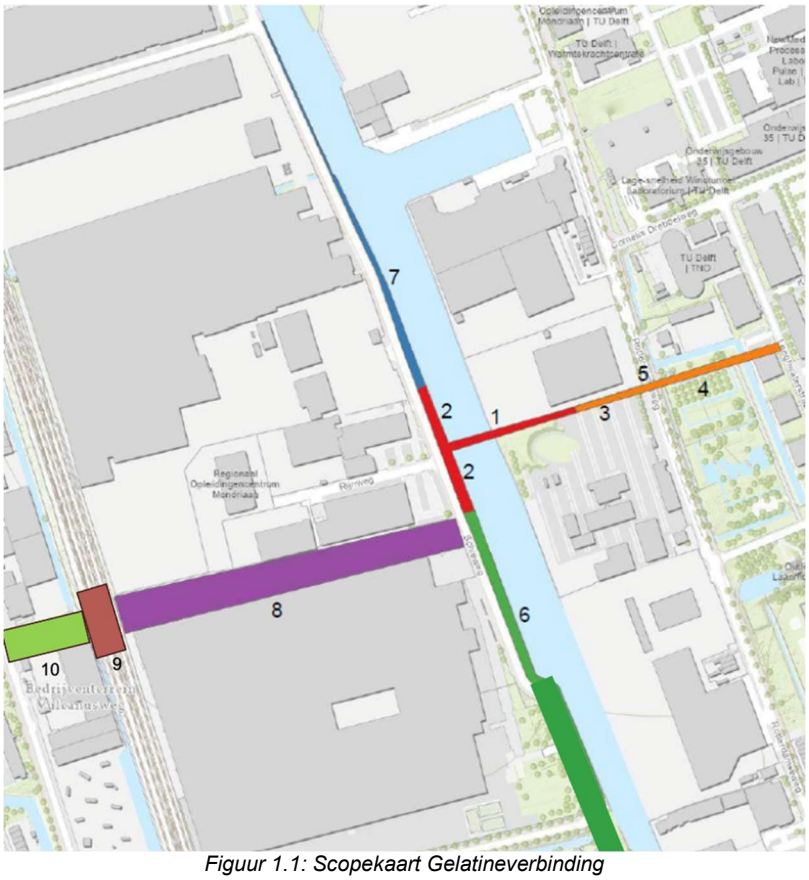
Een deel van de Gelatineverbinding is onderdeel van de Metropolitane Fietsroute tussen Delft en Rotterdam Alexander en wordt gekenmerkt als een complexe schakel. Ook is de langzaam verkeer verbinding in de Schieoevers ontwikkeling belangrijk voor het functioneren van het nieuwe stedelijke gebied en het kunnen bouwen in hoge dichtheden en met een lage parkeernorm.

### 1.1.1 Project Scope

De ruimtelijke afbakening voor de scope van de Gelatineverbinding is gekozen op basis van het uitgangspunt van toekomst-vaste-vaste-punten. Dat zijn de aansluitingen op de bestaande, in het kader van de Schieoevers en/of Metropolitane fietsroute vaste/ niet veranderende punten. Dit betreft:

- de aansluiting op de Vulcanusweg;
- de aansluiting op het bestaande fietspad bij het Kruithuis;
- de aansluiting op de bestaande fietsstraat Zuideinde;
- de Leeghwaterstraat.

In onderstaande figuur wordt de scope weergegeven. De scope bestaat uit 10 deelgebieden en wordt in het Systeemboom (SBS) verder dieper aangetoond in een boomstructuur.




*Figuur 1.1: Scopekaart Gelatineverbinding*

Hieronder worden toegelicht de onderdelen van de Gelatineverbinding op basis van Figuur 1.1.

| No | Onderdeel | Toelichting |
|---|---|---|
| **1** | Gelatinebrug | Beweegbare brug over de Schie in het verlengde van de Rijnweg. |
| **2** | Aanlanding Schieweg | Weg ter hoogte van de aanlandingen westzijde van de Schie |
| **3** | Aanlanding Rotterdamseweg | Aansluiting en kruising met de Rotterdamseweg |
| **4** | Speeldernis-tracé | Fiets-/voetpad vanaf de oversteek Rotterdamseweg in de richting van de Leeghwaterstraat |
| **5** | Kruising Rotterdamseweg | Kruising op de Rotterdamseweg in de richting van de Hammentuin |
| **6** | Schieweg Zuid | Fietsbaan, aansluitend op de hellingbanen van de brug in de richting van het Kruithuis aansluit op de fietsstraat Kruithuisweg |
| **7** | Schieweg Noord | Fietsbaan, aansluitend op de hellingbanen van de brug en in de richting van Delft Centrum waar hij aansluit op de fietsstraat Zuideinde |
| **8** | Gelatineweg | Fietspad vanaf de Schieweg richting de toekomstige tunnel |
| **9** | Gelatinetunnel | Fietstunnel onder het spoor Delft-Rotterdam |
| **10** | Aansluiting Vulcanusweg | Aansluiting van de tunnel op de Vulcanusweg |

*Tabel 1.1: Onderdelen Gelatineverbinding*

### 1.1.2 Raakvlakken

Binnen het project Gelatineverbinding worden de raakvlakken inhoudelijk in beeld gebracht en gemonitord. Deze raakvlakken zou in Systems of interest schema verder verwerkt worden. De raakvlakken zijn onder andere:

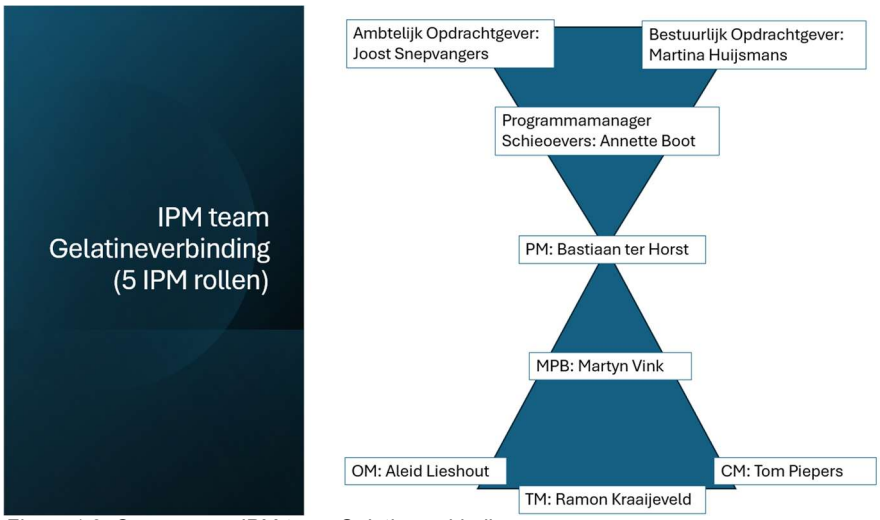
- Openbare Ruimte Schieoevers
- Project Rotterdamseweg
- Magis ontwikkeling
- Lijm en Cultuur
- Hoogheemraadschap van Delfland
- Prysmian Cables
- TU Delft
- Gebiedsvisie SVR
- Kabeldistrict
- Station Delft Campus
- Verbreden Schie/Verhuizen zandhandel/Marconiweg
- Energietransitie

### 1.1.3 Project rollen

We werken aan dit project vanuit een IPM-team. Integraal Project Management beschrijft vijf rollen binnen het projectteam. Hieronder worden deze rollen verder uitgeschreven. In de afbeelding hieronder is de opdrachtgeversstructuur en het IPM-team weergegeven.

