Naar een Nationale multi-model infrastructuur voor integrale besluitvorming in de energie transitie

Inhoudsopgave

1. Algemeen 2
2. Openbare samenvatting 2
   2.1 Aanleiding 2
   2.2 Doel van het project 2
   2.3 Korte omschrijving van de activiteiten 2
   2.4 Resultaat 2
3. Aanvragers, deelnemers en derden 3
   3.1 Tabeloverzicht van betrokkenen van aanvragers en derden 3
   3.2 Beschrijving per aanvrager of derde 3
4. Projectbeschrijving 6
   4.1 Projectdoelstelling 6
   4.2 Projectaanpak: resultaten en activiteiten (werkpakketten) 8
      4.2.1 WP:1 - Community of practice (Universiteit Leiden) 8
      4.2.2 WP:2 - Methodes en toolkit (TU Delft) 10
      4.2.3 WP:3 - Software platform (TNO) 12
      4.2.4 WP:4 - Casussen voor multi-model validatie (TNO) 14
   4.3 Projectstrategie 17
   4.4 Markt en maatschappij 17
      4.4.1 Beschrijving van de markt 17
      4.4.2 Waarde voor de afnemer en gebruiker 18
      4.4.3 Implementatie / marktintroductie 19
   4.5 Mate van vernieuwing 19
      4.5.1 Innovatie 19
      4.5.2 Versterking Nederlandse kennispositie 20
      4.5.3 Uitdagingen 20
      4.5.4 Internationale context 20
5. Kennisverspreiding 21
6. Financiering van eigen aandeel in de projectkosten 21

1. Algemeen

Projecttitel
Naar een nationale multi-model infrastructuur voor integrale besluitvorming in de energie transitie (Multi-model.nl)

Programmalijn
Programmalijn 1: Multi-modelling voor integrale besluitvorming

Locatie(s) waar het project uitgevoerd wordt:
Het wetenschappelijk onderzoek zal worden uitgevoerd op de TU Delft en verschillende TNO-locaties. Daarnaast worden er workshops gehouden op verschillende locaties binnen Nederland, mogelijk bij de deelnemende partners.

2. Openbare samenvatting

2.1 Aanleiding

Een lange termijnplanning van de energietransitie is alleen mogelijk wanneer betrokkenen gezamenlijk tot een integraal begrip van het systeem komen. Hierbij spelen transparante data, scenarioruimtes, technische modellen, inzicht in belangen en organisatorische randvoorwaarden een essentiële rol. Dit project is een eerste stap naar een Multi-Model infrastructuur: een modulair, generiek en geïntegreerd systeem dat de gemeentelijke Transitie Visies Warmte (TVW), Regionale Energie Strategieën (RES) en de Integrale Infrastructuur Verkenning 2030-2050 (II3050) vergemakkelijkt, versnelt en verdiept.

2.2 Doel van het project

Dit project, **Multi-model.nl**, onderzoekt, ontwerpt, en implementeert een *minimum viable product* multi-model infrastructuur voor integrale besluitvorming in de energietransitie. **Met deze infrastructuur worden bestaande modellen binnen een open technisch platform gekoppeld** om inzichten te kunnen genereren uit transparante, herhaalbare, en toetsbare interacties ten behoeve van de besluitvorming over geïntegreerde energiesystemen. Het ontwerp, de ondersteuning, en de uitleg van deze infrastructuur wordt gedragen door een brede *Community of Practice* van modelleurs, besluitvormers en onderzoekers.

2.3 Korte omschrijving van de activiteiten

Een Community of Practice wordt opgezet om de andere activiteiten op te zetten en in te vullen. Middels workshops en co-creatieprocessen wordt het ontwerp van de infrastructuur bepaald, gebruiksprocessen van multi-modellen onderzocht en gevalideerd, en worden integrale besluitvormingsprocessen ontworpen en ondersteund. De effecten van schaling tussen, en koppelen van, modellen met verschillende werkingsprincipes wordt onderzocht, evenals algoritmisch kwantificeren van onzekerheidspropagatie. Ter validatie worden de ontwikkelde concepten toegepast op verschillende casussen.

2.4 Resultaat

Het hoofdresultaat is een platform voor inter-modelcommunicatie dat 5 tot 18 modellen koppelt. Dit is een *minimum viable product* dat besluitvorming voor verschillende casussen inhoudelijk ondersteunt. Methodologisch levert het project een theoretisch kader en algoritmische toolkit voor de systematische kwantificatie van onzekerheidspropagatie, schaling, en koppeling van modellen met verschillende werkingsprincipes. Middels de geëngageerde CoP wordt het participatieve proces gespecificeerd en vormgegeven, en wordt zorg gedragen voor verder gebruik en ontwikkeling van de infrastructuur.

3. Aanvragers, deelnemers en derden

3.1 Tabeloverzicht van betrokkenen van aanvragers en derden

Naam aanvrager of derde	Type organisatie[1]	Voornaamste rol in het project	Igv derde: gecontracteerd door:
TU Delft	KO	Penvoerder en leider werkpakket 2	NVT
Hanzehogeschool	KO	Kennisoverdracht	NVT
TNO	KO	Expert multi-modelling (leider werkpakket 3), expertise praktijkcasussen (leider werkpakket 4)	NVT
Universiteit Leiden	KO	Expert participatief proces, leider werkpakket 1	NVT
Alliander	GB	Support inhoudelijke aspecten CoP en validatie casussen	NVT
DNVGL	GB	Support ontwikkeling concepten multi-modelling en validatie via casussen	NVT
Gasunie	GB	Support inhoudelijke aspecten CoP en validatie casussen	NVT
Kalavasta	KB	Ontwikkeling concepten multi-modelling en validatie via casussen	NVT
Quintel	KB	Ontwikkeling concepten multi-modelling en validatie via casussen	NVT
Quo Mare	KB	Ontwikkeling concepten multi-modelling en validatie via casussen	NVT
Stedin	GB	Support inhoudelijke aspecten CoP en validatie casussen	NVT

3.2 Beschrijving per aanvrager of derde

TU Delft (Penvoerder)
De Technische Universiteit Delft is een van ‘s werelds toonaangevende universiteiten die zich bezighoudt met fundamentele en toegepaste R&D om aan belangrijke maatschappelijke behoeften te voldoen. De onderzoeksmissie van het departement Multi-Actor Systems is gefocust op het gebruik van modellen & simulaties, sociale processen, en het institutioneel inrichten voor verduurzaming van grootschalige socio-technische systemen. Twee van de drie onderzoeksgroepen van de MAS afdeling zijn betrokken bij dit project. Systeemkunde, de groep van dr.ir. Igor Nikolic, de wetenschappelijke lead van het project, en Beleidsanalyse, de groep van Dr.ir. Jan Kwakkel. Dr.ir. Nikolic’s expertise in *participatory multi-modelling for decision making* speelt een cruciale rol in wp:1,2 en 3. Tevens brengt dr.ir. Kwakkel hoogwaardige expertise over *Deep Uncertainty*, onzekerheidspropagatie, en de ontwikkeling van scenarioruimte naar wp:2 en 3.

(LEVE) Hanzehogeschool (Deelnemer 7 in begroting)
Acht Hogescholen bundelen hun krachten binnen het Lectorenplatform Energievoorziening in Evenwicht (LEVE) via 8 lectoraten. Ze ontwikkelden een gezamenlijke visie op de energietransitie en formuleerden een onderzoeksagenda.[2] LEVE zal in dit project vertegenwoordigd worden door de Hanzehogeschool. Het lectorenplatform LEVE, onder penvoerderschap van de Hanzehogeschool Groningen, wordt ondersteund door het Sustainable Electrical Energy Center of Expertise (SEECE), Centre of Expertise Energy (EnTranCe) en de Topsector Energie (TKI Wind op Zee, TKI Nieuw Gas, Human Capital Agenda en Systeemintegratie). Het wordt mogelijk gemaakt door een financiële bijdrage van SIA.

TNO (Deelnemer 2 in begroting)
Het doel van TNO is om kennis toepasbaar te maken voor bedrijven en overheden. TNO biedt als onafhankelijk kennisinstituut onder meer kennis op het gebied van de energiesystemen, ICT technologie,

1 Vul in: KO (Kennisorganisatie), GB (Groot bedrijf), MB (Midden bedrijf), KB (Klein bedrijf). Om te bepalen of een organisatie een MB of KB is, wordt uitgegaan van de MKB definitie van de Europese Commissie. Zie *http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/subsidiespelregels/standaardformulieren/mkb-toets.*

2 https://specials.han.nl/sites/seece/actueel/documenten/LEVE-Onderzoeksagenda-2019.pdf

integraliteit en complexe besluitvorming. In dit project heeft TNO een belangrijke rol bij het maken van de IT infrastructuur voor multi-modelling en het koppelen van energierekenmodellen aan elkaar met behulp van de door TNO ontwikkelde open source taal Energy System Description Language (ESDL). Naast ESDL brengt TNO ook een aantal energierekenmodellen en tools in.
Verder is TNO in dit project verantwoordelijk voor de praktijk cases en zal een bijdrage leveren aan het participatieve proces. De key-experts van TNO in dit project zijn Edwin Matthijssen (wp:3) en dr. Alexander Woestenburg (wp:4).

Universiteit Leiden (Deelnemer 3 in begroting)
De Universiteit Leiden werd opgericht in 1575 en is een van Europa's toonaangevende internationale onderzoeksuniversiteiten. De universiteit zet zich in voor het ontwikkelen, verspreiden en toepassen van academische kennis en is een vertrouwd figuur in maatschappelijke en politieke debatten in de nationale en internationale arena. Professor Cuppen bekleedt de leerstoel Governance of Sustainability bij het Instituut Bestuurskunde van de Faculteit Governance and Global Affairs, gelegen op Campus Den Haag. Als onderdeel van deze leerstoel doet ze onderzoek naar ontwerp en evaluatie van stakeholderparticipatie en multi-actor besluitvorming over energie-infrastructuur en zal deze expertise in het project inbrengen. Haar rol in het project bouwt voort op eerdere samenwerkingen met de onderzoekers van de TU Delft (Nikolic & Kwakkel), waar ze werkte voordat ze naar de Universiteit Leiden kwam. Ze zal bijdragen aan het ontwerp van de CoP in wp:1, het ontwerp van participatieve modelleringsmethodologie in wp:2, en aan de toepassing van de methodologie in de use cases in wp:4.

Alliander (Deelnemer 8 in begroting)
Alliander is een groep waarin verschillende bedrijven actief zijn. Netbeheerder Liander leidt de energiedistributie over al onze netten dagelijks in goede banen. Alliander brengt haar technische kennis van distributienetten, haar eigen ontwikkelde modellen en haar visie op integratie van toekomstige distributie netten in het project. Netwerkbedrijven hebben een cruciale rol in de energietransitie en modellering van door hen beheerde netten kan mogelijk in de toekomst ontsloten worden middels de producten die in dit project ontstaan.

DNVGL (Deelnemer 10 in begroting)
DNVGL is een wereldwijd opererende organisatie op het gebied van quality assurance en risk management, erkend binnen de energie-industrie voor haar test-, inspectie- en adviesdiensten aan de waardeketen. DNVGL, en in het bijzonder het markt-team op het hoofdkantoor in Arnhem, heeft inmiddels tientallen jaren ervaring met het modelleren van het energiesysteem. Waar deze modellen historisch gescheiden waren per modaliteit (gas-, warmte-, en elektriciteit), is er steeds meer vraag vanuit klanten naar het beschouwen en optimaliseren van het energiesysteem als geheel, over de diverse modaliteiten heen. Derhalve groeit de modelleercapaciteit steeds verder naar elkaar toe, zowel op het gebied van profiel modellen, als op het gebied van dispatch modellering (waarvan in dit geval spraken met het MOTOR model). DNVGL zal met haar kennis bijdragen aan het afstemmen van de ontwerpeisen voor de infrastructuur in wp:1, zorg dragen voor de koppeling van haar MOTOR model in wp:2 en 3, en meewerken aan de validatie van het multi-model in de casussen.

Gasunie (Deelnemer 4 in begroting)
Gasunie is een Europees gas infrastructuurbedrijf, dat verantwoordelijk is voor het transport van (aard)gas en groen gas in Nederland en Noord-Duitsland. Gasunie heeft ruime expertise en ervaring m.b.t. transport van gassen, gasopslagfaciliteiten de pijpleiding naar Engeland (BBL) en de LNG-terminal Gate op de Maasvlakte. De gasinfrastructuur zal in de periode tot 2050 grote veranderingen ondergaan. Aardgas zal voor een groot deel worden vervangen door waterstof en de interactie met andere energie-infrastructuren (zoals het elektriciteitsnet) zal intensiever worden. Hoe deze veranderingen gestalte gegeven moeten worden is een vraagstuk dat om een andere methode van infrastructuurplanning vraagt. Binnen dit project zal Gasunie kennis inbrengen van eigenschappen van het landelijke energiesysteem (met name het waterstof- methaannetwerk) en de bijbehorende modellen en tools en bijdragen aan het ontwikkelen van multimodellen, zodanig dat die in de toekomst van nut kunnen zijn voor het opzetten van een planningsmethodiek voor geïntegreerde energie-infrastructuur.

