

Onderzoek Lelylijn-alternatieven

De Lelylijn

Colofon

Dit rapport bevat de resultaten van het 'Onderzoek Lelylijn-alternatieven'.
Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Projectorganisatie Lelylijn.

PROJECTTEAM OPDRACHTGEVER
Bas Schimmel (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat)
Rachel Tienkamp-Beishuizen (projectorganisatie Lelylijn)
André Buikhuizen (Provincie Groningen)
Jorn van der Scheer (Provincie Drenthe)
Daniëlle Meiboom (projectorganisatie Lelylijn)
Xaf Utberg (ProRail)

Het onderzoek is uitgevoerd door een consortium van Arcadis, PosadMaxwan en Significance.

PROJECTTEAM CONSORTIUM
Hendrik Jan Bergveld (Arcadis)
Erik Lindhout (Arcadis)
Tobias Deelstra (Arcadis)
Anouk Jansen (PosadMaxwan)
Vincent Babeş (PosadMaxwan)

Contactgegevens:
Arcadis Nederland B.V.
Postbus 220
3800 AE AMERSFOORT

September 2024 (vastgesteld in Stuurgroep Lelylijn, d.d. 13/09/2024)

MET DANK AAN
De deelnemers aan de verschillende sessies (Uitgangspuntensessie, Provincie-ateliers, Legosteenateliers en Lelylijn-games) van ministeries, provincies, gemeenten, waterschappen, ProRail, Rijkswaterstaat; de vele collega's binnen het consortium die voor en achter de schermen een bijdrage hebben geleverd aan de totstandkoming van de resultaten en de betrokkenen vanuit de overige MIRT-Onderzoek werksporen voor de uitwisseling en afstemming van (tussen)resultaten.

Inhoudsopgave

0. Management samenvatting 6

0.1. Achtergrond 7

0.2. Opdracht Consortium 7

0.3. Rijtijden en vervoerwaarde 8

0.4. Basisalternatieven 9

0.5. Kosten 11

0.6. Vergelijking alternatieven 14

1. Opbouw rapport 16

1.1. Onderzoek Lelylijn-alternatieven 17

1.2. Structuur 17

2. Aanleiding en aanpak Onderzoek Lelylijn-alternatieven 18

2.1. Project Lelylijn 19

2.2. Opgaven Onderzoek Lelylijn-alternatieven 19

2.3. Doelstellingen Lelylijn 20

2.4. Aanpak Onderzoek Lelylijn-alternatieven 20

2.5. Drie Basisalternatieven als vertrekpunt 22

2.6. De stap naar uitwerking van de basisalternatieven 25

3. Vervoerwaarde en rijtijden Lelylijn **26**

3.1. Inleiding 27

3.2. Beschrijving varianten 29

3.3. Rijtijden 32

3.4 Vervoerwaarde (LMS) 40

3.5 Vf-analyse 55

4. Uitwerking basisalternatieven **64**

4.1. Leidende ontwerpprincipes 65

4.2. Toelichting begrippen 68

4.3. Basisalternatieven 74

4.4. Mogelijke uitbreiding scope 122

4.5. Invloed ontwerpsnelheid op (tracé)ontwerp, ruimtelijke inpassing en (technische) systemen 122

4.6. Verbinding naar Duitsland 124

4.7. Innovaties 126

5. Kosten **128**

5.1. Algemene beschrijving SSK-methodiek 129

5.2. Investeringsramingen 135

5.3. BOV-kosten (Beheer, Onderhoud en Vervanging) 143

5.4. Algemene beschrijving methodiek berekening exploitatiesaldo 144

5.5. Verbinding naar Duitsland 145

6. Vergelijking alternatieven 146

6.1. Objectieve vergelijking alternatieven 147

6.2. Aanbevelingen 148

Bijlage 1 - Afkortingen en begrippen 151

Bijlage 2 - Brondocumenten 152

Bijlage 3 - Begrippen en werkwijzen nader uitgelegd 153

Bijlage 4 - Concretisering van bouwstenen en legostenen 156

Bijlage 5 - Review ProRail en Horvat&Partners 162

Bijlage 6 - SSK-raming Post 'Nader te detailleren' 164

Op te vragen bij opdrachtgever:

Bijlage 7 - Achtergrondrapportage Vervoerwaarde

Bijlage 8 - Achtergrondrapportage Ontwerp & Kosten

Bijlage 9 - Achtergrondrapportage Omgevingseffecten

Bijlage 10 - Achtergrondrapportage Innovaties

Bijlage 11 - Verslag Provincieateliers

Bijlage 12 - Verslag Legosteenateliers

Management samenvatting

0.1. Achtergrond

Eind 2022 hebben Rijk en regio gezamenlijk besloten tot een MIRT[1]- en NOVEX[2] onderzoek naar de Lelylijn, een nieuwe en snelle spoorverbinding tussen de Randstad en Groningen/Leeuwarden. Een spoorverbinding die Noordelijk Nederland en de Randstad dichter bij elkaar brengt en de verschillen tussen regio's kan verkleinen. Hiervoor is een MIRT-Onderzoek gestart naar de verschillende alternatieve versies van de Lelylijn. Binnen dit onderzoek naar mogelijke alternatieven worden de vervoerwaarde, rijtijden en kosten in beeld gebracht. Daarnaast geven andere projectonderdelen invulling aan het Ontwikkelperspectief vanuit NOVEX en wordt vanuit Brede Welvaart de bijdrage voor Nederland van de Lelylijn in beeld gebracht. Gezamenlijk vormen de resultaten input voor de beslisinformatie die in het najaar van 2024 voorgelegd wordt aan het Bestuurlijk Overleg. Hier wordt besloten of de Lelylijn interessant genoeg is om verder te verkennen (en door te gaan naar de MIRT-Verkenningsfase).

In deze MIRT-Onderzoeksfase willen we gevoel voor de bal krijgen en zoeken we daarom de hoeken van het speelveld op. Vanuit de MIRT-systematiek is het belangrijk dat de reikwijdte van de oplossingen worden onderzocht. Er is daarom toegewerkt naar 3 basisalternatieven, waarbij de verschillende basisalternatieven voldoende onderscheidend van elkaar dienden te zijn. De keuze voor het Bundelingsalternatief langs de A6/A7/A32 ligt voor de hand. Dit alternatief is namelijk als opdracht meegegeven aan het project en is reeds eerder onderzocht (o.a. Zuiderzeelijn). Het Zuidelijk alternatief voldoet ook aan de Bestuurlijke opdracht om Noord-Nederland met Lelystad te verbinden. Het Zuidelijk alternatief is daarbij vanuit water en bodem interessant vanwege het grote aantal kilometers over stevigere zandgronden en geeft de zuidelijkste hoek van het speelveld weer. Het Afsluitdijkalternatief geeft de meest noordelijke hoek van het speelveld weer. De 3 basisalternatieven zijn in de Stuurgroep van 13 oktober 2023 bekrachtigd.

1 MIRT = Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport.

2 NOVEX = Nationale omgevingsvisie extra, een programma waarin overheden samenwerken aan een plan voor de ruimtelijke ordening van Nederland. De Lelylijn is een van de zestien speciale NOVEX-gebieden, waar grote en complexe ruimtelijke uitdagingen zijn.