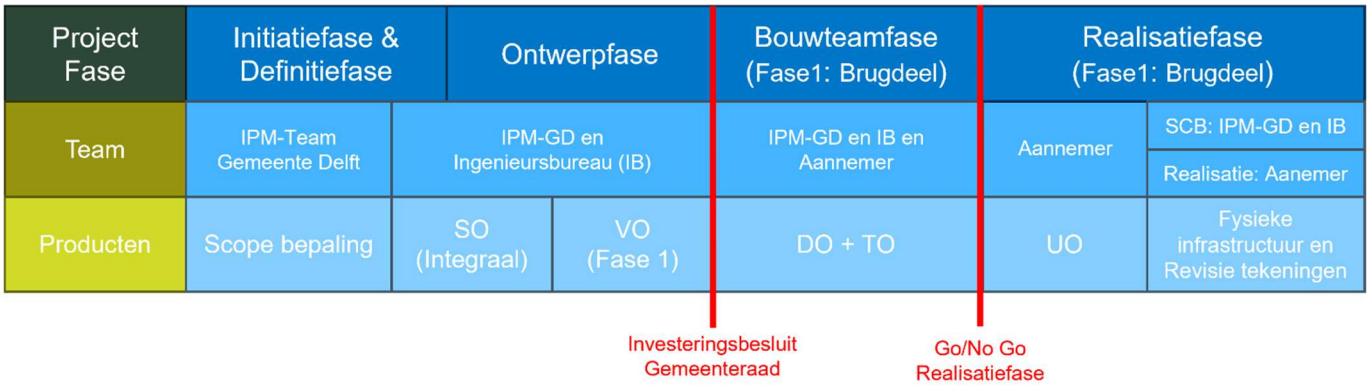
Binnen het IPM-model worden de volgende vijf projectrollen onderscheiden:

- Projectmanager (PM) is eindverantwoordelijk voor het projectresultaat
- Manager projectbeheersing (MPB) is verantwoordelijk voor het sturen op evenwicht tussen scope, planning, budget, kwaliteit, risico's, informatie, organisatie en de effecten van het project.
- Omgevingsmanager (OM) is verantwoordelijk voor de acceptatie van het projectresultaat binnen de gestelde kaders in de projectopdracht.
- Technisch manager (TM) is verantwoordelijk voor een realiseerbaar projectresultaat volgens de eisen aan het projectresultaat.
- Contractmanagement (CM) is verantwoordelijk voor het inkoopplan, de contractering en begeleiding van het contract in de uitvoering.




*Figuur 1.2: Organogram IPM-team Gelatineverbinding*

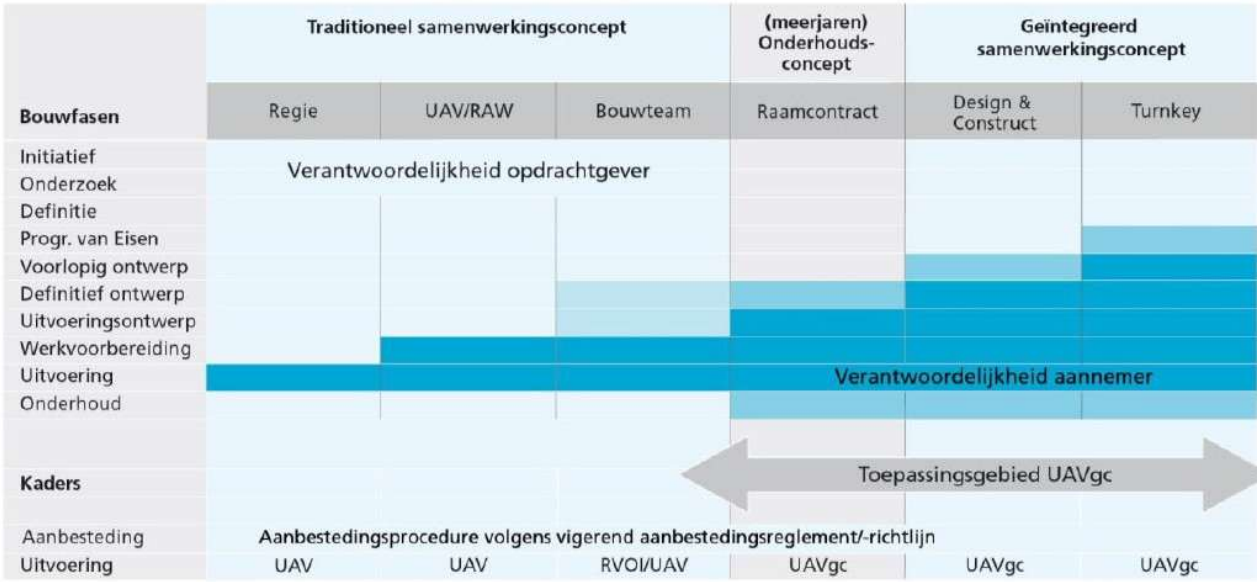
# 1.2 Aanbestedings- en Contractstrategie



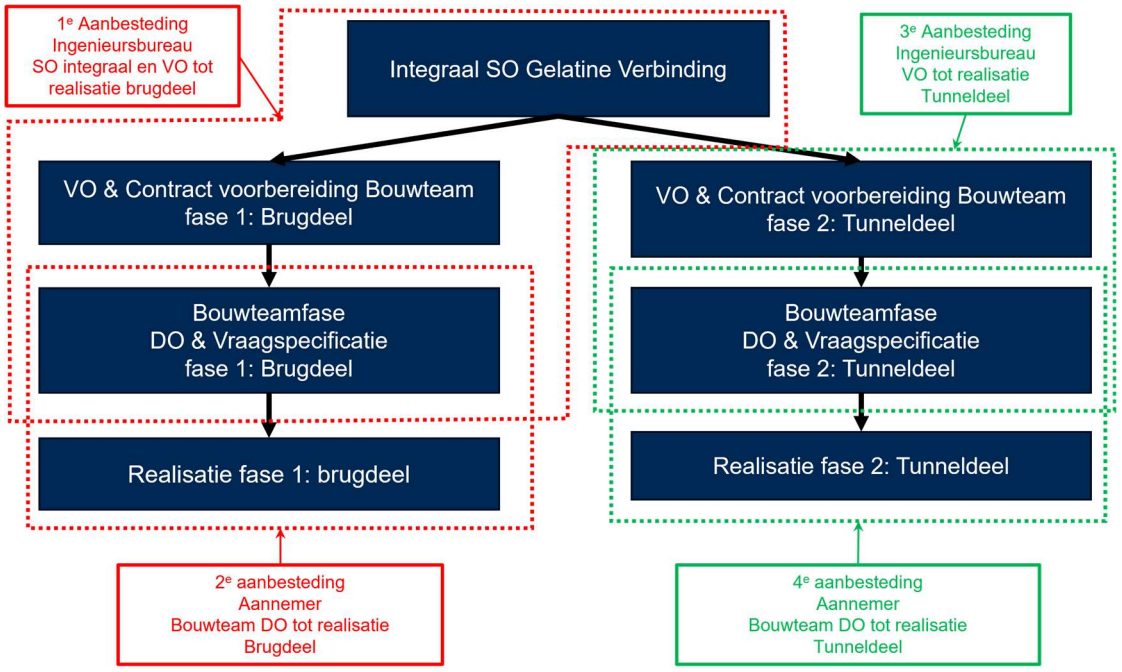

*Figuur 1.3: Visuele weergave van de projectfases, contractvormen en verantwoordelijkheden*

Voor het project Gelatineverbinding is gekozen voor een tweefase benadering. In de ontwerpfase wordt een extern ingenieursbureau (IB) gecontracteerd via een Europese openbare procedure voor het opstellen van het Schetsontwerp (SO) en Voorlopig Ontwerp (VO). Na afronding van het VO vindt een formeel Go/No-go moment plaats: dit is een besluitvormingsmoment voor het bestuur/de raad over de financiële en bestuurlijke haalbaarheid van het project.

Na dit besluit start de bouwteamfase, waarvoor is gekozen voor een Bouwteammodel op basis van de UAV-GC. Deze contractvorm is geselecteerd vanwege de hoge complexiteit en vele raakvlakken (zoals de beweegbare brug en de spooronderdoorgang). In het Bouwteam wordt de uitvoeringskennis van een aannemer al in de Definitief Ontwerpfase (DO) ingebracht om risico's te minimaliseren en de maakbaarheid te borgen, terwijl de Gemeente Delft maximale sturing houdt op het eindresultaat.




*Figuur 1.4: Schema aanbestedingsstrategie tussen UAV en UAV-GC. Overgenomen uit R. Luiten, 2025, RAW Copyright 2025 door CROW. (https://www.raw.nl/blog/222-wat-is-het-verschil-in-de-taak-en-verantwoordelijkheidsverdeling-tussen-een-uav-en-een-uav-gc-contract).*




*Figuur 1.5: Aanbestedingsstrategie schema Gelatineverbinding*

Dit project is verdeeld in twee grote fases namelijk het brugdeel (project onderdeel 1 t/m 7) en tunneldeel (project onderdelen 8 t/m 10). Per fase vindt er 2 aanbestedingen plaatst: aanbesteding van ingenieursdiensten vanaf het SO-fase en een aanbesteding aannemer voor de bouwteam- t/m realisatiefase. **De reikwijdte van dit document beperkt zich tot het SE-processen van de eerste alsmede de tweede aanbesteding.**

## 1.3 Samenwerking SE

Dit SE-plan is het leidende (contract)document voor alle betrokken partijen inzake procesborging. Het is gebaseerd op landelijke standaarden (zoals de Leidraad SE GWW 3.0), maar specifiek toegespitst op het project Gelatineverbinding. Om *single-point-of-truth* te garanderen, werken alle partijen (Gemeente, Ingenieursbureau en Aannemer) gedurende de gehele levenscyclus transparant samen in **één centrale Relatics-omgeving** van de Gemeente Delft. De Systems Engineers van de Gemeente en het IB fungeren hierin vanaf de start gezamenlijk als power users ('tandem') en procesbegeleiders, waarbij de SE'er van de aannemer in de latere fases aansluit.