Kalavasta (Deelnemer 6 in begroting)
Kalavasta is een strategie consultancy die werkt aan het ontdekken en bevorderen van systeem-transities richting duurzame evenwichten. Zo heeft Kalavasta zich beziggehouden met meerdere transitie thema's die voorheen nog grotendeels onverkend waren. Naast eerdere werkzaamheden aan het Energietransitiemodel (Energy Transition Model of ETM) werkt zij momenteel aan de eerste versie van het grondstoffen transitie model voor de fossiel-intensieve industrie (Carbon Transition Model of CTM)

evenals een eerste versie voor een landbouw- voedsel en natuur transitie model (Agrifood Transition Model of ATM). Hierdoor heeft Kalavasta uitgebreide ervaring met het ontwikkelen van holistische en integrale modellen voor verschillende systemen. De link tussen het ETM, CTM en ATM zit o.a. in het onderwerp biomassa. De relatie tussen het CTM en het ETM zit vooral in het onderwerp waterstof. Zij is voornemens om in het kader van dit project de koppeling tussen tenminste deze drie rekenmodellen te realiseren.

Quintel Intelligence B.V. (Deelnemer 5 in begroting)
De missie van Quintel is om state-of-the-art energie-modellering tooling beschikbaar te maken voor een zo breed mogelijk publiek teneinde de energietransitie te versnellen. Hiertoe ontwikkelt en onderhoudt Quintel het Energietransitiemodel (ETM) en ondersteunt de gebruikers ervan vanuit haar expertise in het modelleren en integreren van energiegegevens. Quintel gelooft dat objectieve en transparante informatie tot inzichten en plannen leiden waar alle belangen goed in kunnen worden meegenomen.
Binnen dit project is Quintel actief in alle werkpakketten en heeft zij een groot aandeel in het definiëren, opspannen en structureren van de scenarioruimtes. Haar medewerkers zullen intensief kennis inbrengen tijdens zowel de afstemmingsworkshops alsmede de daaropvolgende ontwerp en implementatie-activiteiten van de op te zetten multi-modellen, waaraan ook het ETM gekoppeld zal worden. Tenslotte ziet zij een belangrijke bijdrage op het gebied van validatie van (een subset van) de multi-modellen in de concrete use-cases en aan het communiceren over de resultaten hiervan.

QuoMare (Deelnemer 3 in begroting)
QuoMare levert kwantitatieve consultancy vanuit een overwegend wiskundige of econometrische insteek. Haar projecten kenmerken zich door een combinatie van 1) complexe, veelal samenhangende, beslissingen, 2) een grote hoeveelheid aan data en 3) praktische kennis die er nodig is om zowel de data als de uitkomende resultaten correct te interpreteren. De ervaren medewerkers van QuoMare hebben uitgebreide kennis van wiskundige modellering en optimaliseringsmethoden, ruime praktische ervaring met projecten bij een aantal van Nederlands grootste bedrijven en kunnen hierdoor niet enkel op een theoretisch vlak waarde toevoegen maar juist ook in realistische toepasbaarheid. Verder is QuoMare eigenaar en ontwikkelaar van het TEACOS model, waarmee techno-economische analyses gedaan kunnen worden en technologische strategieën voor de lange termijn op economische en ecologische waarde kunnen worden geëvalueerd. In de persoon van Gregor Brandt zal Quo Mare de bovenstaande kennis en ervaring inbrengen in de *Community of Practice* en deze tevens inzetten voor de beoogde koppeling van modellen binnen het Multi-Model.nl project. Dit met name daar waar koppeling met het TEACOS model tot de mogelijkheden behoort, bijvoorbeeld met het Energietransitiemodel (ETM) van Quintel middels ESDL.

Stedin (Deelnemer 9 in begroting)
Stedin Netbeheer B.V. is de regionale in het zuidwesten van Nederland. Stedin is eigenaar van, investeert in en beheert de distributienetten voor elektriciteit en aardgas naar ca. 2 miljoen klanten in de provincies Utrecht en Zuid Holland. Binnen de Stedin organisatie is er ruime kennis op het gebied van energienetwerken en de veranderende rol van energie distributienetwerken in een toekomstig energiesysteem. Stedin is als partner van haar de gemeenten in haar verzorgingsgebied (tevens aandeelhouders van Stedin) nadrukkelijk betrokken bij het opstellen van de RESen en Transitievisie's Warmte (TVW's) van de gemeenten. Stedin ontwikkelt haar eigen modellen voor het berekenen van de impact van RESen TVW's en Cluster Energie Strategieën (CESen) op de elektriciteit en gasnetten. En hoe deze netten steeds slimmer benut kunnen worden in het toekomstig duurzaam energiesysteem. Denk hierbij aan het contracteren van Flex diensten om congestie te vermijden op het elektriciteitsnet, hergebruik van bestaande aardgasnetten voor distributie van duurzame gassen en de rol van warmtenetten in relatie tot elektriciteit en gasnetten. Stedin brengt haar technische kennis van distributienetten, haar eigen ontwikkelde modellen en haar visie op integratie van toekomstige distributie netten in het project.

4. Projectbeschrijving

4.1 Projectdoelstelling

Het doel van dit project is om de eerste stappen te nemen richting een nationale multi-model infrastructuur die integrale besluitvorming omtrent de energietransitie faciliteert. Door systematische en transparante netwerken van interacterende modellen en simulaties te creëren, die verschillende systeemniveaus (individueel, gemeentelijk, regionaal en (inter)nationaal), aspecten (technisch, economisch, gedrag, ruimtelijk enz.), en onderlinge interacties van de energietransitie beschrijven, biedt deze infrastructuur een consistente, transparante en verifieerbare basis voor besluitvorming. Dit raamwerk biedt de mogelijkheid om verschillende communities of practice (modelleurs, energie-experts en besluitvormers) bij elkaar te brengen en middels gestructureerde sociale processen van elkaar te leren om de energietransitie effectiever te managen.
Na de looptijd van dit project is er een raamwerk voor het koppelen van multi-modellen tot het stadium van een “minimum viable product”[3] ontwikkeld en is dit op basis van verschillende casussen gevalideerd (zie paragraaf 4.2.4). Dit raamwerk voor multi-modellen omvat een software infrastructuur, gebruiksmethodieken en modelleer procedures, en is gesteund door een community of practice van modelleurs en gebruikers. Naast gekoppelde multi-modellen biedt deze socio-technische infrastructuur een gezamenlijke scenarioruimte, waar alle plausibele transitie paden beschreven zijn. Deze scenarioruimte maakt de ontwikkeling van robuuste, adaptieve lange-termijn investeringsplannen mogelijk. De multi-modelinfrastructuur wordt in samenwerking met verschillende partijen gerealiseerd in het kader van TVW, RES en II3050.
Op technisch vlak heeft het project een softwareplatform gecreëerd waarin de onderlinge interactie van minimaal 5 en maximaal 18, afzonderlijk al bestaande, modellen mogelijk is gemaakt. Dit is bereikt door het ontwikkelen van 1) een inter-model communicatieprotocol, 2) een gezamenlijke en uitbreidbare representatie van energiesysteemkennis, en 3) een gezamenlijke definitie van de bijbehorende scenarioruimte.
Op methodologisch vlak heeft dit project methodes ontwikkeld in de vorm van handleidingen om systematisch de onzekerheden en onzekerheidspropagatie door multi-modellen te definiëren en kwantificeren. Verder heeft dit project handleidingen ontwikkeld over hoe om te gaan met op- en afschaling van modellen in tijd en ruimte en hoe om te gaan met koppelen van modellen met verschillende werkingsprincipes. Daarnaast heeft dit project een handleiding gecreëerd voor het opspannen en doorzoeken van de scenarioruimte en het gebruik ervan voor het toetsen van multi-modellen volgens de Exploratory Model Analysis onder Deep Uncertainty principes.
Op sociaal vlak heeft het project draaiboeken ontwikkeld voor participatieve co-creatie processen ter ondersteuning van het ontwikkelen van het multi-modellen raamwerk en voor de toepassing van multi-modellen bij de ondersteuning van besluitvormingsprocessen. Participatieve co-creatie staat aan de grondslag van zowel de ontwikkeling van de scenarioruimte alsmede de gezamenlijke interpretatie van uitkomsten gevolgd door de toepassing daarvan.
Tot slot heeft het project een community of practice opgezet waarin modelleurs en modelgebruikers samengebracht zijn en doorontwikkelingsprocessen aangaande technische specificaties en gebruik van de infrastructuur opgezet worden. Er is een plan van aanpak gecreëerd om het duurzame voortbestaan van de multi-model infrastructuur en de community of practice na de afsluiting van het project te garanderen. Vanuit de gebruikers betrokken bij dit project is hier een sterke behoefte toe en zij zullen deze verantwoordelijkheid op zich nemen.

Er zijn twee methodologische kernvragen die wetenschappelijk onderzoek vereisen:

1. Wat zijn de methodes voor systematisch omgaan met onzekerheidspropagatie en schaling in tijd en ruimte bij netwerken van niet-lineair interacterende modellen met verschillende werkingsprincipes?
2. Wat zijn de sociale ontwerpprincipes voor organiseren en uitvoeren van sociale processen die participatieve multi-modellering en participatieve interpretatie van multi-model uitkomsten mogelijk maken binnen de kader van integrale besluitvormingsprocessen tijdens de energietransitie?

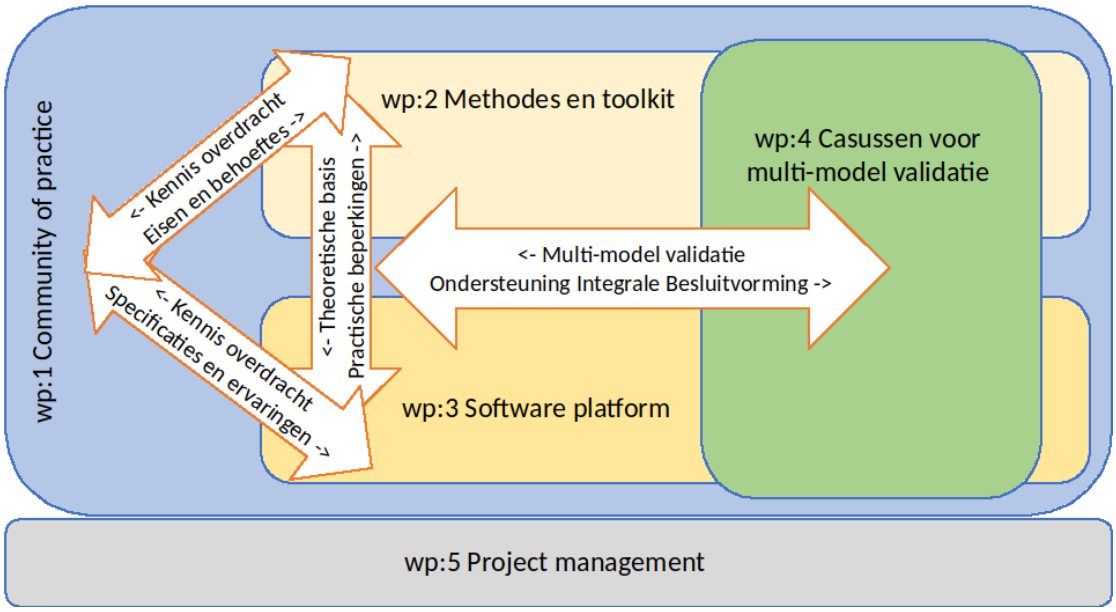
Gezien de methodologische aard van de onderzoeksvragen kunnen deze het best beantwoord worden met de Design Research benadering: “learning by doing”. Dit betekent dat er op basis van

[3] Met *“minimum viable product”* wordt een product verstaan dat alleen het minimum aan benodigde functionaliteit bezit om voor marktpartijen bruikbaar te zijn (levensvatbaarheid), en op basis van gebruik verder doorontwikkeld kan worden.

wetenschappelijk onderzochte inzichten en participatieve processen multi-modellen worden ontwikkeld die vervolgens dienen voor de verdere ontwikkeling en verfijning van onzekerheids-, schalings- en koppelingsmethodologieën. Een eerste ontwikkeling die die daarvoor moet worden gedaan is het creëren van een open multi-model infrastructuur die efficiënt en schaalbaar verschillende modellen met elkaar verbindt en het mogelijk maakt om modelcreatie, -uitvoer en -analyse systematisch en verifieerbaar uit te voeren. Hierin worden de praktische inzichten vanuit het Mondaine project (https://www.mondaine-suite.nl) van TNO gecombineerd met theoretische inzichten vanuit onderzoek naar participatieve multi-modellen van de TUD. De hiernavolgende ontwikkeling is het opzetten van vernieuwende multi-modellen voor de casussen en inzetten van deze in integrale besluitvorming over geïntegreerde energiesystemen.