0.2. Opdracht Consortium

In de periode september 2023 – september 2024 is door een consortium van Arcadis, PosadMaxwan en Significance gewerkt aan het 'Onderzoek Lelylijn-alternatieven', zoals die is uitgevoerd als onderdeel van het MIRT-Onderzoek Lelylijn. Het Onderzoek naar de alternatieven van de Lelylijn volgt op de ontwerpsessies die plaats vonden van maart-mei 2023. Doel van het Onderzoek Lelylijn-alternatieven is om:

- De vervoerwaarde te bepalen op basis van verschillende dienstregelingen die passen bij 3 basisalternatieven die de hoeken van het speelveld duiden, inclusief daarbij behorende exploitatie.
- De 3 basisalternatieven zijn:
  1. Het Bundelingsalternatief A6/A7/A32;
  2. Het Afsluitdijkalternatief;
  3. Het Zuidelijk alternatief.
- De alternatieven voor de infrastructuur van Randstad tot aan Groningen/Leeuwarden met doorkijk naar Duitse grens (knoop Oldenburg), modulair te ontwerpen en de kosten daarvan te ramen.
- Inzicht te bieden in innovaties op het spoor en de mogelijke kansen daarvan voor het beperken van de kosten van infrastructuur en exploitatie.
- Dit natuurlijk in afstemming met een breed stakeholderveld en binnen het MIRT-Onderzoek met de andere trajecten (NOVEX, Brede Welvaart, Internationaal en Omgeving).

0.3. Rijtijden en vervoerwaarde

Rijtijden alternatieven	Bundeling (via station Heerenveen), 2x per uur	Bundeling (zuidelijk van Heerenveen), 4x per uur	Bundeling Heeren-veen-Noord, 8x per uur	Afsluitdijk, 4x per uur (Amsterdam Centraal)	Zuidelijk via Assen, 4x per uur
Groningen-Amsterdam Zuid	83 (-36)	70 (-49)	77 (-42)	107 (-17)	87 (-32)
Leeuwarden-Amsterdam Zuid	81 (- 40)	78 (-43)	74 (-47)	78 (-47)	80 (-41)
Assen-Amsterdam Zuid	102 (geen rijtijdwinst)	95-102 (0 tot -7, met overstap Groningen)	95-102 (0 tot -7, met over-stap Groningen)	102 (geen rijtijdwinst)	69 (-33)

Tabel 1. Rijtijden verschillende basisalternatieven. Tussen haakjes de tijdswinst ten opzichte van de huidige dienstregeling.

Voor de verschillende basisalternatieven zijn zowel de rijtijden als de vervoerwaarde bepaald. Rijtijden zijn gebaseerd op 200 km/u, zonder marge of speling, waarmee uitgegaan wordt van een ideaal scenario. Technisch gezien zijn treinen in staat deze rijtijden te behalen, maar in werkelijkheid zal de reistijd in de dienstregeling iets hoger uitvallen. De rijtijden tussen Groningen, Leeuwarden en Amsterdam Zuid/Centraal zijn weergegeven in Tabel 1 en gelden voor reguliere intercity's en stoptreinen. Tussen haakjes staat de tijdswinst t.o.v. de huidige dienstregeling[3].

De rijtijden op de andere tracédelen zijn:

- Lelystad-Emmeloord: 13 minuten (alle varianten Bundelingsalternatief);
- Emmeloord-Heerenveen: 14 minuten (via bestaand station Heerenveen);
- Heerenveen-Drachten: 8 minuten (via bestaand station Heerenveen);
- Emmeloord-Drachten: 17 minuten (via zuidelijke variant Bundelingsalternatief);
- Emmeloord-Lemmer: 7 minuten (via variant Heerenveen Noord Bundelingsalternatief);
- Lemmer-Heerenveen Noord: 8 minuten (via variant Heerenveen Noord Bundelingsalternatief);
- Heerenveen Noord-Drachten: 8 minuten (via variant Heerenveen Noord Bundelingsalternatief);
- Drachten-Groningen (13 minuten IC, 18 minuten stoptrein);
- Drachten-Leek en Leek-Groningen: 9 minuten.

Het dagelijks gebruik (de vervoerwaarde) van de Lelylijn is opgenomen in Tabel 2. Dit laat het mogelijke aantal ritten in een etmaal zien op de Lelylijn.