Wat betreft Verificatie & Validatie (V&V) ligt de basisuitvoering van interne verificaties (het leveren van bewijslast) altijd bij de betreffende ontwerper en senior ontwerpleider. De SE'er faciliteert dit proces, maar de formele acceptatie verloopt via de Technisch Managers (TM), waarbij de TM van de Gemeente Delft altijd fungeert als eind-toetser. Deze stroom verloopt per fase als volgt:

- **Ontwerpfase (SO/VO)**: De toetsing wordt eerst uitgevoerd door de TM van het ingenieursbureau, waarna de TM van de Gemeente Delft de finale toetsing en goedkeuring voor zijn rekening neemt.
- **Bouwteamfase (DO/UO)**: In deze integrale fase toetsen de Technisch Managers van alle drie de partijen (Aannemer, IB en Gemeente Delft) gezamenlijk de ontwerpproducten en verificaties.De eindacceptatie van het DO/UO wordt daarna vastgelegd door de TM van de Gemeente Delft.
- **Realisatiefase**: In de uitvoeringsfase vindt de toetsing, gericht op formele kwaliteitsborging en toetsing van het gebouwde, plaats door de TM van het IB, waarna de uiteindelijke acceptatie bij de TM en CM van de Gemeente Delft ligt.

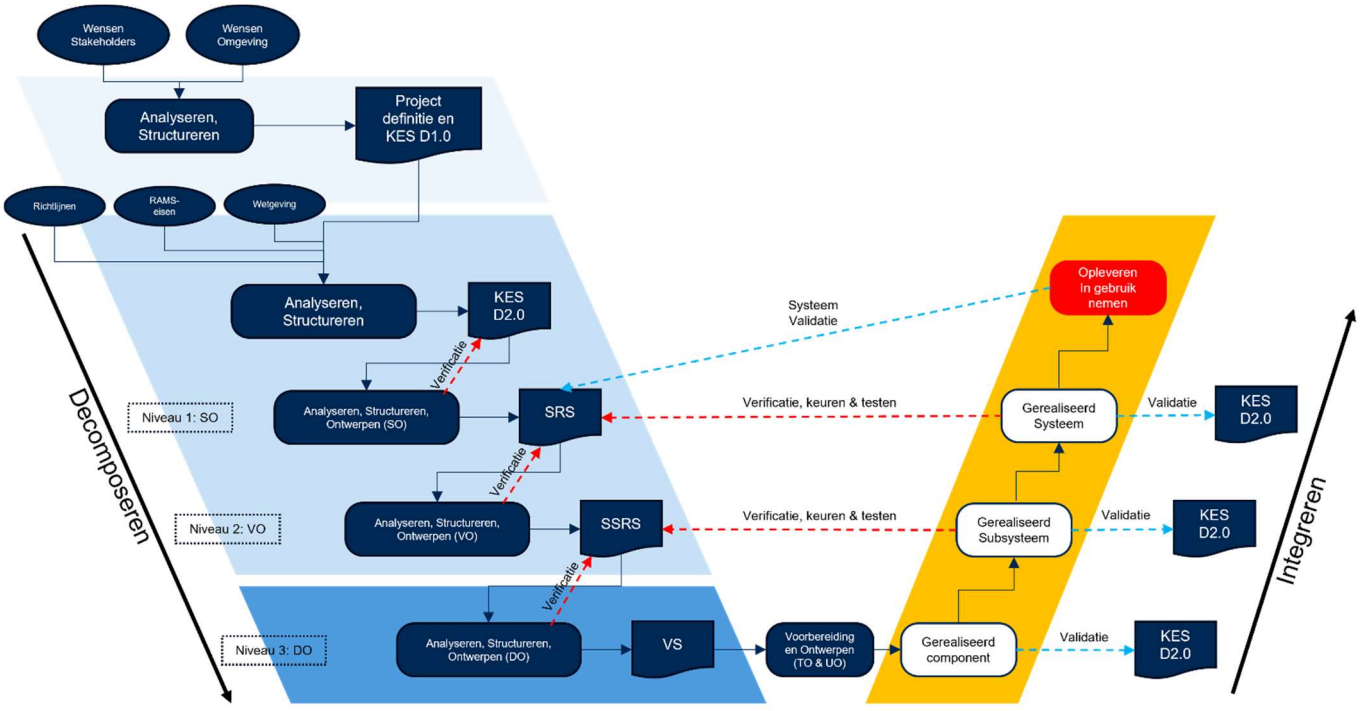
# 2 Systems Engineering

Systems Engineering is een interdisciplinaire benadering met bijbehorende middelen die zich richt op het realiseren van succesvolle systemen. SE focust op het definiëren van klantbehoeften en de gevraagde functionaliteit vroeg in de ontwikkeling, het vastleggen van de eisen, de ontwerpsynthese en systeemvalidatie bij het beschouwen van het complete vraagstuk: bediening en besturing, training en ondersteuning, kosten en planning, prestatie, realisatie, testen en verwijdering. SE beschouwt zowel de bedrijfsdoelen als de technische behoeften van alle klanten. Dit met het doel een kwaliteitsproduct te realiseren dat voldoet aan de gebruikersbehoefte.

SE kan gezien worden als een integraal technisch projectmanagement. Het biedt een breed scala aan technieken en producten om zo compleet mogelijk het systeem te benaderen en daardoor grip te krijgen op projecten. SE is een werkwijze die door iedereen binnen het hele project wordt toegepast. Het vraagt inzet van en samenwerking door mensen met verschillende rollen en functies binnen het project.

## 2.1 Doel

Het doel van de SE-plan is om concreet en expliciet vast te leggen hoe belanghebbenden, systemen, raakvlakken en eisen gedurende de gehele levenscyclus worden beheerst. Hiermee creëert het SE-Plan structuur en eenduidigheid, zodat alle betrokken disciplines efficiënt samenwerken aan hetzelfde einddoel en volgens hetzelfde SE-processen. Uiteindelijk borgt dit document dat het opgeleverde systeem aantoonbaar voldoet aan de specificaties en de wensen van alle belanghebbenden.




*Figuur 2.1: V-model Gelatineverbinding*

# 2.2 Systems Engineering processen

In dit hoofdstuk worden de SE processen schematisch weergegeven. De kern van alle SE-processen voor de hele levenscyclus van de systemen in dit project is geborgd in het V-model (Figuur XX). Het V-model toont aan welke SE-processen in welke fase dienen te worden uitgevoerd. Dit diagram en de aanbestedingsstrategie (Hoofdstuk 1.2) vormen de basis van de eisen ontwikkelingsprocessen.
In hoofdstuk 3 worden deze processen verder in het detail en uitgebreid toegelicht.

### 2.2.1 Eisen ontwikkeling proces

Het eisen-ontwikkeling proces is gebaseerd op het V-model van dit project en de aanbestedingsstrategie. In dit project wordt de volgende vier eisen-fases onderkend:

1. Systeemdefinitie (KES)
2. Systeemontwerp VO (Systeemeisen specificatie - SES)
3. Systeemontwerp DO/UO (Subsysteemeisen specificatie - SSES)
4. Vraagspecificatie (VSE) en werkomschrijving

Per fase vinden er honoreringssessies plaats die bedoeld zijn om de eisensets per fase formeel in baselines (hoofdstuk 2.3.1) vast te stellen.

Voor de Gelatinebrug (systeem 1.0 in figuur 1) en de Gelatine tunnel (systeem 9.0 in figuur 1) en hun directe aansluitingen (zie SBS) wordt de RAMS-methodiek (*EN 50126-1*) verplicht van toepassing verklaard. Hierin worden de eisen en het ontwerp getoetst volgens de RAMS-methodiek, wat o.a. wordt vastgelegd in een *Safety Case*.