De modelleurs zullen gebruik maken van de ontwikkelde multi-model infrastructuur om relevante bestaande modellen zodanig aan te passen dat ze te koppelen zijn. In geval van nieuwe modellen gebruiken modelleurs de infrastructuur en de multi-model benadering als het startpunt van de ontwikkeling. De methodologische resultaten in het sociale domein worden gebruikt om de model ontwikkelprocessen systematischer, transparanter en efficiënter te maken. Methodologische resultaten in het technische domein worden gebruikt om gebruik en interpretatie van bestaande modellen te verfijnen, en toekomstige modellen gelijk geschikt te maken voor systematische onzekerheidsanalyses en (on)mogelijkheden van schaling en het werkingsprincipe voor koppelbaarheid transparant en systematisch op te zetten. De gezamenlijke scenarioruimte zal gebruikt worden om een consistente basis te creëren om uitkomsten van verschillende modellen van hetzelfde systeem te vergelijken en modellen van verschillende onderdelen van het energiesystemen consistenter aan elkaar te kunnen koppelen. Modeluitkomsten worden door gebruikers, zoals overheden en netbeheerders, gebruikt bij de verkenning van de scenarioruimte. Door vergelijkingen van modellen ontstaan rijkere en meer geïntegreerde inzichten in werking van het energiesysteem. Alle modellen zijn immers “verkeerd” (of, beperkt), maar zijn verkeerd op verschillende manieren. Doordat ze nu naast elkaar gelegd kunnen worden kan veel inzicht uit de verschillen van uitkomsten worden gehaald. Door middel van de ontworpen sociale processen worden de uitkomsten van de modellen in de multi-modelinfrastructuur op een gestructureerde en participatieve wijze gezamenlijk geïnterpreteerd.

De projectresultaten en -aanpak zijn volledig in de lijn van de doelstelling van de programmalijn. De multi-modelinfrastructuur wordt beschouwd als een open en laagdrempelig platform, waar allerlei vormen van modelinteracties plaats kunnen vinden. Gebruik ervan is niet beperkt tot de consortium deelnemers en betrokken community of practice, noch aan modellen in het energiedomein. De technische modelkoppelings-, schalings- en onzekerheidspropagatie methodes zijn specifiek toegepast voor de casussen, maar zijn niet specifiek voor het energiedomein, en kunnen worden toegepast in elke (multi-)model setting. Hetzelfde geldt voor de participatieve processen voor ontwikkelen van modellen en interpretatie van uitkomsten.



Figuur 1 - Project organisatiestructuur

4.2 Projectaanpak: resultaten en activiteiten (werkpakketten)

Dit hoofdstuk beschrijft de verschillende werkpakketten in dit voorstel, zie Figuur 1 voor een overzicht en verhouding van de werkpakketten. De hierin opgenomen activiteiten worden uitgevoerd via een zogenaamd Agile proces, zie Paragraaf 4.3 voor meer informatie.

4.2.1 WP:1 - Community of practice (Universiteit Leiden)

Dit werkpakket focust zich op de sociale processen: creëren, betrekken, voortbouwen op, en analyseren van sociale netwerken ten ondersteuning van projectactiviteiten en het bredere energietransitieveld. Naast samenbrengen van de Community of Practice (CoP) en communiceren van de ontwikkelde kennis is extraheren van behoeftes en eisen voor de multi-model infrastructuur een kerntaak van dit werkpakket. Een Community of Practice wordt in wetenschappelijke literatuur gedefinieerd als: *"one characterized by participants who seek support and learn from one another by co-creating and exchanging knowledge through transparent discussion processes that embrace diverse knowledge systems and address alternative perspectives"*[4].
Het doel van de CoP is om de activiteiten in alle andere WPs te voeden met input vanuit (de interactie tussen) modelleurs en gebruikers, en het bouwen van een *learning community* die ook na afloop van het project verder kan met de multi-model infrastructuur. Door de gevolgde *Agile* aanpak, worden andere wps doorlopend en interactief ondersteund door wp:1. Kennisoverdracht vindt plaats tijdens alles CoP activiteiten, en het specifieke kennisoverdrachtsplan is beschreven in Bijlage 7.

Resultaten
Dit werkpakket zal leiden tot twee hoofdresultaten:
wp:1:r:1 – CoP
Het organiseren en onderhouden van de zogenaamde *Community of Practice* (CoP), die deelnemers, kennis en relevantie aan werkpakketten 2, 3 en 4 brengen. Hierbij hoort ook een ontwerp voor een duurzame institutionele inrichting van de CoP.
Een Community of Practice is een groep van beslissers in de energietransitie, hun adviseurs, model ontwikkelaars, bronhouders van data, en kennisorganisaties en staat open voor deelname van andere belanghebbenden, die samen met de deelnemers van het consortium gedurende het project betrokken zijn in, of input leveren aan de verschillende werkpakketten. Binnen de CoP zijn er verschillende soorten expertise aanwezig:

1. Expertise en kennis over (multi-)modellen, multi-modelleringsmethodes, multi-model infrastructuur en modelinteracties.
2. Energiedomein en casus expertise.
3. Inzet van multi-modellen in integrale besluitvorming en op- en uitschalen van de aanpak.

De CoP functioneert gedurende het project als een klankbordgroep waarin deelnemers betrokken worden bij het specificeren van de eisen voor de aanpak en tooling en de resultaten van de ontwikkelingsactiviteiten (wp:2 en wp:3) en waarin de use cases (wp:4) gepresenteerd en bediscussieerd worden.
wp:1:r:2 – Analyse van de CoP
Het verzamelen en structureren van wetenschappelijke inzichten over de samenstelling, structuur en dynamiek van de CoP en de participatieve modelleerprocessen, en deze inzichten als input leveren aan wp:2 om ontwikkeling van sociale procesmethodes en toolkits te ondersteunen en het functioneren van de CoP te ondersteunen.
Vanuit een sociaalwetenschappelijk invalshoek worden de samenstelling, structuur en dynamiek van de CoP en van de specifieke participatieve processen in de verschillende werkpakketten geanalyseerd en gevolgd over tijd. Deze inzichten worden vertaald naar verbeteringen van methodes die in wp:2 worden ontwikkeld en naar versterken en verrijken van de CoP.
Participatieve (multi-)modelleringsprocessen maken meestal gebruik van gestructureerde co-creatie workshops, waarin de samenstelling van de groep, aard en volgorde van activiteiten, manier van faciliteren en technieken voor kennis verzamelen en structureren bewust en nauwlettend worden ontworpen en ingezet. Het verloop van de participatieve processen en de resultaten van de workshops worden geanalyseerd, en de inzichten daaruit worden ingezet voor verbeteren ervan.

Succesindicatoren: Het succes van de CoP kan gemeten worden aan de hand van een aantal procesindicatoren (zoals frequentie, intensiteit, samenstelling en kwaliteit van deelname door

[4] Reed, M. G., Godmaire, H., Abernethy, P., & Guertin, M. A. (2014). Building a community of practice for sustainability: strengthening learning and collective action of Canadian biosphere reserves through a national partnership. Journal of Environmental Management, 145, 230-239.

verschillende partijen en activiteitsniveaus tijdens verschillende bijeenkomsten, discussies en workshops) en een aantal uitkomstindicatoren (zoals de mate waarin deelnemers deelname aan de CoP beoordelen als nuttig en leerzaam, de mate waarin de uitwisseling tussen modelleurs en gebruikers leidt tot nieuwe inzichten en kennis). wp:1:r:2 zal expliciet deze indicatoren ontwikkelen, meten en rapporteren. Er zal hiervoor data verzameld worden middels interviews, observaties en surveys.

Baten: De betekenisvolle sociale interacties in het kader van de CoP activiteiten zijn van directe baat voor alle partijen die deelnemen aan de CoP, en het eigendom van dit sociale netwerk delen. Verder hebben de bewuste en systematisch georganiseerde interacties van verschillende betrokkenen in de energietransitie een positieve invloed ver buiten het project zelf. De projectresultaten dragen positief bij aan wederzijds begrip in de bredere energiesector en verhogen de kansen op effectieve gezamenlijke besluitvorming en handelen in de energietransitie. De ontwikkelde inzichten worden in publiek domein geplaatst en vrij toegankelijk gemaakt. De resultaten worden beschikbaar gesteld in vormen van rapporten en nieuwsbrieven via de projectwebsite, en de wetenschappelijke uitkomsten worden publiek gemaakt middels Open Access publicaties.

Activiteiten

Algemene activiteiten zullen zijn: bekendheid geven aan de CoP en werving van deelnemers onder de stakeholdergroepen. Verder wordt een governancestructuur ingericht waarmee de onafhankelijkheid en het voortbestaan van de CoP na het project gewaarborgd zullen zijn. Kennisoverdracht vindt binnen de CoP plaats middels fysieke en virtuele bijeenkomsten met alle deelnemers en in subgroepen en via de projectwebsite. Kennisverspreiding buiten de CoP vindt plaats via de kanalen beschreven in Bijlage 5.

Voor behalen van de wp:1:r:1 zullen de volgende specifieke activiteiten worden uitgevoerd:

wp:1:r:1:a:1 *Organiseren van de CoP (OP) -* ***TU Delft****, DNVGL, Hanzehogeschool*
Organiseren van co-creatie workshops. Hierbij wordt er voortgebouwd op bestaande CoPs zoals EnergieTransitieRekenModellen (ETRM) van Netbeheer Nederland. Organiseren en begeleiden van drie participatieve modeleringsworkshops per resultaat van wp:2, twaalf in totaal.

wp:1:r:1:a:2 *Expertise en kennis over (multi-)modellen (EO) -* ***TU Delft****, DNVGL, Kalavasta, Quintel, Quo Mare, TNO*
In deze co-creatie activiteit denken modelleurs gezamenlijk na over welke modellen op welke manier aan elkaar te koppelen moeten worden.

wp:1:r:1:a:3 *Energiedomein en casus expertise (EO) -* ***TNO****, Alliander, Gasunie, Stedin, TU Delft*
In iedere use case (zie paragraaf 4.2.4) worden gebruikers en ontwikkelaars van modellen (of modelgebaseerde kennis) samengebracht om, vanuit de oplossingsruimte die de multi-model infrastructuur biedt, gezamenlijk na te denken over de vragen die aan de hand van deze multi-model infrastructuur kunnen worden opgelost. De activiteiten bestaan uit formuleren van een probleemstelling, het opspannen van scenario-ruimte, het kiezen van modellen, specificeren van multi-model platform en inter-model communicatie, verzamelen van data, implementeren van de multi-modellen en interpreteren van de resultaten.

wp:1:r:1:a:4 *Multi-modellen in integrale besluitvorming en op- en uitschalen van de aanpak (EO) –* ***Universiteit Leiden****, TNO, TU Delft*
Hierbij gaat het om de vraag hoe de ontwikkelde participatieve multi-modelleer methodiek en multi-model infrastructuur op te schalen is en toepasbaar is in andere energie-infrastructuurvraagstukken, zowel op lokaal, regionaal als nationaal niveau. De resultaten vanuit de casussen zullen worden samengevoegd en geëvalueerd samen met de CoP evenals een aantal andere partijen die zich met deze vraagstukken bezighouden, zoals NP RES, IPO, VNG op het RES-niveau, en VNG en ECW op het gemeentelijke niveau.

wp:1:r:1:a:5 *Institutioneel inrichten (EO) -* ***Universiteit Leiden****, TNO, TU Delft*
Tijdens deze activiteit zal een voorstel voor organisatiestructuur en institutionele inrichting worden gemaakt, die het voortbestaan van de CoP ondersteunt. Dit ontwerp houdt rekening met de aard, structuur en dynamiek van de CoP.

Voor behalen van wp:1:r:2 zullen de volgende activiteiten worden uitgevoerd:

wp:1:r:2:a:1 *Gestructureerde en systematische observaties (EO) -* ***Universiteit Leiden,*** *TNO, TU Delft,*
Tijdens bijeenkomsten en online interacties worden gestructureerde en systematische observaties verricht. Afhankelijk van de specifieke situatie kan dit gaan om beeld en geluidsopnames, transcripties van gesprekken, interviews en surveys, en/of expert observaties.

wp:1:r:2:a:2 *Analyse en synthese (EO) -* ***TU Delft****, TNO, Universiteit Leiden*

De verzamelde data zullen geanalyseerd en gesynthetiseerd worden tot concrete suggesties voor verbeteren van het sociale procesontwerp en veranderingen aan de werkwijze van workshops. Deze inzichten zullen ook worden gebruikt als brondata voor wetenschappelijke publicaties.

Methodes: Voor de participatieve (multi-modellerings) processen zal gebruik gemaakt worden van methodes uit de wetenschappelijke literatuur over participatory modelling, met name de vernieuwende methodes beschreven in recente publicaties van TU Delft en Universiteit Leiden[5]. Voor het vergaren van sociaalwetenschappelijke metingen en observaties zal het gangbare instrumentarium worden toegepast. Voor ondersteunende ICT-activiteiten, zoals het opzetten en beheren van communicatieplatformen, zal gebruik gemaakt worden van Open Source ICT tools en Open Standaarden.

Risico's en mitigatie: Het belangrijkste risico voor wp:1 is de gebrekkige of ontbrekende deelname van individuen en organisaties in de CoP. De kans hierop is minimaal, maar de impact hiervan kan substantieel zijn, vooral door beperkte inbreng van kennis en inzichten in de wp:1:r:1 activiteiten, en ontbreken van begrip en draagvlak voor methodes ontwikkeld in wp:2. Dit risico wordt gemitigeerd doordat 1) dit consortium zelf een belangrijk deel van de CoP deelnemers omvat, 2) de CoP voortbouwen op de bestaande EG-ETRM CoP, en 3) door de inrichting van casussen als participatieve processen, waardoor stakeholder engagement is gegarandeerd.