Dagelijks gebruik Lelylijn (gemiddelde werkdag)	Aantal treinritten op de Lelylijn	Waarvan nieuwe treinritten per dag t.o.v. referentie (situatie zonder Lelylijn)
Bundeling 2x per uur	35.000	19.000
Bundeling 4x per uur	41.000	22.000
Bundeling 8x per uur	52.000	26.000
Afsluitdijk 4x per uur	17.000	7.000
Zuidelijk 4x per uur	28.000	10.000

Tabel 2. Aantal extra ritten op een dag op de Lelylijn en de vergelijking t.o.v. de referentie (situatie in 2040 zonder Lelylijn).

3 Naar verwachting vermindert de reistijd in de dienstregeling t/m 2030 zonder Lelylijn nog met 3 tot 6 minuten door inzet van ICNG in de dienstregeling vanaf 2026 en realisatie van OV SAAL. Daarmee kan uiteindelijke reistijdswinst door sec de Lelylijn dus wat lager uitvallen.

0.4. Basisalternatieven

De drie basisalternatieven zijn in het onderzoek nader uitgewerkt. Gedurende het proces is er veel aandacht geweest voor de betrokkenheid van een breed scala aan stakeholders (Rijk, gemeenten, provincies, RWS, ProRail en waterschappen). Hiervoor zijn achtereenvolgens een uitgangspuntensessie (november 2023), provinciale ontwerpateliers (november, december), legosteenateliers (februari) en Lelylijn games (april) georganiseerd. Hierbij zijn de (tussen)resultaten gedeeld en hebben deelnemers de informatie verrijkt en aandachtspunten en suggesties meegegeven. Ook de voor deze fase relevante opmerkingen uit de Participatieve Waarde Evaluatie zijn hierin betrokken. Met alle informatie die is aangedragen zijn de drie basisalternatieven aangescherpt en aangepast en zijn variaties binnen deze alternatieven toegevoegd. Bovendien zijn de deelnemers zoveel mogelijk meegenomen in de verschillende afwegingen die er spelen rond de basisalternatieven. De verslagen van de verschillende sessies zijn als aparte bijlage toegevoegd. Voor de 3 basisalternatieven is naar verschillende varianten gekeken (zie Figuur 1). Bij complexe punten zijn niet alleen verschillende varianten uitgewerkt qua inpassing maar ook qua kosten. Hoewel de ontworpen infrastructuur op zichzelf voldoet aan de eisen om daar ook goederenvervoer overheen te laten rijden, heeft de focus in deze fase van het onderzoek gelegen op personenvervoer.

In hoofdstuk 4 worden de basisalternatieven en de bijbehorende varianten in detail beschreven en onderbouwd. In hoofdstuk 5 staan de kosten weergegeven.