### 2.2.2 Verificatie en validatieproces

Om aan te tonen dat de Gelatineverbinding veilig, betrouwbaar en conform afspraak wordt gerealiseerd, doorlopen we een continu proces van Verificatie en Validatie (V&V). Binnen het project hanteren we de volgende definities en kaders:

#### Verificatie

Verificatie is het aantonen proces dat de geleverde SE-producten (het ontwerp of het fysieke resultaat) voldoen aan de gestelde eisen. De centrale vraag is: Is de opdracht uitgevoerd zoals we met elkaar hebben afgesproken? Omdat het project in een bouwteam wordt gerealiseerd, maken we een harde knip in de verificatie-aanpak tussen het ontwerpen en het bouwen:

- **Verificatie in de Ontwerpfase**: Hier ligt de bewijslast bij het ontwerpend team (IB en/of aannemer). De standaard verificatiemethoden in deze fase zijn Documentbeoordeling, Berekening en (Model)Meting/Test.
- **Verificatie in de Realisatiefase**: De verificatie van de daadwerkelijke fysieke bouw vraagt om een andere aanpak (zoals fysieke inspecties en beproevingen). De strategie en het keuringsplan hiervoor worden niet eenzijdig opgelegd, maar worden in de Bouwteamfase als apart, gezamenlijk traject door het IB en de aannemer ontwikkeld. In deze fase stelt de aannemer een verificatie & validatieplan op voor de ontwerp en uitvoeringsfase op basis van zijn ISO 9001 certificering. De opdrachtgever (gemeente en IB) maken gebruik van SCB en worden systeem-, proces- en producttoetsen uitgevoerd om na te gaan of de aannemer de verificatie en validatie van de eisen op de juiste wijze uitvoert.
- **Zware RAMS-Verificatie (Brug 1.0 & Tunnel 9.0)**: Voor de beweegbare brug en de spoortunnel geldt de zwaarste verificatieklasse. Hier is het verplicht om, naast reguliere keuringen, specifieke FAT (Factory Acceptance Tests - afname in de fabriek) en SAT (Site Acceptance Tests - afname op locatie) uit te voeren voordat acceptatie door de Gemeente en ProRail/PZH plaatsvindt.

Afwijking tijdens verificatieproces

Tijdens het verificatieproces kan blijken dat een product of ontwerp niet (volledig) voldoet aan een eis. Dit wordt geregistreerd als een afwijking. Het proces is als volgt:

1. **Signalering**: De ontwerper, bouwer of toetser meldt de afwijking. Die geeft aan wat de oorzaak is van de afwijking en dat de herstelmaatregelen binnen of buiten de contactuele kaders vallen. In het laatste geval door met stappen 2 en 3.
2. **Advies**: De Technisch Manager (TM) beoordeelt de technische impact en de veiligheidsrisico's en geeft een zwaarwegend advies over de technische acceptatie. Hier besluit de TM de afwijking als een definitieve acceptatie of acceptatie onder voorwaarden of geen acceptatie.
3. **Wijziging (VTW)**: Indien een afwijking of een validatie-inzicht leidt tot een aanpassing die niet binnen het mandaat van de PM/CM valt, of die de originele klanteisen (KES) en scope raakt, treedt het formele wijzigingsproces in werking. Er wordt dan altijd een Verzoek Tot Wijziging (VTW) opgesteld om wildgroei in het ontwerp te voorkomen (zie hoofdstuk 2.3).

### Validatie

Validatie is het aantonen proces dat het gerealiseerde systeem daadwerkelijk het probleem van de klant oplost en bruikbaar is voor de beheerders en eindgebruikers. De centrale vraag is: Is dit echt de oplossing die wij als klant en eindgebruiker zoeken?

- **Validatie-advies**: Validatie mag geen sluitpost zijn. Het Ingenieursbureau (IB) krijgt in de ontwerpfase een expliciet werkpakket toegewezen om een 'Validatie-advies en strategie' op te stellen. Zij bepalen, in overleg met het IPM-team, op welke momenten en met welke middelen (bijv. 3D-modellen of proefopstellingen) de stakeholders en beheerders het ontwerp gaan valideren.

## 2.3 Configuratiemanagement & wijzigingsbeheer

Om gedurende de complexe levenscyclus van de Gelatineverbinding grip te houden op de scope, kosten en kwaliteit, wordt strikt configuratiemanagement toegepast. Dit borgt dat alle partijen (Gemeente Delft, IB en Aannemer) op elk moment werken met de juiste, actueel vastgestelde set van eisen en ontwerpen.

### 2.3.1 Baselines

Een baseline is een formeel vastgesteld 'bevriezingsmoment' van de configuratie (eisen en ontwerp). Vanaf het moment dat een baseline is geaccepteerd, vormt deze het dwingende vertrekpunt voor de volgende fase.

Binnen de Gelatineverbinding onderkennen we de volgende formele baselines:

- **Baseline 1:** KES Definitief 1.0 (Na afronding Definitiefase)
- **Baseline 2:** KES Definitief 2.0 (Na afronding KES-verdiepingsfase)
- **Baseline 3:** SES/SRS en geaccepteerd Voorlopig Ontwerp (VO) + Vraagspecificatie
- **Baseline 4:** SSES/SSRS en geaccepteerd DO/UO inclusief Werkbeschrijving (Bouwteamfase)
- **Baseline 5:** As-Built dossier (Einde Realisatiefase)

Alle baselines en onderdeel daarvan worden eenduidig en traceerbaar vastgelegd als een dataset in de centrale Relatics-omgeving van de Gemeente Delft.

### 2.3.2 Wijzigingsbeheer (VTW-proces)

Elke afwijking van een vastgestelde baseline wordt beheerd via een **Verzoek Tot Wijziging (VTW)**. Om de traceerbaarheid te garanderen, worden VTW's integraal beheerd in de centrale **Relatics-omgeving**. Dit maakt het mogelijk om een directe koppeling te leggen tussen de wijziging en de onderbouwende documenten, besluiten, SRS-eisen, risico's en contracteisen.

Het proces verloopt als volgt:

1. **Registratie:** Een (potentiële) wijziging wordt als VTW geregistreerd in Relatics.
2. **Risico- en Impactanalyse:**
   - **Technisch (TM):** Beoordeelt de technische haalbaarheid, de impact en risico’s op de systeemarchitectuur en raakvlakken.
   - **Contractueel (CM):** Beoordeelt de impact en risico’s op de vraagspecificatie en de contractuele afspraken met het IB of de aannemer.
   - **Financieel (MPB):** Beoordeelt de impact en risico’s op de ramingen en het beschikbare projectbudget.
3. **Advies (IPM-team):** Op basis van de de risico’s en impactanalyse wordt een advies om de (potentiële) wijziging te kunnen borgen.
4. **Besluitvorming:** De VTW wordt ter goedkeuring voorgelegd aan de Change Control Board (CCB) op basis van het contractbeheersplan van de Gelatineverbinding.
5. **Verwerking:** Na akkoord worden de wijzigingen door de SE-team doorgevoerd in de betreffende eisen-sets in Relatics, waarbij de koppeling naar het VTW-besluit wordt geborgd voor de audit-trail.

# 2.4 System architectuur

In dit hoofdstuk worden de globale systemen in het project schematisch in gestructureerd en in beeld gebracht. Het eerste schema (FBS) toont aan wat het systeem moet kunnen in functionele nivrau. Vervolgens toont de SBS aan waaruit het fysiek bestaat. De werkpakketten boom (WBS), toont aan de verdeling van werkpakketten zowel intern als extern. Ten slotte wordt de raakvlakken in de omgeving aangetoond.

Deze architecturen vormen gezamenlijk de bibliotheek in Relatics waaraan alle eisen, risico's en keuringen worden opgehangen. Deze architecturen zijn een levend schema en dient per fase (SO-VO-DO-TO) *up-to-date* te worden gehouden.

## 2.4.1 Functieboom (FBS)

De Functieboom (*Functional Breakdown Structure* - FBS) beschrijft wat het systeem moet doen, onafhankelijk van de uiteindelijke technische oplossing. Binnen Systems Engineering hanteren we hierbij altijd de regel: een functie is een werkwoord plus een zelfstandig naamwoord (bijv. "Kruisen Schie" in plaats van "Brug"). Door deze abstracte benadering voorkomen we dat we te vroeg in ontwerpoplossingen schieten en borgen we dat alle belangen van de diverse stakeholders (zoals de scheepvaart, ProRail en de fietsers) functioneel zijn afgedekt. In Relatics worden de klanteisen (KES) en systemen (SBS) direct gekoppeld aan deze functies. Hieronder wordt de **FBS** aangegeven:

**0.0 Hoofdfunctie**

Bieden van een veilige, robuuste en vlotte oost-west en noord-zuid verbinding voor langzaam verkeer.