4.2.2 WP:2 - Methodes en toolkit (TU Delft)

Dit werkpakket richt zich op ontwikkelen, verbeteren en bruikbaar maken van methodes voor: sociaal procesontwerp, koppelbaar maken van modellen, analyseren van onzekerheidspropagatie, schaling en werkingsprincipe effecten bij multi-model interactie en vertalen hiervan tot praktische toolkits voor integrale besluitvorming.

Resultaten

Dit werkpakket levert de volgende generiek toepasbare resultaten met een voor dit project specifieke implementatie:

wp:2:r:3 *Methodes voor multi-modellen (IO)*

Dit resultaat heeft een sterk wetenschappelijk en model-methodologisch karakter.
Onder methodes verstaan we wiskundige en algoritmische methodes voor:

a. Kwantificeren van onzekerheidspropagatie tussen modellen die interacteren via de multi-model infrastructuur
b. Koppelen van modellen die op verschillende ruimtelijke en tijdsschalen opereren en
c. Koppelen van modellen met verschillende werkingsprincipes

wp:2:r:4 *Conceptueel raamwerk voor multi-modellen (IO)*

Met conceptueel raamwerk wordt verstaan het creëren van een "model van het multi-model", oftewel een formele ontologische en algoritmische beschrijving van:

a. "Boilerplate" metadata over individuele modellen en hun eigenschappen
b. Taal voor informatie-uitwisseling tussen energiemodellen
c. Taal voor dynamische aansturing en orkestratie van modellen

wp:2:r:5 *Concepten en methode voor een generieke scenario ruimte (IO)*

Taal en methode voor opspannen van een generieke scenarioruimte die Deep Uncertainty analyses door middel van Exploratory model analysis mogelijk maakt. Hier zijn zaken zoals de ontologie van scenariodimensies, relevante sets van mogelijkheden per aspect, timing van gebeurtenissen en ontologie van beleidsinstrumenten en institutionele inrichting opgenomen.

wp:2:r:6 *Tooling voor multi-modellen (IO)*

Dit resultaat heeft een sterk ontwerpend karakter. De methodes en concepten van wp:2:r:3 tot en met wp:2:r:5 worden operationeel gemaakt voor de praktijk. Het gaat om praktische handleidingen en eventuele software toolkits voor:

a. Modelselectie die rekening houdt met mogelijkheden en beperkingen van individuele modellen
b. Afstemming representatie binnen een multi-model raamwerk zoals systeem grenzen, resolutie, schaal, enzovoort

[5] *Participatory multi-modelling as the creation of a boundary object ecology: the case of future energy infrastructures in the Rotterdam Port Industrial Cluster*, E Cuppen, I Nikolic, J Kwakkel, J Quist Sustainability Science, 1-18, 2020
Modeling with stakeholders for transformative change, A Van Bruggen, I Nikolic, J Kwakkel, Sustainability 11 (3), 825, 2019

c. Architectuur, definities, specificaties en standaarden voor koppelen van modellen die rekening houdt met functionele en performance eisen, technische format van de data-uitwisseling tussen modellen en gebruik van externe data en informatie in modellen
d. Creëren van een gezamenlijke scenarioruimte die Deep Uncertainty analyses door middel van Exploratory model analysis mogelijk maakt
e. Methodologie voor gebruik van multi-modellen

Dit betreft een integrerend resultaat, die bestaat uit een draaiboek/handleiding voor uitvoeren van participatieve multi-modeleer processen waar gebruik gemaakt wordt van de tooling uit wp:2:r:4.

wp:2:r:7 Participatief proces voor integrale besluitvorming *(IO)*

Dit resultaat heeft een sterk sociaal proceskarakter. Dit resultaat richt zich op de "voor- en achterkant" van het multi-modelleringsproces, waarin op basis van de "Good Modelling Practice"[6] gids en voortbouwend op http://www.energiemodelleren.nl/. In een vorm van een stappenplan/ handleiding worden de resultaten en ervaringen uit het project vertaald en de volgende aspecten besproken:

a. Definitie en begrip van integrale besluitvorming
b. Identificeren van de behoefte aan informatie en inzichten bij integrale besluitvorming
c. Identificeren en communiceren van de (on) mogelijkheden die multi-modelling biedt voor integrale besluitvorming
d. Identificeren, aanvullen en gebruiken van de generieke scenario ruimte
e. Communiceren van uitkomsten van multi-modellen, met specifiek aandacht voor onzekerheden

Succesindicatoren: Alle resultaten van de wp:2 hebben de vorm van rapporten waarin de methodes beschreven zijn, en zijn als zodanig meetbaar. Dit resulteert in de eerste fase in 5 rapporten die daarna door de agile benadering steeds bijgevoegd en geupdate worden.

Baten: De resultaten uit dit werkpakket vormen de fundamentele basis van dit project. De theoretische en conceptuele kaders stellen de deelnemers in staat om de hieropvolgende werkpakken uit te voeren. De methodes beschreven in wp:2:r:2 t/m 6 zijn voldoende generiek dat ze toepasbaar zijn ver buiten het energiedomein. Als zodanig heeft ook het bredere (multi-) modellerings- en besluitvormingsveld hier expliciete baat bij. De IP die tijdens het project ontwikkeld wordt zal in het publieke domein worden geplaatst. Softwareproducten zullen via een online publiek toegankelijk versiecontrole-system (git) beschikbaar zijn. De overige (tussen)resultaten worden publiek toegankelijk gemaakt via de website en in fysieke vorm waar nodig.

Activiteiten

De activiteiten die benodigd zijn voor wp:2:r:3 tot en met 7 lopen in parallel met regelmatige en frequente interactie, en worden direct ondersteund door activiteiten binnen wp:1:r:1. Door middel van minimaal 4 participatieve modellering workshops worden de specifieke behoeftes vanuit de CoP opgehaald, en de resultaten gecommuniceerd. Bulk van de activiteiten binnen wp:2 betreft wetenschappelijk onderzoek naar methodes en hun doorontwikkeling. Deze methodes worden getoetst en verbeterd in een iteratief proces, voornamelijk door interactie met wp:2:r:4 activiteiten en de casussen in wp:4. Welke activiteit begint met reeds bestaande kennis te identificeren en bij elkaar te brengen, zodat er een basis ontslaat die toegepast kan worden in de eerste iteratie.

wp:2:r:3:a:1 *Methodes voor multi-modellen (IO)* - ***TU Delft,*** *DNVGL, Kalavasta, Quintel, Quo Mare, TNO, Universiteit Leiden*
Ontwikkelen van methodes, testen binnen de wp:4 en verbeteren ervan in 3 iteraties. Elke iteratie streeft naar output op MVP niveau.

wp:2:r:4:a:1 *Conceptueel raamwerk voor multi-modellen (IO)* - ***TU Delft,*** *DNVGL, Kalavasta, Quintel, Quo Mare, TNO, Universiteit Leiden*
Ontwikkelen van methodes, testen binnen de wp:4 en verbeteren ervan in 3 iteraties. Elke iteratie streeft naar output op MVP niveau.

wp:2:r:5:a:1 *Concepten en methode voor een generieke scenario ruimte (IO)* - ***Quintel****, DNVGL, Kalavasta, Quo Mare, TNO, TU Delft, Universiteit Leiden*
Ontwikkelen van methodes, testen binnen de wp:4 en verbeteren ervan in 3 iteraties. Elke iteratie streeft naar output op MVP niveau.

wp:2:r:6:a:1 *Tooling voor multi-modellen (IO)* - ***TNO****, DNVGL, Kalavasta, Quintel, Quo Mare,* ***TU Delft,*** *Universiteit Leiden*

---

[6] *Guide for Good Modelling Practice in policy support*, I.Nikolic et al, Whitepaper voor Topsector Energie / RVO, 2019 https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:cbe7a9cb-6585-4dd5-a34b-0d3507d4f188

Bulk van activiteiten zijn (door)ontwikkeling en vertaling van kennis ontwikkeld in wp:2:r:3, op basis van behoeftes en eisen uit wp:1, wp:3 en wp:4

wp:2:r:7:a:1 Participatief proces voor integrale besluitvorming *(IO)* - ***Universiteit Leiden****, Alliander, DNVGL, Gasunie, Kalavasta, Quintel, Quo Mare, Stedin, TNO, TU Delft*
Ontwikkelen van methodes, testen er van binnen de wp:4 en verbeteren ervan in 3 iteraties. Elke iteratie streeft naar output op MVP niveau.

Methodes: Gezien de aard van activiteiten in dit werkpakket zal een grote diversiteit aan methodes en technieken tijdens de activiteiten worden toegepast. In alle gevallen zullen zo veel mogelijk publiekelijk en vrij beschikbare tools, technieken en methodes worden gebruikt. Voor alle ICT-activiteiten zal waar mogelijk gebruik gemaakt van Open Source ICT tools, en waar niet mogelijk, tools en diensten die Open Standaarden ondersteunen.

Risico's en mitigatie: De voornaamste risico's zijn: 1) onvoorziene methodologische/wiskundige onmogelijkheid bij onzekerheid, schaling of werkingsprincipe methodes, 2) technische of performance onhaalbaarheid van specifieke tooling en 3) conflicterende of onhaalbare eisen en behoeftes vanuit de CoP. De kans dat deze drie risico's zich voordoen is klein, en de impact is beperkt tot gevallen waarin slechts een specifieke methode niet ontwikkeld kan worden of een specifieke tool niet gemaakt/gebruikt kan worden. Voor alle methodologische aspecten zijn er resultaten beschikbaar op TRL-niveaus van 1 tot 3, waarmee de basiswerking in theorie mogelijk is van alle methodes. Verder zijn er een groot aantal nog niet geïntegreerde tooling beschikbaar, waarmee veel ontwikkelingsopties mogelijk zijn. Wat de risico's in het sociale proces betreft, wp:1 zal nadrukkelijk streven naar consensus, en de MVP-aanpak in wp:4 beperkt verder het risico van scope creep.

4.2.3 WP:3 - Software platform (TNO)

De focus van wp:3 is het implementeren een beheren van multi-model infrastructuur en het ontwerp en bouw van software tools voor koppelen van verschillende modellen. Daarom is het hoofdthema van dit werkpakket *doen*. Voor dit werkpakket is het belangrijk om te vermelden dat functioneel prototype reeds bestaat, ontwikkeld binnen de Mondaine project

Resultaten

Er zijn twee hoofdresultaten van dit werkpakket:

wp:3:r:8 Ontwerp Multi-model infrastructuur (IO)
De multi-model infrastructuur is een softwaredienst die modelinteractie mogelijk maakt. Het is model agnostisch, is schaalbaar en vormt geen bottleneck in performance van de multi-modellen die gebruik van maken. Deze software-infrastructuur is zowel publiekelijk beschikbaar met een zo laag mogelijke drempel voor deelname, en kan ingezet worden in een besloten omgeving in eigen beheer door stakeholders.

wp:3:r:9 Modelkoppeling (EO)
Modelkoppeling is een stuk software die specifieke modelleergereedschappen en modellen in staat stelt om berichten te verzenden en te ontvangen via de multi-model infrastructuur. Deze software is onafhankelijk van de inhoud van de berichten, en dient als een "stekker" tussen de model en het platform. Modelkoppeling is per definitie model- en modelleergereedschap-specifiek en moet voor elk model individueel gebouwd worden. Onderstaande tabel geeft de specifieke modellen/modeleergereedschappen weer waarvoor modelkoppelingen gemaakt zullen worden:

Nr.	Naam	Eigenaar / IP status	Werkingsprincipe	Toepassingsdomein	Taal/platform
1	ETM	Quintel / Open source	Simulatiemodel	Energieysteem transitie	Ruby / online
2	ESSIM	TNO / Open source	Simulatiemodel	Enegiesysteem	Java
3	Pandapower	Fraunhoffer Inst. / Open Source	Electriciteits Loadflow berekening	Electriciteitsnetwerken	Python
4	VESTA	PBL / open source	Optimalisatie	Warmtevoorziening gebouwde omgeving	GeoDMS platform van ObjectVision
5	CEGOIA	CE Delft / gesloten	Berekening	Warmte in gebouwde omgeving	Python
6	PICO	Geodan / Gesloten	GIS en databron	Ruimtelijke planning energiesysteem	?
7	Energy Data Repository	TNO / nu nog niet openbaar	Databron	Delen van model aannames in ESDL	Nodejs / Typescript
8	MapEditor	TNO / Open source	GIS / ESDL / scenarioconfig	Ruimtelijke planning energiesysteem	Python / Javascript
9	ESDL	TNO / Open source	Kennisrepresentatie	Energiesysteem	EMF / ECore

10	NetLogo	Univ. Chicago / Open source	Agent Based Simulatie	Platform voor modeleren van gedrag, beleid en instituties	Java / Scala
11	MESA	Publiek / Open Source	Agent Based Simulatie	Platform voor modeleren van gedrag, beleid en instituties	Python
12	EMA Workbench	TU Delft / Open source	Scenario en Model analyse	Diepe onzekerheid en scenarioruimte	Python
13	EMLab	TU Delft / Open Source	Simulatiemodel	Energiemarkten	Java
14	Gas netwerkmodel	Gasunie / ??	Rekenmodel	Gas loadflow	?? / python
15	TEACOS	Quomare / gesloten	Optimalisatie	Optimalisatie platform	AIMMS
16	MOTOR	DNVGL	Optimalisatie		AIMMS
17	Opera	PBL/TNO	Optimalisatie	Energiesysteem	AIMMS
18	Competes	PBL/TNO	Optimalisatie	Elektriciteitsysteem	AIMMS

Succesindicatoren: Het succes van wp:3:r:8 kan gemeten worden door de snelheid en aantal berichten dat uitgewisseld kunnen worden, in de complexiteit van beheer en het gemak van gebruik door partijen buiten het consortium. Het aantal gerealiseerde modelkoppelingen vormt de belangrijkste metric van wp:3:r:9.