**1.0 Verplaatsen & Passeren Faciliteren (De Primaire Functies)**

1.1 Faciliteren en geleiden fietsverkeer
1.2 Faciliteren en geleiden voetgangersverkeer
1.3 Faciliteren doorgang en keerruimte voor hulpdiensten (en beheerder)
1.4 Waarborgen ongestoorde en veilige doorvaart scheepvaart (Schie)
1.5 Waarborgen ongestoorde en veilige treindienst (Oude Lijn)
1.6 Faciliteren tijdelijke verkeersstromen (tijdens de bouwfase)

**2.0 Bieden van Veiligheid, Comfort en Beleving**

2.1 Waarborgen (sociale) veiligheid (o.a. verlichting, zichtlijnen, vluchtroutes)
2.2 Waarborgen verkeersveiligheid
2.3 Bieden van gebruikscomfort
2.4 Bieden van ruimtelijke kwaliteit en esthetiek (architectonische inpassing)

**3.0 Inpassen en Beheersen Omgeving (Ruimtelijk & Milieu)**

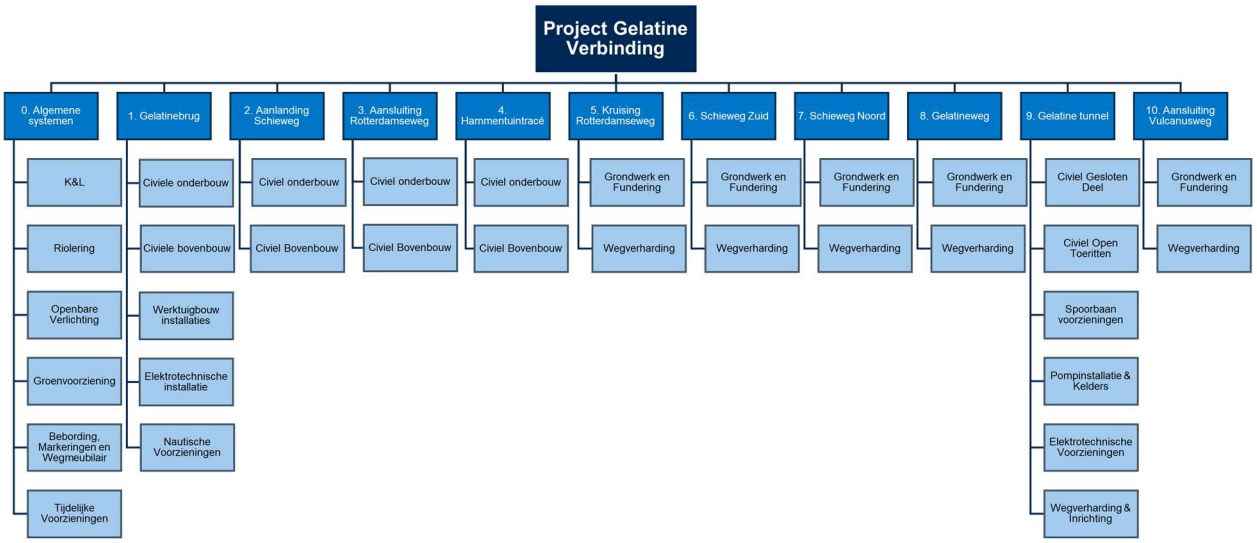
3.1 Inpassen op en aansluiten aan bestaande infrastructuur
3.2 Inpassen, verleggen en beschermen van (bestaande) kabels en leidingen
3.3 Beheersen waterhuishouding (afvoer hemelwater, weren grondwater in de tunnel)
3.4 Beperken hinder naar omgeving (tijdens gebruik én bouw)
3.5 Waarborgen ecologische waarden en biodiversiteit (flora, fauna, vleermuizen)

**4.0 Waarborgen Instandhouding & Toekomstbestendigheid**

4.1 Faciliteren veilige bediening (vanuit meldkamer/lokaal)
4.2 Faciliteren veilige inspectie en onderhoud
4.3 Waarborgen constructieve integriteit en systeembetrouwbaarheid
4.4 Minimaliseren milieu-impact

### 2.4.2 Basis Systeemboom (SBS)

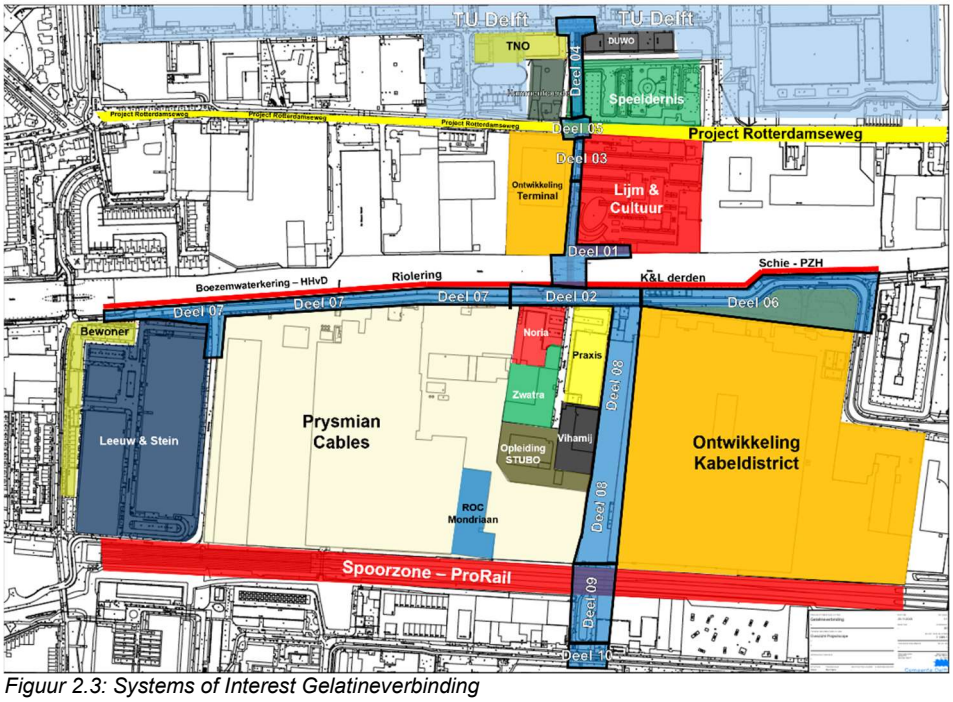
De Systeemboom (System Breakdown Structure - **SBS**) is de fysieke en geografische decompositie van de Gelatineverbinding. Waar de FBS beschrijft wat het systeem moet *doen of functioneren*, beschrijft de SBS wat het systeem fysiek daadwerkelijk is. Voor de Gelatineverbinding is op hoofdlijnen gekozen voor een geografische indeling op Laag 2 die één-op-één aansluit bij de 10 projectgebieden en de uitvoeringsfasering. Om te voorkomen dat doorlopende elementen (zoals K&L en riolering) versnipperd raken over deze gebieden, is er expliciet een “Algemene Systemen” (blok 0 links van de SBS hieronder) aan de architectuur toegevoegd. De SBS dient per fase up-to-date gehouden. Deze SBS vormt in de ontwerpfase en realisatiefase de basis voor het koppelen van de technische specificaties (SSES), de keuringsplannen en uiteindelijk de overdracht naar beheer.




*Figuur 2.2: SBS Gelatineverbinding*

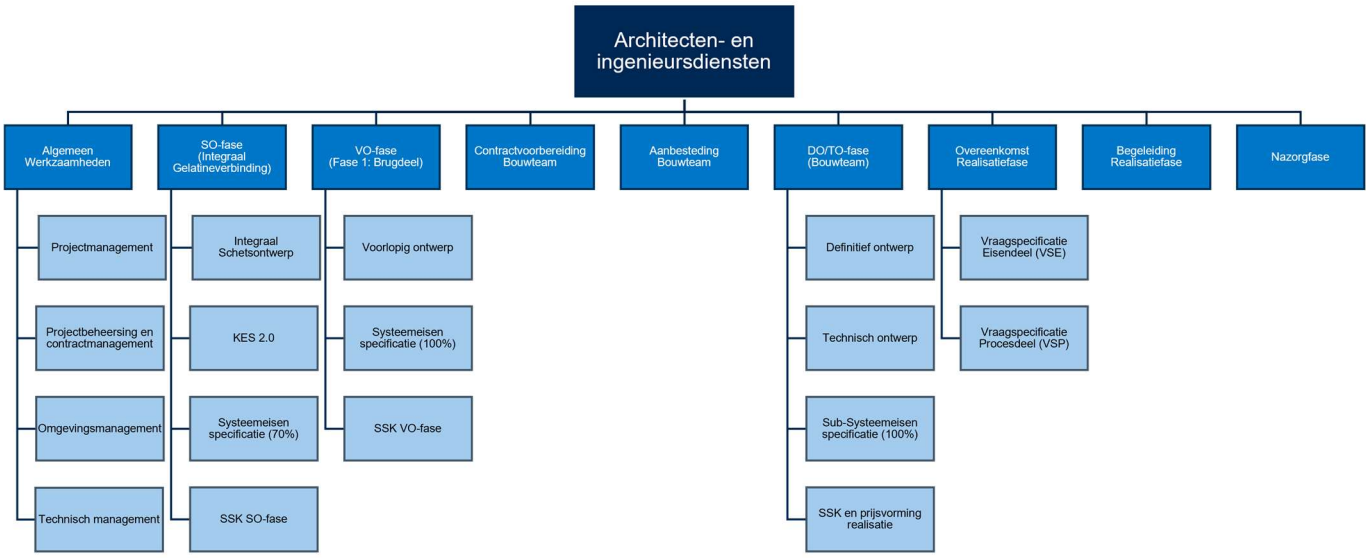
### 2.4.3 Systems of interest – Raakvlakken

Hieronder worden de raakvlakken in de omgeving (externe raakvlakken) in kaart gebracht. De Gelatineverbinding kruist of grenst direct aan de volgende fysieke objecten, gebiedsontwikkelingen en stakeholders.