Baten: Werkpakket 3 behaalt de kerndoelstelling van programmalijn 1. De operationele multi-model infrastructuur van wp:3:r:8 stelt in principe iedereen in staat om haar model aan te bieden voor interactie. Leidend principe hier is dat “iedereen moet kunnen praten, niemand hoeft te luisteren”. In die zin heeft de maatschappij direct baat bij het bestaan van de infrastructuur. In de nauwe zin hebben alle deelnemers die multi-modellen en de beslismakers die zij er mee ondersteunen er baat bij. De modeleigenaren en gebruikers van de modellen waarvoor modelkoppelingen gemaakt zijn hebben direct baat bij wp:3:r:9. De software die ontwikkeld wordt binnen dit werkpakket is open source, met een OSI goedgekeurd licentie (Apache 2.0 bij voortbouwen op de Mondaine model infrastructuur). De softwareproducten zullen via een online publiek toegankelijk versiecontrole-systeem (git) beschikbaar zijn.

Activiteiten

wp:3:r:8:a1 *Informatiemodellering (EO) - **TNO**, TU Delft*
Tijdens deze activiteit worden de eisen en behoeftes tijdens de participatieve modeleersessie in wp:2:r:1 t/m 4 opgehaald, om inzichten te krijgen in de tussen de modellen uit te wisselen informatie. Daar waar gebruik gemaakt wordt van de energiemodellentaal ESDL wordt beoordeeld of deze uitgebreid dient te worden o.b.v. de nieuwe eisen en behoeftes.

wp:3:r:8:a2 *Ontwerp van de software architectuur (IO) - **TNO**, Kalavasta, Quintel, Quo Mare, TU Delft*
Tijdens deze activiteit worden de eisen en behoeftes tijdens de participatieve modeleersessie in wp:2:r:1 t/m 4 opgehaald en een zo generiek, robuust, schaalbaar en uitbreidbaar mogelijk architectuur ontworpen. Ook worden hardware platform keuzes gemaakt, net als processen voor inrichten, operatie en beheer van de multi-model infrastructuur.

wp:3:r:8:a3 *Realiseren multi-model orkestratie (EO) - **TNO**, TU Delft*
Tijdens deze activiteit wordt het orkestratie mechanisme ontworpen en gebouwd, die nodig is voor de coördinatie van de model-interactie.

wp:3:r:8:a4 *Implementatie van de multi-model infrastructuur software (EO) - **TNO**, TU Delft*
Tijdens deze activiteit wordt het ontwerp op een *agile*[7] manier gerealiseerd, in iteratieve stappen waar telkens een werkend systeem opgeleverd wordt, waarna de gebruikers kunnen testen en feedback kunnen geven.

wp:3:r:9:a1 *Ontwerpen en realiseren van generieke model-koppelingen (EO) - **TNO**, TU Delft*
Tijdens deze activiteit worden generieke model-koppelingen ontworpen en ontwikkeld.

wp:3:r:9:a2 *Realiseren specifieke model-koppelingen (IO) - **TNO**, **DNVGL**, **Kalavasta**, **Quo Mare**, **Quintel**, TU Delft,* (de modeleigenaren zijn in de lead voor hun eigen model)
Tijdens deze activiteit wordt de specifieke model-koppelingen gerealiseerd, gebruikmakend van de generieke model-koppeling in de vorige activiteit.

Methodes: Het ontwerp en de implementatie zal gebruik maken van *agile software development* benadering. Er wordt maximaal gebruik gemaakt van open standaarden en open source software bij het ontwerp en implementatie van de infrastructuur. Alle software resultaten worden als open source gepubliceerd onder een door OSI goedgekeurde licentie, en zijn vrij toegankelijk voor iedereen.

Risico’s en mitigatie: Er zijn drie hoofdrisico’s bij het uitvoeren van deze activiteiten.

[7] Bij **agile** softwareontwikkeling wordt het ontwikkelproces opgedeeld in meerdere korte periodes. Tijdens deze zogenaamde 'iteraties' wordt een nieuw prototype ontwikkeld, opgeleverd en getest.

Het eerste risico is dat onduidelijke dan wel onhaalbare eisen en behoeftes aan het platform gesteld worden. Dit heeft als impact dat de multi-model infrastructuur maar gedeeltelijk voldoet, en sommige model interacties niet mogelijk zijn. Hierdoor kunnen de stakeholders niet optimaal ondersteund worden. De voornaamste mitigerende factor is de manier hoe tot die behoeftes en eisen gekomen wordt: de participatieve modelleerprocessen, ondersteund door wp:1, verzekeren dat alle stemmen gehoord zijn, en alle aspecten voldoende inbreng hebben en in relatie tot elkaar afgewogen kunnen worden.
Het tweede risico is een inadequaat architectuurontwerp. De impact hiervan is dat de infrastructuur niet adequaat schaalt, een beperkte performance heeft of niet goed uit te breiden is, waardoor multi-modellen geen optimale interactie behalen. De belangrijkste mitigerende factor is dat de technische kern van de multi-model-infrastructuur, uitwisselen van boodschappen tussen softwarecomponenten, een opgelost probleem is waarvoor talloze open source oplossingen bestaan.
Het derde risico is niet het (tijdig) kunnen opleveren van de software infrastructuur. De impact hiervan is dat de beoogde multi-model interactie niet (tijdig) plaats kan vinden. De mitigerende factor is dat modellen ook direct aan elkaar gekoppeld kunnen worden, zonder gebruik te maken van de infrastructuur, en zodoende als multi-model kunnen functioneren totdat het platform er is.
Tot slot is er ook een risico dat specifieke modelkoppelingen niet of niet op tijd gereed zijn. De impact hiervan blijft beperkt tot het individuele model wat niet ingezet kan worden. Er is voldoende overlap in kernfuncties van de modellen die gekoppeld worden om het MVP-niveau product voor casussen te kunnen opleveren ook indien een of meer modellen niet gekoppeld kunnen worden.

4.2.4 WP:4 - Casussen voor multi-model validatie (TNO)

De casussen pakken urgente problematiek aan: nationale netplanning, RES plannen en de gemeentelijke transitvisies warmte. Alle drie hebben betrekking op complexe socio-technische systemen, met veelheid van interacterende technische systemen, ingewikkelde wet- en regelgeving, veelheid aan conflicterende behoeftes en belangen in een zeer onzekere omgeving. In alle geval moeten de beleidsmakers snel overgaan tot handelen, en mogen niet het verkeerde doen. Multi-modellen ontwikkeld binnen deze casussen dragen direct bij aan het vermogen van de beslismakers om betere beslissingen te maken, waarbij rekening gehouden wordt met een veel breder palet aan aspecten van het geïntegreerde energiesysteem dan tot nu toe mogelijk was. Doordat we Agile te werk gaan, zullen modellen over drie iteraties steeds de veranderende vraagstelling van beleidsmakers volgen, en hun direct ondersteunen in maken van strategische keuzes.
Gezien de aard en omvang van dit project geldt dat modellen ook bedoeld zijn als een verificatie van toepassing onder realistische omstandigheden van de ontwikkelde multi-model infrastructuur, technische en sociale methodes en community of practice. Om deze reden volgt dit project expliciet een “minimum viable product” benadering, waarbij het gaat om zodanige ontwikkeling van een product dat de minimum aan functionaliteit bevat om de vraag van de betrokken stakeholders te beantwoorden, en bedoeld is om verder ontwikkeld te worden. In alle multi-modellen ontwikkeld voor de casussen zal de Deep Uncertainty en de Exploratory Model Analysis aanpak worden toegepast.
Er zijn 3 casus specifieke resultaten die hierna verder worden besproken. De interactie tussen de verschillende niveaus van de casussen is voor netbeheerders belangrijk en daar zal in de multi-model infrastructuur rekening mee worden gehouden. In de casussen zal het met modelresultaten ondersteunde besluitvormingsproces, zoals ontwikkeld in dit project, en de meerwaarde daarbij van multi-modellen worden gedemonstreerd.

Resultaten

Macro casus: Integrale Infrastructuur Verkenning 2030-2050 nationale netten (II3050)
In tegenstelling tot de twee andere casussen die zich richten op een Minimum Viable Product zal deze zich focussen op het opleveren van een *proof-of-principle*, gezien de beperkte inzet van Gasunie en TenneT (aangesloten bij het project via een Letter of Support). *Proof of principle* betekent in deze dat de basis functionaliteit van de multi-model wordt gedemonstreerd, zonder dieper in te gaan op de inhoudelijke aspecten van de casus.

wp:4:r:10 II3050 validatie casus (IO)
Door middel van participatieve modelleerprocessen zullen de specifieke modelvraag en KPIs, precieze systeem afbakening, en de specificatie van model interacties bepaald worden. ISPT, CE-Delft, KWR en Warmtelinq hebben hun belangstelling met een Letter of Support kenbaar gemaakt. Op basis hiervan wordt gezamenlijk een multi-model geïmplementeerd dat de (on)mogelijkheden van verschillende investeringsstrategieën en daaruit voortvloeiende transmissienetwerktopologieën kan verkennen, om zodoende de zeer diverse soorten transitiepaden tot 2050 te ondersteunen. In dit multi-model zullen modellen van de transmissienetwerken van TenneT en Gasunie worden gekoppeld aan modellen van relevante distributienetten. Deze technische submodellen zijn vervolgens gekoppeld aan modellen van

investeringsgedrag van Tennet en Gasunie en modellen van relevant beleid en institutionele regels waaraan zij onderhevig zijn.
Naast deze modellen wordt een *scenarioruimte* gecreëerd waarbinnen een zeer groot aantal plausibele transitiescenario's uit te drukken is op technische, economische, sociale en geopolitieke dimensies. Gebruikmakend van de Deep Uncertainty en Exploratory Model Analysis aanpak zal deze scenarioruimte verkend worden om robuuste investeringsplannen te identificeren.

Succesindicator: De validatie van een *proof-of-principle* multi-model in een II3050-vraagstuk en demonstratie van de meerwaarde van het multi-model raamwerk ten opzichte van enkelvoudig modellen.

Baten: Het resultaat wordt bereikt door alle elementen uit het project toe te passen. Ontworpen sociale processen worden toegepast zowel op modelontwikkeling als op integrale besluitvorming, en methodes voor onzekerheidspropagatie, schaling en werkingsprincipe koppeling worden gedemonstreerd. Partijen zoals nationale overheden (Min EKZ en BKZ), investeerders in energie, energieproducenten en netbeheerders (zowel transmissie en distributie) hebben allen primair baat bij de resultaten, omdat het hun inzicht geeft in gevolgen van hun investeringsbeslissingen op het vermogen van de energie-infrastructuur om energietransitie te ondersteunen. Tevens heeft dit resultaat inzicht in dynamische interacties tussen verschillende netwerken over tijd. Tot slot, de gecreëerde scenarioruimte is de basis voor een breed gedragen nationale transitie scenarioruimte, waarvan alle casussen gebruik kunnen maken.
Reeds bestaande modellen en datasets zullen niet van eigenaarschap veranderen. Alle nieuw te ontwikkelen componenten zullen onder de t.z.t. gekozen open source licentie komen te vallen. Praktisch gezien worden deze tijdens de looptijd beheerd door de ontwikkelende partijen, waarna de gebruikende partijen als deelnemer van de CoP collectief deze in beheer nemen. Alle verzamelde data valt in het publieke domein. Verder zullen de resultaten en algemene versiegeschiedenis daarvan tijdens en na de ontwikkeling toegankelijk gemaakt worden via open repositoria voor code. De kennis hiertoe wordt verspreid binnen de Communities of Practice en daarbij aangesloten instellingen, en zal tevens worden aangekondigd via de openbare website van het project.

Meso casus: Regionale Energiestrategieën (RES)
Deze casus richt zich op een minimum viable product multi-model voor integrale besluitvorming op meso schaal: Regionale Energiestrategieën (RES).

wp:4:r:11 RES validatie casus (IO)
Er zullen één of twee (besluitvormings)vraagstukken op het gebied van RES worden geïdentificeerd waarvoor betrokken partijen/stakeholders zullen worden benaderd. ISPT, CE-Delft, KWR en Warmtelinq hebben hun belangstelling met een Letter of Support kenbaar gemaakt. De vraagstukken hebben betrekking op keuzes m.b.t. duurzame energieopwekking (bijv. locatiealternatieven) of alternatieven voor duurzame warmtevoorziening (bijv. warmtenetten met restwarmte industrie of geothermie) en zullen met betrokken stakeholders (waaronder provincie, lokale netbeheerder) nader worden gedefinieerd. Daarbij zal ook worden bepaald welke modellen bij de analyses zullen worden ingezet. Door middel van participatieve modelleerprocessen zal de specifieke modelvraag en KPIs, precieze systeemafbakening en de specificatie van modelinteracties worden bepaald. Op basis hiervan wordt gezamenlijk een multi-model geïmplementeerd in een participatief besluitvormingsproces. Met het multi-model worden daarbij de consequenties van de keuzealternatieven in beeld gebracht, waaronder die voor de regionale en landelijke energie-infrastructuur. Door gebruik van resultaten van multi-model analyse in het besluitvormingsproces te vergelijken met resultaten van afzonderlijke modellen zal de meerwaarde van de multi-model benadering in het besluitvormingsproces worden aangetoond.