*Figuur 2.3: Systems of Interest Gelatineverbinding*

### 2.4.4 Work Breakdown Structure (WBS)




*Figuur 2.4: Work Breakdown Structure van Architechten- en Ingenieursdiensten*

## 2.5 Integratie met Risicomanagement

Binnen het project Gelatineverbinding is Risicomanagement (RISMAN) onlosmakelijk verbonden met Systems Engineering. De Manager Projectbeheersing (MPB) is hiervan verantwoordelijk voor het proces om te komen tot het identificeren, kwantificeren en analyseren van projectrisico's. Vervolgens zijn deze risico's met de betreffende maatregelen gekoppeld is aan de risico-eigenaren die verantwoordelijk is voor de risico en de maatregelen. Om te borgen dat technische risico's daadwerkelijk in het ontwerp en de uitvoering worden gemitigeerd, worden deze geïntegreerd in het SE-proces.

Om financiële en strategische informatie te scheiden van de technische uitwerking, wordt het integrale (financiële) risicodossier beheerd in de specifieke risicosoftware (RISK ID). Financiële data en risicoreserveringen worden nadrukkelijk niet in Relatics geborgd. Echter, voor de technische beheersing wordt een directe koppeling gemaakt in Relatics.

De werkwijze van het risico borging in het SE-proces is als volgt georganiseerd:

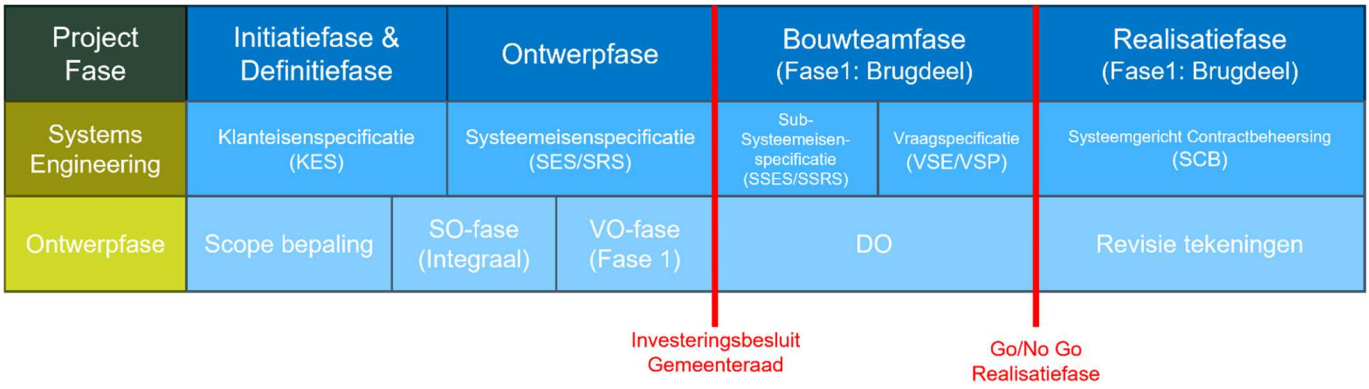
1. **Identificatie & Periodieke Afstemming:**
   Er vinden conform Handboek Risicomanagement risicosessies plaats waarin het IPM-team en het Ingenieursbureau (IB) de risico's bespreken. (De exacte vorm en frequentie hiervan wordt tijdens de SO-fase door het IB in afstemming met de Gemeente Delft verder vormgegeven).

2. **De Traceerbaarheidslijn in Relatics:**
   Risico's die een technische, ruimtelijke of functionele impact hebben, worden zonder financiële data in Relatics geïmporteerd of benoemd. Hier wordt de volgende harde traceerbaarheidslijn geborgd:
   - **Risico:** De omschrijving van het gevaar en gevolg (bijv. "Onvoorziene zettingen bij de spoorkruising").
   - **Beheersmaatregel:** De actie om dit te voorkomen.
   - **Besluit:** De formele goedkeuring (via PM of TM) om deze maatregel door te voeren.
   - **Eis (KES/SES/VSE):** De daadwerkelijke systeemeis of contracteis waaraan het ontwerp of de aannemer moet voldoen.

3. **Validatie van de mitigatie:**
   Tijdens de verificatie- en validatiecycli wordt niet alleen getoetst of het ontwerp aan de eis voldoet, maar wordt daarmee ook direct het bewijs geleverd dat de beheersmaatregel succesvol is geïmplementeerd. Zodra een verificatie in Relatics is geaccepteerd, kan de MPB het bijbehorende risico in RISK ID afwaarderen of sluiten.

# 3 Systems Engineering per Fase

Dit hoofdstuk is een **levend document**. Aan het eind van een fase dient de resultaten m.b.t. systems engineering in dit hoofdstuk te worden gerapporteerd.




*Figuur 3.1: SE-productenoverzicht per fase*

## 3.1 Definitiefase (intern)

In de definitiefase wordt de basis gelegd voor het project Gelatineverbinding. De klantvraag wordt inzichtelijk gemaakt, de scope wordt afgebakend en de kaders vanuit de Gemeente Delft worden vastgelegd.

### 3.1.1 Input

- Gebiedsvisie Schieoevers en Metropolitane Fietsroute.
- Bestaande beleidsdocumenten en normen van de Gemeente Delft, Provincie Zuidholland en TU Delft.
- Scopebepaling (zoals beschreven in 1.1.1).
- Algemeen richtlijnen voor GWW-projecten (o.a. ASVV, beweegbare brug enz.)

### 3.1.2 Activiteiten

- Uitvoeren van een stakeholderanalyse.
- Ophalen, analyseren en SMART formuleren van klanteisen (functionaliteit, ruimtelijke inpassing, beheer & onderhoud).
- Honoreren klanteisen en vastleggen KES.
- Opstellen van de initiële Systeemboom (SBS) op hoofdlijnen.
- Inrichten van de centrale Relatics-omgeving.

### 3.1.3 Verantwoordelijke

Gemeente Delft (IPM-team) is de verantwoordelijke in deze fase.

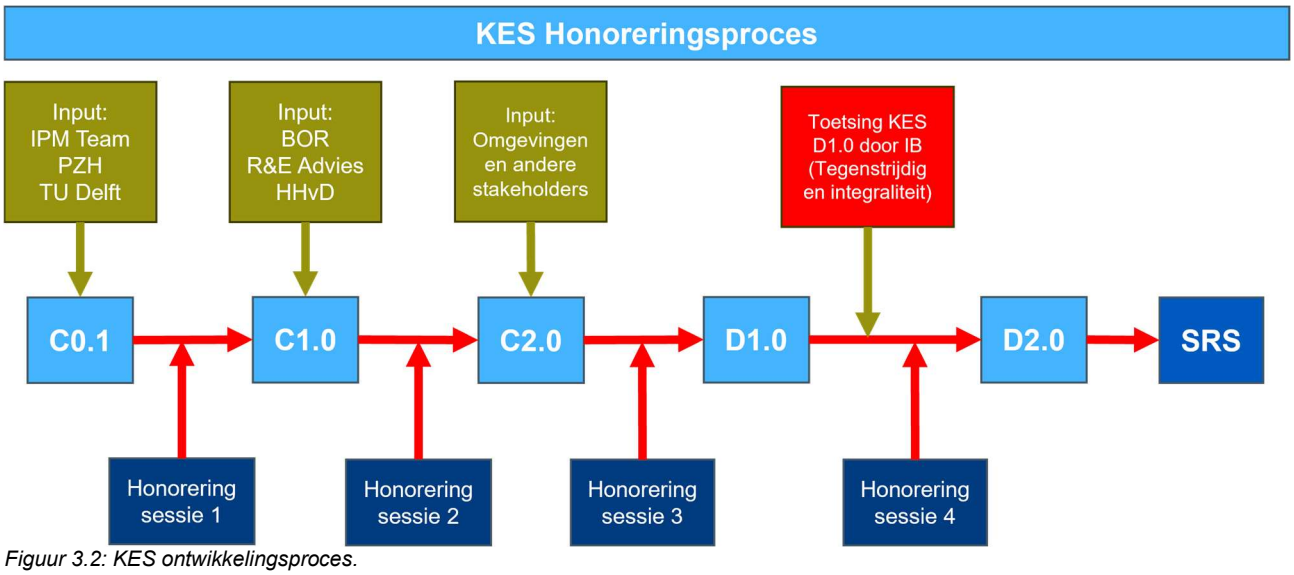
- Systems Engineer: trekt het proces,
- Omgevingsmanager (OM): levert stakeholder-input,
- Technisch Manager (TM): bewaakt de technische haalbaarheid van de eisen.