Succesindicator: De validatie van een minimum viable product multi-model in een RES-vraagstuk en demonstratie van de meerwaarde van het multi-model raamwerk t.o.v. enkelvoudige modellen.

Baten: Stakeholders die betrokken zijn bij besluitvorming rond RES (e.g. provincie, gemeente, lokale netbeheerder, partijen die belangen van burgers en bedrijven vertegenwoordigen, etc.) en organisaties die adviesdiensten verlenen (e.g. consultants en aanbieders van energiemodellen) hebben allen baat bij de demonstratie en oplevering van dit multi-model. De reeds bestaande modellen en datasets veranderen niet van eigenaar. Alle nieuw ontwikkelde componenten en verzamelde data zijn in het publieke domein, en de resultaten zullen verder beschikbaar gemaakt worden op publiek toegankelijke codeversiebeheer platformen en de website van Multi-model.nl.

Micro casus: Gemeentelijke Transitievisie Warmte
Deze casus richt zich op een minimum viable product multi-model voor integrale besluitvorming op micro schaal: gemeentelijke warmtevisie en lokale duurzame energieproductie

wp:4:r:12 TVW validatie casus (IO)
Er zullen één of twee (besluitvormings)vraagstukken op het gebied van gemeentelijk Transitievisie Warmte (TVW) en/of duurzame energievoorziening bedrijventerrein worden geïdentificeerd waarvoor betrokken partijen/stakeholders zullen worden benaderd. BT Schiebroek, ISPT, CE-Delft, KWR en Warmtelinq hebben hun belangstelling met een Letter of Support kenbaar gemaakt. De vraagstukken zullen betrekking hebben op keuzes over de invulling van een duurzame warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving (bijv. warmtenet, elektriciteitsnet en warmtepompen, duurzaam gasnet, etc.) of keuzes t.a.v. energievoorziening duurzaam bedrijventerrein (bijv. duurzame elektriciteitsproductie of duurzame warmtevoorziening) zullen met betrokken stakeholders (waaronder gemeente, lokale netbeheerder, woningcorporatie, vastgoedbeheerders, parkbeheerder bedrijventerrein, etc.) nader worden gedefinieerd. In beide gevallen zal worden bepaald welke modellen bij de analyses zullen worden ingezet. Door middel van participatieve modelleerprocessen zal de specifieke modelvraag en KPIs, precieze systeem afbakening en de specificatie van model interacties worden bepaald. Op basis hiervan wordt gezamenlijk een multi-model geïmplementeerd in een participatief besluitvormingsproces. Met het multi-model wordt daarbij de consequenties van de keuzealternatieven en investeringsbeslissingen in beeld gebracht, waaronder die voor de lokale en regionale energie-infrastructuur. Door gebruik van resultaten van multi-model analyse in het besluitvormingsproces te vergelijken met resultaten van afzonderlijke modellen zal de meerwaarde van multi-model benadering aangetoond.

Succesindicator: De validatie van een minimum viable product multi-model in een gemeentelijk energievraagstuk en demonstratie van de meerwaarde van het multi-model raamwerk ten opzichte van enkelvoudige modellen.

Baten: Stakeholders die betrokken zijn bij besluitvorming rond de TVW en duurzaam bedrijventerrein (e.g. gemeente, energienetwerkbedrijven, belangenvertegenwoordigers van burgers en bedrijven, etc.) evenals organisaties die adviesdiensten verlenen (e.g. consultants en aanbieders van energiemodellen) hebben allen baat bij de demonstratie en oplevering van dit multi-model. De reeds bestaande modellen en datasets veranderen niet van eigenaar. Alle nieuw ontwikkelde componenten en verzamelde data zijn in het publieke domein, en de resultaten zullen verder beschikbaar gemaakt worden op publiek toegankelijke codeversiebeheer platformen en de website van Multi-model.nl.

Activiteiten
wp:4:r:10/11/12:a:1 *Co-creatie ontwerp validatie casus (IO) -* ***TU Delft*** *(lead r10 II3050),* ***TNO*** *(lead r11 RES, r12 TVW), Alliander, DNVGL, Gasunie, Kalavasta, Quintel, Quomare, Stedin, Universiteit Leiden*
Voor elk casus/vraagstuk worden relevante partijen geïdentificeerd en uitgenodigd deel te nemen aan het participatieve modelleerproces. Als voorbereiding voor dit proces worden deelnemende partijen geïnterviewd over hun kwalitatieve visie op het proces.

wp:4:r:10/11/12:a:2 *Ontwikkelen casus (IO) -* ***TU Delft*** *(lead r10 II3050),* ***TNO*** *(lead r11 RES, r12 TVW), Alliander, DNVGL, Gasunie, Kalavasta, Quintel, Quomare, Stedin, Universiteit Leiden*
Per casus wordt in een workshop het te onderzoeken vraagstuk nader gespecificeerd. Bepaald wordt met welke energiemodellen het vraagstuk zal worden geanalyseerd en hoe dit het besluitvormingsproces kan ondersteunen. Verzamelen van specifieke gegevens voor de casus wordt georganiseerd.

wp:4:r:10/11/12:a:3 *Analyse resultaten en validatie participatief beslisproces (IO) -* ***TU Delft*** *(lead r10 II3050),* ***TNO*** *(lead r11 RES, r12 TVW), Alliander, DNVGL, Gasunie, Kalavasta, Quintel, Quomare, Stedin, Universiteit Leiden*
De casus wordt geanalyseerd met de modellen afzonderlijk en met het ontwikkelde multi-modelraamwerk. In een workshop worden resultaten van de analyses besproken met modelleurs en casus deelnemers. Verbeteringen worden bepaald voor het multi-modelraamwerk en ten aanzien van het gebruik hiervan voor het besluitvormingsproces. Dit wordt enkele keren herhaald waardoor er een iteratief proces ontstaat. In een laatste workshop wordt de meerwaarde van het multi-modelraamwerk en het gebruik daarvan in het participatief beslisproces bepaald.

In de casusen worden de open source en open standaarden ICT-voorzieningen ontwikkeld tijdens het project gebruikt, samen met de modellen en tools van de partners.

Risico's en mitigatie: Voor dit werkpakket zijn er twee risico's. Ten eerste moeten de vraagstukken voor meso casus en micro casus nog nader worden gedefinieerd en daarvoor zullen stakeholders betrokken moeten worden. Verschillende partijen voor potentiële casussen hebben hun interesse laten blijken met een Letter of Support. Mochten deze contacten niet tot een casus leiden, dan zijn er, gelet op het aantal RES-en en TVW's nog voldoende alternatieve mogelijkheden. Als tweede risico zien wij dat de vraagstelling van de besluitvorming maar ten dele met modellen kunnen worden beantwoord. Om verkeerde verwachtingen te voorkomen zal dit uitgebreid aandacht krijgen in de eerste workshop.

Vrije tekst: Naast de behandelde technische werkpakketten is er technisch inhoudelijk projectmanagement. Dit omvat onder andere het voeren van inhoudelijke discussies met partners, het analyseren en mitigeren van projectrisico's en het opstellen van inhoudelijke rapportages. Daarnaast wordt er projectmanagement ingezet om de CoP in goede banen te leiden.

4.3 Projectstrategie

Gezien de grote mate van complexiteit en verwevenheid van de sociale, technische en methodologische kant van dit project, is een klassieke benadering waarbij alleen op het einde van het project een complex product opgeleverd wordt niet afdoende om zo een resultaat te behalen. Multi-model.nl volgt daarom de wet van Gall[8]: *"A complex system that works is invariably found to have evolved from a simple system that worked. A complex system designed from scratch never works and cannot be patched up to make it work. You have to start over with a working simple system."*

Het Multi-model.nl project werkt daarom met een agile benadering, waarbij beginnend met relatief simpele en werkende componenten, bruikbare tussenproducten (methodes, toolkits, multi-modellen en de CoP) in iteraties van telkens 6 maanden opgeleverd worden. Het werkende systeem op het einde van een iteratie is stuk complexer, verfijnder en meer verbonden dan aan het begin van die iteratie, waardoor we "de complexiteit ingroeien". Het afsluiten van een iteratie vormt dan ook een mijlpaal. Uitgaand van een projectduur van 24 maanden zullen er 4 iteraties plaatsvinden, inclusief iteratie 0 die de voorbereidingen omvat, die elk methodes, toolsets, multi-modellen en een sterker wordende CoP opleveren die telkens beter aansluit aan behoeftes en veranderende omstandigheden en steeds betere interacties aangaat.

Iteratie 0 (0-6mnd)
De eerste 6 maanden zijn bedoeld om bestaande kennis en modellen te catalogiseren en bij elkaar te brengen. Via participatieve modeleerprocessen worden de voorwaarden van het communicatieprotocol tussen modellen gedefinieerd, en de eerste proof-of-principle implementatie ontwikkeld. Participatieve processen voor de casussen gaan van start en de vraagstelling wordt gedefinieerd.
Iteratie 1 (6-12mnd)
Dit is de eerste casusiteratie. Casussen werken "supply driven" wat modellen betreft, d.w.z., de geïdentificeerde vraag van de stakeholder wordt geadresseerd met de modellen en tools die er zijn. De interacties met de CoP gaat door, en de modelinterfaces, methodologieën etc. worden toegepast en verbeterd.
Iteratie 2 (6-12mnd)
Deze iteratie bouwt voort op de voorgaande en zal focussen op de verdieping en de verbreding van de casussen. Dit omhelst verdere methodologie-ontwikkeling, het finetunen van de inter-model communicatie, performance, etc. Ook zullen de resterende modellen die nog niet aan de bod zijn gekomen in deze iteratie gekoppeld en ingezet worden.
Iteratie 3 (6-12mnd)
Laatste casus iteratie voor de afsluiting van lopende zaken, project wrap-up en plannen voor vervolg.

4.4 Markt en maatschappij

4.4.1 Beschrijving van de markt

Het multi-model.nl project ondersteunt integrale besluitvorming binnen de energietransitie, met een focus op 3 (met elkaar verbonden) schaalniveaus:

- Nationaal (macro)
- Regionaal (meso)
- Lokaal - buurt tot gemeente (micro)

[8] John Gall (1975) Systemantics: How Systems Really Work and How They Fail p. 71

Daarmee bedient Multi-model.nl een zeer diverse groep aan stakeholders die bij deze besluitvormingsprocessen betrokken zijn. Van beleidsmakers en netbeheerders, tot energiebedrijven en energiegebruikers (bijv. woningcorporaties, parkmanagers van bedrijventerreinen). Energieadviseurs spelen een belangrijke rol als voornaamste gebruiker van de multi-model.nl tools en methoden in concrete besluitvormingsprocessen.
In dit project worden 3 concrete besluitvormingsprocessen geadresseerd:

1. Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050: ontwikkelen van een robuuste, adaptieve investeringsstrategie voor nationale energietransport infrastructuur.
2. Regionale Energiestrategie (RES): Nederland is opgedeeld in 30 energieregio's. Elke energieregio dient voor 1 juli 2021 een definitieve RES 1.0 vast te stellen. Daarin worden afspraken over grootschalige opwek en een regionale warmte infrastructuur vastgelegd. Deze RES wordt tot 2030 elke 2 jaar geactualiseerd.
3. Gemeentelijke Transitievisie Warmte (TVW): alle 355 gemeenten in Nederland dienen eind 2021 een Transitievisie Warmte opgesteld te hebben. Daarin maken gemeenten het tijdspad naar een aardgasvrije gebouwde omgeving inzichtelijk. De TVW zal eens in de 5 jaar geactualiseerd worden. Daarnaast zullen er als verdieping op de TVW Wijkuitvoeringsplannen (WUP) opgesteld worden, uiteindelijk voor alle 3177 wijken in Nederland

De resultaten van het Multi-model.nl project komen te laat voor de eerste versies van de RES en TVW, maar kunnen een belangrijke rol spelen in het vervolgproces. Daarin zal de besluitvorming concreter worden en meer integrale inzichten vereisen. Er zullen namelijk investeringsbeslissingen gemaakt moeten worden in een energiesysteem dat sterk verbonden is: verschillende schaalniveaus, verschillende sectoren en verschillende energiedragers.
Multi-model.nl concurreert zelf niet. Het bouwt voort op de bestaande multi-modellen methodieken in Nederland, vanuit de TU Delft en het Mondaine project van TNO, en koppelt deze aan methoden van participatieve besluitvormingsprocessen. Het geeft de beoogde gebruikers van de resulterende multi-modellen en methoden wel een concurrentievoordeel ten opzichte van partijen die hier geen gebruik van maken. Naast de consortiumpartners in dit project zijn dit met name de energieadviseurs die de besluitvormingsprocessen op regionaal en lokaal niveau ondersteunen.

Onderstaande tabel geeft een SWOT-analyse voor de uiteindelijke markt toepassing van de project resultaten:

S 1. Sterk consortium, met een mix van kennis, gebruikers en eindgebruikers 2. Multi-model.nl geeft integraal inzicht in keuzes binnen de energietransitie 3. Multi-model.nl koppelt deze inzichten aan participatieve besluitvorming	W 1. Het business model van Multi-model.nl is afhankelijk van brede toepassing door partijen buiten het consortium 2. Beleidsmakers zijn geen onderdeel van het consortium
O 1. Besef van samenhang in energietransitie keuzes groeit 2. Interesse in gebruik van multi-modellen groeit, zoals blijkt vanuit het Mondaine project	T 1. Een multi-modellen aanpak is technisch complex 2. Een multi-modellen aanpak is inhoudelijk complex, resultaten van 1 model kunnen lastig interpreteerbaar zijn 3. Een multi-modellen aanpak is organisatorisch complex, er zijn veel partijen bij betrokken

4.4.2 Waarde voor de afnemer en gebruiker

Multi-model.nl biedt de eindgebruikers (onder meer beleidsmakers, netbeheerders, energiebedrijven, woningcorporaties, parkmanagers van bedrijventerreinen, etc.) integraal inzicht in keuzes voor de energievoorziening. Door het gebruik van multi-modellen en methoden om de scenarioruimte en onzekerheden te verkennen ontstaat een veel completer beeld, en kunnen keuzes voor energievoorziening in samenhang worden bekeken. Zo kunnen (bijvoorbeeld) keuzes in de warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving gekoppeld worden aan keuzes voor restwarmte uitkoppeling van bedrijven en keuzes in netinfrastructuur. Dit leidt tot keuzes die beter afgestemd zijn, en daarmee zowel energie- als kostenefficiënter zijn.
Om met deze integrale inzichten betere keuzes te ondersteunen, is het van belang dat deze op een goede manier in een multi-stakeholder besluitvormingsproces worden ingebracht. Hiertoe wordt in dit project een participatief multi-stakeholder besluitvormingsproces ontwikkeld.
In veel besluitvormingstrajecten zal een energieadviseur de multi-modellen tooling en besluitvormingsmethoden toepassen. Naast het huidige consortium zijn zij de belangrijkste

gebruikersgroep van resultaten van het project. Wanneer de eindgebruikers de meerwaarde inzien, zullen de energieadviseurs volgen. Het toepassen van het multi-modellen raamwerk zal ze een concurrentievoordeel geven, en kan op de langere termijn zelfs een voorwaarde worden voor projecten.

4.4.3 Implementatie / marktintroductie

Voor een succesvolle uitrol van de projectresultaten is het van belang dat de tools en methoden door steeds meer partijen gebruikt gaan worden in concrete besluitvormingsprocessen. De belangrijkste beoogde gebruiker is daarbij de consultant die besluitvormingsprocessen ondersteunt. Al gedurende het project wordt de Community of Practice (CoP) verder uitgebreid met nieuwe partijen die kennis en tools toevoegen aan het multi-modellen en besluitvorming ecosysteem van Multi-model.nl. Ook gedurende het project (wp:1) wordt de CoP zodanig ingericht dat die na afloop van het project kan blijven bestaan.
De CoP is een van de pijlers van dit project, en speelt een belangrijke rol in de overdracht van kennis, tools en inzichten uit het project (zie ook beschrijving wp:1). Eén van de belangrijkste doelen van deze CoP activiteiten is het vormen van een gebruikersgroep van partijen die de kennis uit het project in concrete besluitvormingstrajecten toepast. Het beheren, onderhouden en uitbreiden van de Multi-modellen infrastructuur brengt ook kosten met zich mee voor de modeleigenaren die onderdeel zijn van deze infrastructuur. Dit zal bij de inrichting van de CoP aandacht krijgen.

4.5 Mate van vernieuwing

Op puur technisch vlak wordt er veel onderzoek naar High Level Architectures en co-simulatie verricht. Er bestaan ISO-standaarden voor HLA-ontwerp, en er is veel bekend over modelinteractie, schaling, enzovoort. Dit onderzoek vindt vooral plaats vanuit Computer Science perspectief en is vaak gericht op aerospace en militair toepassingsgebied. Op het gebied van onzekerheidspropagatie bestaat er preliminair onderzoek naar statische en lineaire ketens, vooral waar die in klimaatonderzoek worden toegepast. Op participatief modeleringsgebied is het geheel aan kennis beperkt, hoewel groeiende. Op gebied van integrale besluitvorming voor geïntegreerde energiesystemen is nog praktisch geen wetenschappelijk onderzoek verricht. Bezien vanuit een complex socio-technisch netwerk van interacterende modellen als basis, staat het onderzoek naar multi-modellering nog in kinderschoenen. Dit voorstel bouwt sterk voor op de 2019 whitepaper *Principles, challenges and guidelines for a multi-model ecology*[9] geschreven in opdracht van Topsector energie. Deze whitepaper verzamelde de meest actuele stand van zaken op dit gebied.

Er zijn een groot aantal knelpunten, hieronder de belangrijkste per gebied. Op software-architectuurgebied: wat zijn architecturen die inhoudelijke interacties tussen zeer verschillende modellen ontwikkeld zonder centrale coördinatie en sturing mogelijk en efficiënt maken? Hoe om te gaan met aansturing en controle van (sub)netwerken van modellen die zeer uiteenlopende rekentijden, software architecturen, wiskundige rekenprincipes hebben, en niet ontworpen zijn voor interactie?
Op model-theoretisch gebied zijn de volgende knelpunten: hoe moet omgegaan worden met propagatie van onzekerheid in dynamisch interacteren, niet lineaire netwerken van modellen? Wat zijn de methodes om op en afschaling van model resultaten in tijd en ruimte conceptueel consistent te doen? Hoe identificeren we overladen of multi-gedefinieerde semantiek in verschillende modellen, en hoe vertalen we die naar elkaar? Hoe identificeren de verschillende rationaliteiten die als grondslag liggen van verschillende modellen, en vertalen we die zodat de resultaten betekenisvol zijn.
Op participatief modellerings vlak spelen de volgende knelpunten: hoe richten we co-creatie processen in die een veelheid van boundary objects (modellen, datasets, uitkomsten, etc) creëren? Wat is de co-evolutionaire effect van de volgordelijkheid van de boundary objects en hoe interacteren ze met elkaar is een steeds wisselende socio-technische context?
Op integrale besluitvorming: hoe beïnvloedt actief gebruik van (multi)modellen het besluitvormingsproces binnen organisaties? En tussen organisaties? Hoe moeten uitkomsten van zeer complexe multi-modellen gevormd, gepresenteerd en geïnterpreteerd worden om een systemisch blik aan de beslismaker te geven. Wat zijn de governance principes die pluriforme socio-technisch netwerk die een complex en omvangrijk probleem zoals de energietransitie moet organiseren?

4.5.1 Innovatie

Belangrijkste innovatie, die alle onderdelen beïnvloedt, is de paradigmawisseling die de aanpak van dit onderzoek met zich brengt. We beschouwen de problematiek van integrale besluitvorming d.m.v. multi-

[9] Nikolic, I., Warnier, M., Kwakkel, J. H., Chappin, E. J. L., Lukszo, Z., Brazier, F. M., ... & Palensky, P. (2019). Principles, challenges and guidelines for a multi-model ecology. https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:1aa3d16c-2acd-40ce-b6b8-0712fd947840

modellen als een complex adaptief socio-technisch systeem, waar niet alleen geen centrale aansturing is, maar *niet kan bestaan,* en de enige constante is ende continue verandering van samenstelling, dynamiek en structuur van door normatieve waarden beladen interacties tussen de sociaal en technische elementen, binnen een dynamische, diep onzeker onvoorspelbare wereld. Door het probleem als een decentraal proces van dynamische zelforganisatie (een ecosysteem) te beschouwen verandert de aanpak van de probleem volledig.
Op het technisch vlak, in plaats van te streven naar een centraal vastgesteld begrippenkader, die opgelegd wordt aan ieder model dat meedoet, ontwerpen we een *weakly coupled* netwerk van bilaterale interacties, op een software architectuur die emergentie van niet-lineaire netwerken van interacties toestaat. Op model-theoretisch vlak omarmen we de *"all models are wrong, some are useful"* adagio en richten ons niet op het beste mogelijke model van waarheid, maar op identificatie van elkaars gelijkenissen en verschillen. In plaats van te bepalen weke model "het beste is" vergelijken de uitkomsten met elkaar, leren van de verschillen en identificeren gebieden waar modellen elkaars tekortkomingen aanvullen. Op participatief multi-modelleringsvlak innoveren we door heel expliciet sociale en psychologische elementen, zoals machtsverhoudingen, sociale en gender relaties, geschiedenis etc. mee te nemen in het procesontwerp. Verdere innovatie zijn de systematische metingen en observaties van het modelleringsproces en iteratief gebruik daarvan voor procesverbeteringen. Tot slot, op integraal besluitvormingsvlak, we beschouwen het beleidsvormingsproces als een adaptief proces van multi-level governance die zowel door de technische elementen gevoed wordt, maar ook richting geeft aan die technische ontwikkelingen in een adaptief co-evolutionair proces.

4.5.2 Versterking Nederlandse kennispositie

Nederland loopt wereldwijd voorop in onderzoek naar modellering en bestuur van complexe socio-technische systemen. Mede door een lange historie van overlegcultuur is Nederland bij uitstek de plek waar participatieve processen tot impactvolle uitkomsten kunnen leiden. Los van de multi-model infrastructuur, die wereldwijd uniek is, zal een tweejarige intensieve samenwerking tussen de belangrijkste spelers binnen het energiemodelleringsveld sterk bijdragen aan coherentie van beleidsadviezen en een systematisch aanpak van de energietransitie. Een belangrijk deel van de onzekerheidspropagatie en scenarioruimte bouwt voort op ervaringen opgedaan binnen het Deltaprogramma, en zal Nederland verder verstevigen als voorloper in Deep Uncertainty onderzoek.

4.5.3 Uitdagingen

De grote uitdaging is het koppelen van verschillende platformen waar modellen op draaien, zoals HPC-clusters, Cloud infrastructuur zoals Docker/Kubernetes, Windows desktopapplicatie en gehoste applicaties met API ontsloten via het internet. Deze modellen zijn elk ontwikkeld met andere performance eisen. Het technisch interfacen is op zichzelf staand al een uitdaging, helemaal als er een zeer groot aantal simulaties gedraaid moeten kunnen worden (tot soms wel miljoenen simulaties). Een tweede uitdaging is de Semantic Alignment tussen modellen: alle modellen hebben een net iets andere scope, hanteren andere definities van begrippen en doen andere aannames, maken gebruik van andere data voor dezelfde inputgegevens. Automatische "betekenis vertalers" binnen dit domein zijn er simpelweg niet. Verder, voor een aantal situaties is er überhaupt geen vertaling mogelijk door verschillende kennisdomeinen, en dat moet door menselijke interpretatie opgelost worden.
Deze zaken worden opgevangen door het gestructureerd sociale proces. Dit zijn interpretatie-vraagstukken, die diepe domeinkennis van zowel modellen als het energiesysteem vereisen. ESDL als gemeenschappelijke taal is een stap in goede richting, maar is onvolledig op aantal belangrijke gebieden, bijvoorbeeld onzekerheid. De uiteindelijke multi-model omgeving wordt dan te complex, waardoor het niet te beheren is (en niemand precies snapt wat het is en kan). Verdere uitdagingen zijn het waken voor dat de performance van multi-model platform te laag is voor zeer grote multi-model simulaties, en dat incompatibiliteit tussen modellen niet op te lossen blijkt (zonder dat model opnieuw te ontwikkelen).

4.5.4 Internationale context

Internationale multi-model projecten focussen zich op de problematiek van modelinteractie binnen een technisch kennisdomein. Hierin worden verschillende HLA en co-simulatie oplossingen gebruikt. Voor de zeer heterogene en gedistribueerde situatie op de Nederlandse markt, waarin zeer verschillende kennisdomeinen vanuit een socio-technisch perspectief geïntegreerd moeten worden, is dit niet geschikt. De multi-model ecosysteem aanpak van Multi-model.nl verhoudt zich hiertoe als volledig vernieuwend. De architectuur en software implementatie wordt gedurende het project gebruikt, getest op bruikbaarheid en in iteraties verbeterd.

5. Kennisverspreiding

Belanghebbende partijen (ook niet-project deelnemers), zoals modelontwikkelaars en gebruikers van energiemodellen en multi-modelraamwerk, worden uitgenodigd deel te nemen aan de Community of Practice gedurende het project en daarna. Zij zullen bereikt en geïnformeerd worden via de kanalen en strategie beschreven in Bijlage 5, voornamelijk via de webportalen energy.nl en multi-model.nl en via het ver reikende netwerk van de gezamenlijke consortiumpartners.
De CoP dient voor de overdracht van kennis (in de vorm van ontwikkelde (open access) software, documenten, methodebeschrijvingen, handleidingen, draaiboeken, etc.) binnen de consortiumpartners. Zij staat expliciet uitnodigend tegenover belanghebbende partijen van buiten om zich aan te sluiten en zodoende van de gezamenlijke samenwerking en modelkoppeling te profiteren.