### 3.1.4 Productie

- Integraal Klanteisen Specificatie (KES) – Baseline 1.0
- Systeemboom (SBS) top-level.
- Raakvlakkenoverzicht (initieel).

## 3.2 KES – Baseline 2.0

In deze tussenfase ligt de focus op het saneren en verdiepen van de initiële klantvraag. Voordat het integraal ontwerp start, moeten externe richtlijnen en mogelijke tegenstrijdigheden zijn opgelost. In Figuur 3.2 is dit het proces tussen D1.0 en D2.0.




*Figuur 3.2: KES ontwikkelingsproces.*

### 3.2.1 Input

- Vastgestelde Integraal Klanteisen Specificatie (KES) – Baseline 1.0
- Uitgangspunten ontwerpopgave (Esthetisch KES)
- Uitgevoerde conditionerende onderzoeken van het verleden.
- Richtlijnen van externe stakeholders (o.a. PZH, TU Delft, Rijkswaterstaat, ASVV, MRDH, ProRail).

### 3.2.2 Activiteiten

- Gedetailleerde eisenanalyse door het IB op basis van de vigerende richtlijnen van externe partijen.
- Identificeren en analyseren van tegenstrijdige eisen (bijv. tussen verschillende richtlijnen of tussen stakeholderwensen) door het IB.
- Opstellen van een adviesrapportage door het IB over hoe om te gaan met deze tegenstrijdigheden.
- Honorering en besluitvorming door de Gemeente Delft over de definitieve eisen en het oplossen van conflicten.
- Conditionerende onderzoeken analyse (wat moet nog onderzocht worden).
- Communicatie naar de stakeholders

### 3.2.3 Verantwoordelijke

- **Ingenieursbureau (IB):** Voert de analyse uit en adviseert over de technische en procedurele impact van de eisen.
- **Gemeente Delft (GD):** Verantwoordelijk voor de uiteindelijke weging van belangen en het vaststellen van de Baseline.

### 3.2.4 Productie

- Adviesrapportage Eisenanalyse
- KES Baseline 2.0 (Gevalideerd en vastgesteld).

## 3.3 Ontwerpfase (SO en VO)

In deze fase is het Ingenieursbureau (IB) aangehaakt. Zij vertalen de abstracte klanteisen (KES) naar concrete systeemeisen (SES/SRS) en werken het ontwerp uit tot een Voorlopig Ontwerp (VO).

Figuur 3.3 Projectfase en Scope aanbesteding

### 3.3.1 Input

- Vastgestelde KES Baseline 2.0.
- Bestaande areaalgegevens (BGT en perceelgrenzen) en KLIC-meldingen
- Gekozen contract- en aanbestedingsstrategie (Bouwteam UAV-GC/EC)

### 3.3.2 Activiteiten

- Start van het integraal Schetsontwerp (SO) voor de hele Gelatineverbinding.
- Vertaling van de KES Baseline 2.0 naar de Systeemeisen specificatie (SES/SRS) in Relatics.
- Het verkrijgen van goedkeuring op de architectonische vormgeving van de Gelatinebrug
- Uitwerken van het Voorlopig Ontwerp **Gelatineverbinding fase 1 Brugdeel**. VO Fase 1 bevat de volgende onderdelen uit de projectscopekaart : 1, 2, 3, 4, 5, 6 en 7.
- Uitvoeren aanvullende conditionerende onderzoeken t.b.v. het project (o.a. bodem-, milieuhygiënisch-, verharding- en trillingsonderzoek)
- Verificatie en Validatie van de ontwerpkeuzes tegen de SRS en validatie tegen de oorspronkelijke klantvraag (KES).
- **Opstellen van de Contractdocumenten:** Het vertalen van de technische ontwerpeisen naar een integraal contractdocument (UAV-GC) voor de aanbesteding van de bouwteamfase.
- **Begeleiden van de aanbesteding:** Het technisch inhoudelijk ondersteunen van het IPM-team van de Gemeente Delft tijdens de aanbestedingsprocedure (o.a. aanbestedingsleidraad opstellen en Nota van Inlichtingen).

### 3.3.3 Verantwoordelijke

- **Ingenieursbureau (IB):** Verantwoordelijk voor de opmaak van het SO/VO, de SRS, de contractvoorbereiding UAV-GC en de inhoudelijke begeleiding van de aanbesteding.
- **Gemeente Delft (GD):** Verantwoordelijk voor de finale acceptatie van de documenten en de procesmatige leiding over de aanbesteding vanuit het IPM-team.

### 3.3.4 Productie

- Systeemeisen specificatie (SES/SRS) in Relatics.
- Geverifieerd SO- en VO-documentatie Brugdeel (tekeningen, berekeningen, rapportages).
- Verificatie- en Validatierapportage (SO integraal- en VO brugdeel-fase).
- SO Integraal- en VO brugdeel-raming
- Contractdocumenten (UAV-GC Engineering en Realisatie) voor de bouwteamfase van het brugdeel.

## 3.4 Voorbereidingsfase/Bouwteamfase Brugdeel (DO-Engineering)

In deze fase start de samenwerking met de aannemer binnen het Bouwteam. Gemeente Delft, het Ingenieursbureau (IB) en de Aannemer werken intensief samen in een Bouwteam-constructie. De focus ligt op het vertalen van de systeemeisen naar definitief ontwerpen (DO), het exact afkaderen van de werkzaamheden en het financieel beheersbaar maken van de realisatie (Vraagspecificatie). Er is sprake van doorlopende gezamenlijke SE-afstemming binnen het bouwteam.

### 3.4.1 Input

- Vastgestelde Systeemeisen specificatie (SES/SRS) uit fase 3.3.
- Geaccepteerd Voorlopig Ontwerp (VO).
- Contractdocumenten (UAV-GC Engineering en Realisatie) bouwteamfase.

### 3.4.2 Activiteiten

- Vertalen van de SES/SRS naar de Sub-Systeemeisen specificatie (SSES/SSRS) in Relatics door het bouwteam.
- Uitwerken van het VO naar een Definitief Ontwerp (DO) door de bouwteam.
- Uitvoeren van integrale ontwerp-verificaties: aantonen dat het DO voldoet aan de SSES en de bovenliggende SES.
- Afstemmen van raakvlakken met nutsbedrijven en overige externe stakeholders op detailniveau.
- Vergunningsaanvragen
- Opstellen van vraagspecificatie (VSE/VSP) voor de systemen.
- Opstellen en vaststellen van de werkbeschrijving: Het exact definiëren van de uitvoeringswerkzaamheden en methodieken.
- Opstellen van de kostenraming: Het maken en afstemmen van de raming(en) passend bij het DO-niveau, ter voorbereiding op de realisatie-overeenkomst.

### 3.4.3 Verantwoordelijke

- **Bouwteam:** Verantwoordelijk voor het opstellen van het DO, de SSES, Vraagspecificatie en het leveren van de bijbehorende verificatiebewijzen.
- **Gemeente Delft en IB (TM's):** Gezamenlijke toetsing en formele acceptatie van de ontwerpproducten en verificaties in Relatics.

### 3.4.4 Productie

- Sub-Systeemeisen specificatie (SSES/SSRS).
- Geverifieerd DO-dossier (tekeningen, berekeningen, werkplannen).
- Geaccepteerde Raming (DO-fase).
- Verificatierapportage ontwerp (aantoonbaarheid van eisen in ontwerp).
- DO/UO-raming
- Vastgestelde vraagspecificatie (VSE/VSP)

## 3.5 Realisatiefase

In de realisatiefase wordt de Gelatineverbinding Brugdeel daadwerkelijk gebouwd. De SE-focus verschuift van ontwerpen naar aantoonbaar realiseren en kwaliteitsborging via Systeemgerichte Contractbeheersing (SCB). Alle bewijslast komt samen in één systeem.
*** (Let op: de exacte methode/criteria voor acceptatie door Beheer zijn momenteel nog Nader Te Bepalen - NTB). ***

### 3.5.1 Input

- Vastgesteld Definitief ontwerp (DO) en SSES/SSRS.
- Vastgestelde Werkbeschrijving en Vraagspecificatie (VSE/VSP).
- Geaccepteerde DO-niveau realisatieraming.