6. Financiering van eigen aandeel in de projectkosten

TU Delft
De financiering van het eigen aandeel wordt gedekt door de eerste geldstroom van de TU Delft. Dit omvat geld uit overhead op projecten en lab-infra van aangesloten afdelingen van de TU Delft waarbinnen de wetenschappelijke werkzaamheden worden uitgevoerd. De eerste geldstroom is een integraal onderdeel van de financieringsstructuur van TU Delft.
TNO
Financiering eigen bijdrage uit toegekende overheidsmiddelen (SMO).
Universiteit Leiden
De financiering van het eigen aandeel wordt gedekt door de eerste geldstroom van de Universiteit Leiden. De eerste geldstroom is een integraal onderdeel van de financieringsstructuur van de Universiteit Leiden.
Hanzehogeschool
De financiering van het eigen aandeel wordt gedekt door de eerste geldstroom van de Hanzehogeschool. De eerste geldstroom is een integraal onderdeel van de financieringsstructuur van de Hanzehogeschool.
Gasunie
De verhouding van de in-kind bijdrage in dit project t.o.v. de omzet van Gasunie maakt het kunnen dragen van de in-kind kosten triviaal.
Quintel
Quintel financiert het niet-gesubsidieerde deel uit eigen middelen. Een jaarverslag (2019) is bijgevoegd waaruit blijkt dat een dergelijke bijdrage kan worden gedragen door de organisatie.
Alliander
Alliander's omzet was in 2019 1930 miljoen euro en daarmee kan Alliander ruimschoots de eigen inbreng dragen.
Stedin
Stedin Netbeheer B.V. is onderdeel van de Stedin Groep. In 2019 had de Stedin Groep een omzet van €1234 miljoen en een bedrijfsresultaat van €325 miljoen. De eigen bijdrage aan dit project zal Stedin Netbeheer leveren door in-kind uren van haar medewerkers van de afdelingen Innovatie, Netstrategie, Grid Analytics en Strategie. Hierbij een link naar het meest recente jaarverslag van de Stedin Groep
https://jaarverslag.stedingroep.nl/resultaten/financieel-resultaat
DNVGL
De verhouding van de in-kind bijdrage in dit project t.o.v. de omzet van DNVGL maakt het kunnen dragen van de in-kind kosten triviaal.
QuoMare
QuoMare heeft sinds haar oprichting ieder jaar een positief resultaat op de balans heeft bereikt. De liquide middelen heden beschikbaar voldoen ruim ter financiering van de in-kind bijdrage van haar aandeel in dit project. Desgevraagd kan een accountant dit bevestigen.
Kalavasta
Het eigen aandeel (in-kind) wordt vanuit de reserves van Kalavasta bekostigd. Kalavasta is sinds zijn oprichting in 2017 winstgevend en heeft voldoende reserves opgebouwd. Kalavasta heeft in 2021 en daarna naar verwachting een brutomarge die groter is dan de €51,200 die nodig is voor dit project. Desgevraagd kan dit bevestigd worden.

Bijlage 1 Projecttabel

	Beschrijving	**Indicator**	**Informatiebron (wijze van verificatie)**	**Externe factoren (risico's)**	**Betrokken deelnemers**
Bijdrage aan doelstelling programmalijn	Multi-modellen voor Integrale Besluitvorming				
Projectdoel:	Een *minimum viable product* infrastructuur voor de koppeling van (multi-)modellen, getoetst op TVW, RES, en deels ii3050-schaal en ondersteund door een CoP				
Resultaat 1 (WP / fase 1)	**wp:1:r:1** – CoP	Goed functionerende CoP ten dienste van het project	Survey	Gebrekkige of ontbrekende deelname van individuen en organisaties in de CoP	
Activiteiten Resultaat 1	**wp:1:r:1:a:1** Organiseren van een CoP (OP)				1.**TU Delft** 2. DNVGL 3. Hanzehogeschool
	wp:1:r:1:a:2 Expertise en kennis over (multi-) modellen (IO)				**1. TU Delft** 2. DNVGL 3. Kalavasta 4. Quintel 5. Quo Mare 6. TNO
	wp:1:r:1:a:3 Energiedomein en casus expertise (EO)				**1. TNO** 2. Alliander 3. Gasunie 4. Steding 5. TU Delft
	wp:1:r:1:a:4 Multi-modellen in integrale besluitvorming en op- en uitschalen van de aanpak (EO)				1. **Universiteit Leiden** 2. TNO 3. TU Delft
	wp:1:r:1:a:5 Institutioneel inrichten (EO)				1. **Universiteit Leiden** 2. TNO 3. TU Delft
Resultaat 2 (WP / fase 1)	**wp:1:r:2** – Quantificatie van de CoP	Beschreven methodes	Rapport	Onvoldoende deelname in CoP	
Activiteiten Resultaat 2	**wp:1:r:2:a:1** Gestructureerde en				1. **Universiteit Leiden** 2. TNO 3. TU Delft

	systematische observaties (EO)				
	wp:1:r:2:a:2 Analyse en synthese (EO)				**1. TU Delft** 2. TNO 3. Universiteit Leiden
Resultaat 3 (WP / fase 2)	**wp:2:r:3** Methodes voor multi-modellen	Beschreven methodes	Rapport	Onvoorziene methodologische/ wiskundige onmogelijkheid bij onzekerheid, schaling of werkingsprincipe methodes	
Activiteiten Resultaat 3	**wp:2:r:3:a:1** Methodes voor multi-modellen (IO)				**1. TU Delft** 2. DNVGL 3. Kalavasta 4. Quintel 5. Quo Mare 6. TNO 7. Universiteit Leiden
Resultaat 4 (WP / fase 2)	**wp:2:r:4** Conceptueel raamwerk voor multi-modellen	Conceptuele beschrijving raamwerk	Rapport	Conflicterende of onhaalbare eisen en behoeftes vanuit de CoP	
Activiteiten Resultaat 4	**wp:2:r:4:a:1** Conceptueel raamwerk voor multi-modellen (IO)				**1. TU Delft** 2. DNVGL 3. Kalavasta 4. Quintel 5. Quo Mare 6. TNO 7. Universiteit Leiden
Resultaat 5 (WP / fase 2)	**wp:2:r:5** Concepten en methode voor een generieke scenario ruimte	Beschreven methodes	Rapport	Conflicterende of onhaalbare eisen en behoeftes vanuit de CoP	
Activiteiten Resultaat 5	**wp:2:r:5:a:1** Concepten en methode voor een generieke scenario ruimte (IO)				**1. Quintel** 2. DNVGL 3. Kalavasta 4. Quo Mare 5. TNO 6. TU Delft 7. Universiteit Leiden
Resultaat 6 (WP / fase 2)	**wp:2:r:6** Tooling voor multi-modellen	Beschreven methodes	Rapport	Complexiteit groter dan gedacht / geanticipeerde ontwikkelrichting niet passend. Consequentie hogere kosten en/ of doorlooptijd.	

Activiteiten Resultaat 6	**wp:2:r:6:a:1** Tooling voor multi-modellen (IO)				**1. TNO** 2. DNVGL 3. Kalavasta 4. Quintel 5. Quo Mare 6. TU Delft 7. Universiteit Leiden
Resultaat 7 (WP / fase 2)	**wp:2:r:7** Participatief proces voor integrale besluitvorming	Procesbeschrijving	Rapport	Gebrekkige of ontbrekende deelname van probleemeigenaar	
Activiteiten Resultaat 7	**wp:2:r:7:a2** Participatief proces voor integrale besluitvorming (IO)				**1. Universiteit Leiden** 2. Alliander 3. DNVGL 4. Gasunie 5. Kalavasta 6. Quintel 7. Quo Mare 8. Stedin 9. TNO 10. TU Delft
Resultaat 8 (WP / fase 3)	**wp:3:r:8** Ontwerp Multi-model infrastructuur (IO)	Ontwerp van een geimplementeerde multi-model infrastructuur	Ontwerpspecificatie document en software implementatie	Technische of performance onhaalbaarheid van specifieke tooling	
Activiteiten Resultaat 8	**wp:3:r:8:a1** Informatiemodellering (EO)				**1. TNO** 2. TU Delft
	wp:3:r:8:a2 Ontwerp van de software architectuur (IO)				**1. TNO** 2. Kalavasta 3. Quintel 4. Quo Mare 5. TU Delft
	wp:3:r:8:a3 Realiseren multi-model orkestratie (EO)				**1. TNO** 2. TU Delft
	wp:3:r:8:a4 Implementatie van de multi-model infrastructuur software (EO)				**1. TNO** 2. TU Delft
Resultaat 9 (WP / fase 3)	**wp:3:r:9** Modelkoppeling (EO)	Modelkoppelingen	Aantal ontwikkelde modelkoppelingen	Complexiteit groter dan gedacht / geanticipeerde ontwikkelrichting niet passend. Consequentie hogere kosten en/ of doorlooptijd.	
Activiteiten Resultaat 9	**wp:3:r:9:a1** Ontwerpen en realiseren van generieke model-koppelingen (EO)				**1. TNO** 2. TU Delft

	wp:3:r:9:a2 Realiseren specifieke model-koppelingen tbv validatie (IO)				**1. TNO** **2. DNVGL** **3. Kalavasta** **4. Quo Mare** **5. Quintel** 6. TU Delft
Resultaat 10	**wp:4:r:10 II3050 validatie casus (IO)**	Multi-model, uitkomsten en interpretatie	Aanwezigheid van multi-model, uitkomsten en interpretatie	Gebrekkige of ontbrekende deelname van probleemeigenaar. Validatie niet succesvol vanwege eerder genoemde risico's.	
Activiteiten Resultaat 10	**wp:4:r:10:a1** Co-creatie ontwerp II3050 validatie casus (IO)				**1. TU Delft** 2. Alliander 3. DNVGL 4. Gasunie 5. Kalavasta 6. Quintel 7. Quomare 8. Stedin 9. TNO 10. Universiteit Leiden
	wp:4:r:10:a2 Ontwikkelen II3050 casus (IO)				**1. TU Delft** 2. Alliander 3. DNVGL 4. Gasunie 5. Kalavasta 6. Quintel 7. Quomare 8. Stedin 9. TNO 10. Universiteit Leiden
	wp:4:r:10:a3 Analyse resultaten en validatie participatief beslis process II3050 casus (IO)				**1. Universiteit Leiden** 2. Alliander 3. DNVGL 4. Gasunie 5. Kalavasta 6. Quintel 7. Quomare 8. Stedin 9. TNO 10. TU Delft
Resultaat 11	**wp:4:r:11 RES validatie casus (IO)**	Multi-model, uitkomsten en interpretatie	Aanwezigheid van multi-model, uitkomsten en interpretatie	Gebrekkige of ontbrekende deelname van probleemeigenaar. Validatie	

				niet succesvol vanwege eerder genoemde risico's.	
Activiteiten Resultaat 11	**wp:4:r:11:a1** Co-creatie ontwerp RES validatie casus (IO)				**1. TNO** 2. Alliander 3. DNVGL 4. Gasunie 5. Kalavasta 6. Quintel 7. Quomare 8. Stedin 9. TU Delft 10. Universiteit Leiden
	wp:4:r:11:a2 Ontwikkelen RES casus (IO)				**1. TNO** 2. Alliander 3. DNVGL 4. Gasunie 5. Kalavasta 6. Quintel 7. Quomare 8. Stedin 9. TU Delft 10. Universiteit Leiden
	wp:4:r:11:a3 Analyse resultaten en validatie participatief beslis process RES casus (IO)				**1. Universiteit Leiden** 2. Alliander 3. DNVGL 4. Gasunie 5. Kalavasta 6. Quintel 7. Quomare 8. Stedin 9. TNO 10. TU Delft
Resultaat 12	**wp:4:r:12 TVW validatie casus (IO)**	Multi-model, uitkomsten en interpretatie	Aanwezigheid van multi-model, uitkomsten en interpretatie	Gebrekkige of ontbrekende deelname van probleemeigenaar. Validatie niet succesvol vanwege eerder genoemde risico's.	
Activiteiten Resultaat 12	**wp:4:r:12:a1** Co-creatie ontwerp TVW validatie casus (IO)				**1. TNO** 2. Alliander 3. DNVGL 4. Kalavasta 5. Quintel 6. Quomare 7. Stedin 8. TU Delft

					9. Universiteit Leiden
	wp:4:r:12:a2 Ontwikkelen TVW casus (IO)				**1. TNO** 2. Alliander 3. DNVGL 4. Kalavasta 5. Quintel 6. Quomare 7. Stedin 8. TU Delft 9. Universiteit Leiden
	wp:4:r:12:a3 Analyse resultaten en validatie participatief beslis process TVW casus (IO)				**1. Universiteit Leiden** 2. Alliander 3. DNVGL 4. Kalavasta 5. Quintel 6. Quomare 7. Stedin 8. TNO 9. TU Delft
Randvoorwaarden (hele project)				1. Adequate participaties in CoP en casus probleem eigenaren 2. (Geen) wiskundige / methodologische onmogelijkheden in methode-ontwikkeling	