### 3.5.2 Activiteiten

- Uitwerken van het DO naar een uitvoeringsontwerp (UO) door de aannemer.
- Uitvoeren van integrale ontwerp-verificaties: aantonen dat het UO voldoet aan de Vraagspecificatie, SSES en de bovenliggende SES.
- Fysieke realisatie van de Gelatineverbinding conform het Vraagspecificatie (VSE/VSP).
- Opstellen, beheren en afvinken van keuringsplannen volledig binnen de centrale Relatics-omgeving.
- Uitvoeren van keuringen, beproevingen (bijv. FAT/SAT voor de brug) en het direct vastleggen van de verificatiebewijzen in Relatics door de aannemer.
- **Systeemgerichte Contractbeheersing (SCB):** Het opstellen van een auditplan en het uitvoeren van systeem-, proces- en producttoetsen.
- Periodiek actualiseren van de financiële raming en bewaking van de realisatiekosten.

### 3.5.3 Verantwoordelijke

- **Aannemer**: Uitvoering conform eisen, keuringen uitvoeren en het verificatiedossier (incl. keuringsplannen) in Relatics vullen.
- **Contractmanager (CM) van Gemeente Delft & IB**: Hebben de lead bij het opstellen en uitvoeren van de SCB-toetsen (Systeemgerichte Contractbeheersing).
- **Technisch Manager (TM) van Gemeente Delft & IB**: Inhoudelijke technische beoordeling en acceptatie van realisatiebewijzen.

### 3.5.4 Productie

- Volledig gevuld en geaccepteerd Verificatiedossier en Keuringsregistraties in Relatics.
- SCB-toets rapportages en eventuele afwijkingendossiers (NC's).
- Geactualiseerde ramingen en financiële eindrapportage.
- Revisiebescheiden (As-Built) en het Overdrachtsdossier naar Beheer & Onderhoud.

## 3.6 Gebruiks-, Beheer- en Onderhoudsfase

In deze fase is de Gelatineverbinding in gebruik genomen en overgedragen aan de afdeling Stadsbeheer van de Gemeente Delft en Beheer van Provincie Zuid-Holland. Gemeente Delft wordt de eigenaar van de Gelatinebrug en de betreffende onderdelen (1 t/m 7 conform projectscope). Beheer van PZH gaat hierna de Gelatinebrug beheren en bedienen namens Gemeente Delft.
De rol van Systems Engineering vanuit het projectteam is in deze fase geminimaliseerd. De focus ligt op het afronden van de informatiestroom en het borgen van de as-built data voor toekomstig beheer.

### 3.6.1 Input

- Volledig geaccepteerd As-Built Verificatiedossier.
- Fysieke systemen
- Overdrachtsdossier Beheer & Onderhoud (Revisietekeningen, handleidingen).

### 3.6.2 Activiteiten

- Archiveren en veiligstellen van de Relatics-omgeving van het project.
- Overdragen van de benodigde asset-informatie (zoals de objectenboom en onderhoudsvoorschriften) naar de beheer-systemen van PZH en de Gemeente Delft (bijv. IMBOR).
- Formele decharge van het projectteam.

### 3.6.3 Verantwoordelijke

- **Projectmanager (PM) & SE'er Gemeente Delft**: Verantwoordelijk voor de formele overdracht van de projectdata en archivering van Relatics.
- **Assetmanager PZH en Gemeente Delft**: Verantwoordelijk voor het in ontvangst nemen van het dossier en het beheer van de asset.

### 3.6.4 Productie

- Gearchiveerd SE-dossier (Relatics).
- Gevulde Beheersystemen Gemeente Delft.

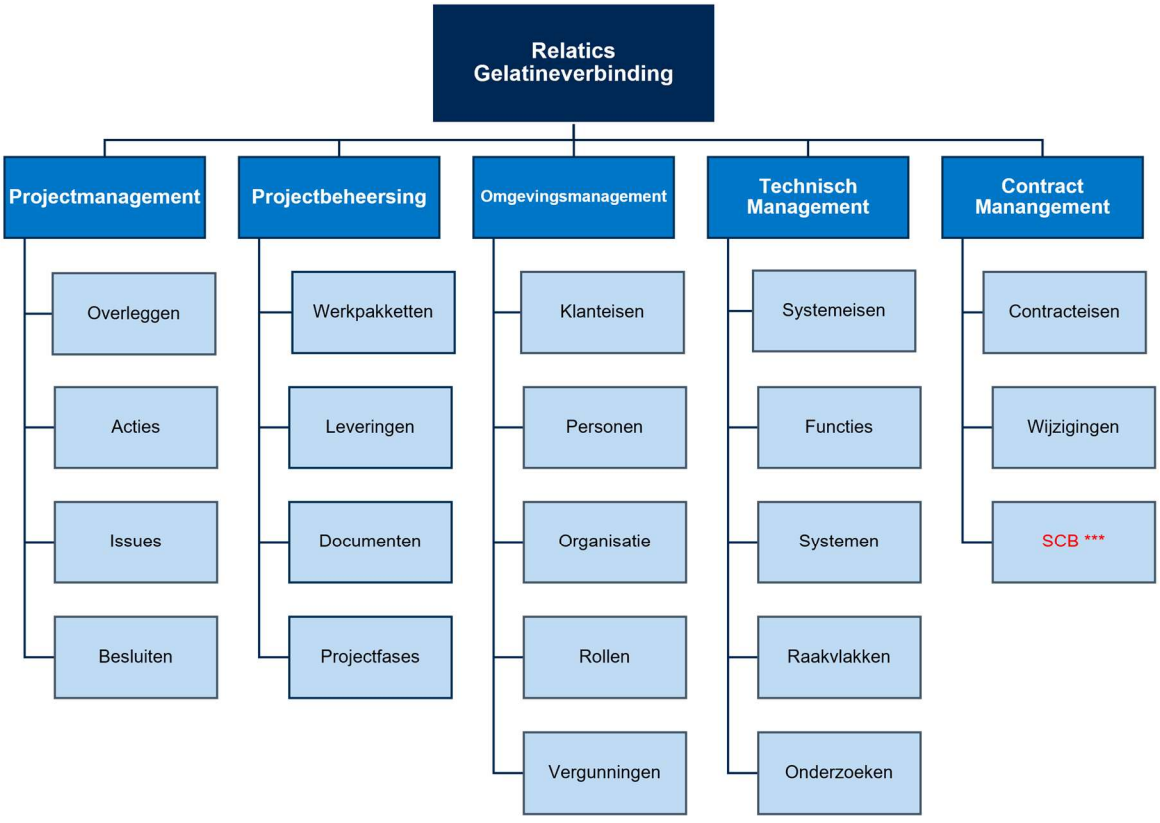
# 4 Proces borging in Relatics

## 4.1 Introductie Relatics

Voor de realisatie van de Gelatineverbinding is gekozen voor een gefaseerde aanpak waarbij ketenintegratie en samenwerking in een Bouwteam centraal staan. Om te borgen dat de overdracht van informatie tussen de Gemeente Delft, het Ingenieursbureau en de aannemer foutloos verloopt, fungeert Relatics als de onmisbare single-point-of-truth. In plaats van het hanteren van losse documenten per fase of per organisatie, biedt Relatics één geïntegreerd informatiemodel waarin de eisen, de systeemarchitectuur (waaronder de SBS) en de bijbehorende verificaties eenduidig met elkaar verbonden zijn. Dit dwingt af dat alle betrokken partijen transparant samenwerken volgens dezelfde SE-processen. Het voorkomt het werken met verouderde informatie en zorgt ervoor dat verantwoordelijkheden rondom keuringsplannen en wijzigingen (VTW's) voor het gehele IPM-team direct inzichtelijk zijn. Daarmee vormt Relatics het fundament voor een betrouwbare samenwerking en een efficiënte projectuitvoering.

## 4.2 SE-informatie model in Relatics

Het SE-informatie model van de Gelatineverbinding omgeving is een levend model. Het initieel model is gebaseerd op het IPM-model van de projectorganisatie. Dit model wordt hierna beheerst en ontwikkeld door de SE'r van de Gemeente Delft, ingenieursbureau en later van de aannemer. Het hoofddoel van SE model is om de project-processen en data in één "source of truth" te borgen. Hieronder wordt er aangetoond hoe de projectinformatie in Relatics is geborgd en gestructureerd:




*Figuur 4.1: Intieel SE-informatie model in Gelatineverbinding Relatics Omgeving*

# Colofon

**Dit is een uitgave van**
Gemeente Delft
Postbus 78, 2600 ME Delft
Telefoon 14015
Internet www.delft.nl
Augustus 2026