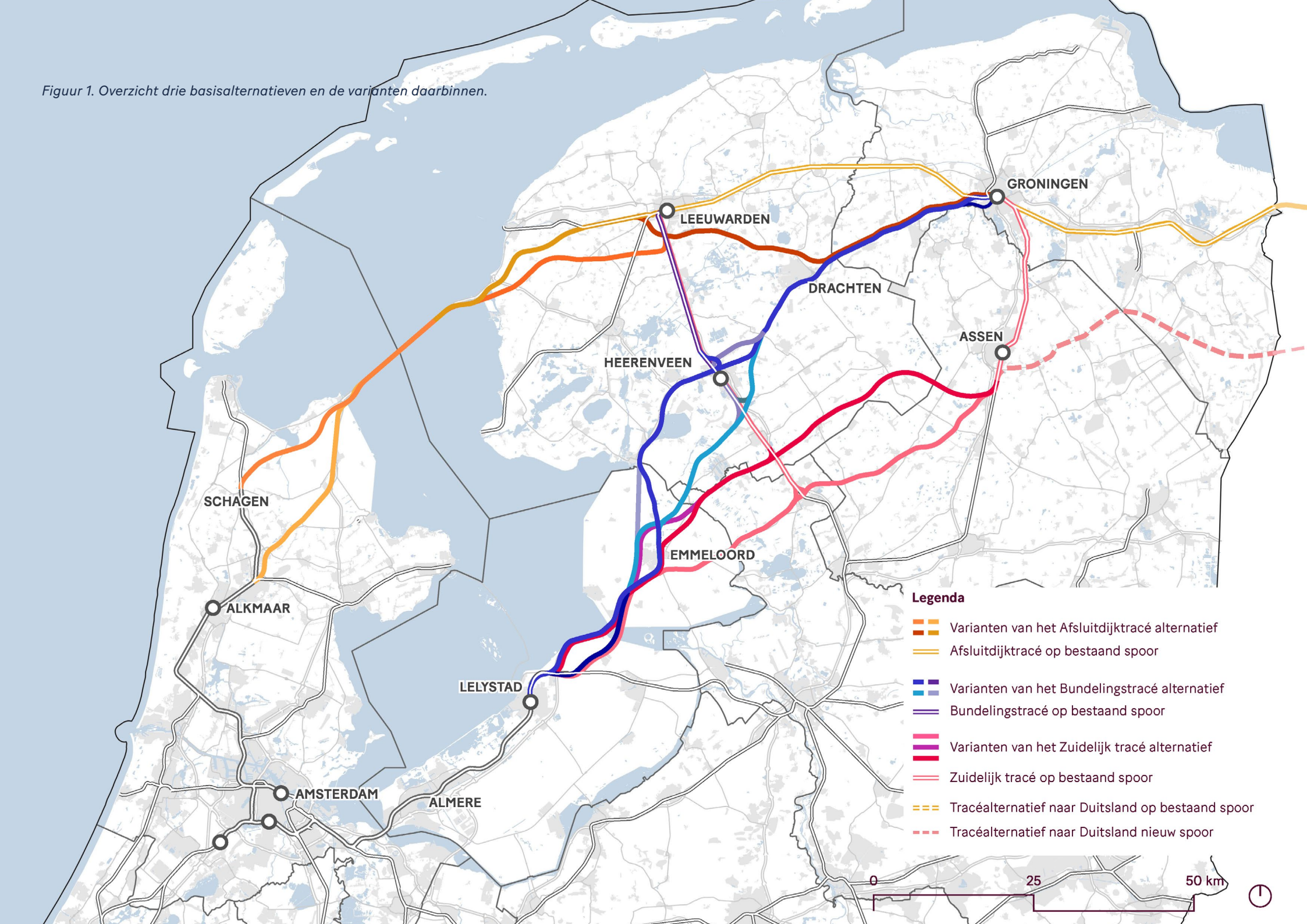
Bundelingsalternatief A6/A7/A32

De huidige uitwerking gaat uit van het volgende verloop van dit basisalternatief: In Flevoland volgt het alternatief de A6, waarbij het Ketelmeer met een zinktunnel gepasseerd wordt (omdat beweegbare bruggen niet geschikt zijn voor treinen met hogere snelheden). De lijn gaat vervolgens aan de oostkant langs Emmeloord. Voor het tracédeel naar Heerenveen zijn nu drie varianten uitgewerkt. Eén variant volgt de A6/A7 en passeert Heerenveen aan de Noordzijde. In een andere variant wordt minder strak gebundeld en wordt Heerenveen aan de zuidzijde gepasseerd. In beide gevallen is een boog vanaf de Lelylijn naar de bestaande spoorlijn Meppel-Leeuwarden voorzien. Tenslotte geven we inzicht in een variant die vanuit Groningen en Leeuwarden ook het bestaande station Heerenveen aandoet (S-variant). Vanaf Heerenveen volgt dan weer een bundeling van de Lelylijn met de A7 en passeert deze Drachten en de natuurgebieden Van Oordt's Mersken en het Leekstermeer. Voor de binnenkomst in Groningen zijn ook meerdere varianten in beeld. In de ene variant sluit de Lelylijn ten westen van Hoogkerk nabij het Hoendiep aan op bestaand spoor. In een andere variant wordt Hoogkerk met een tunnel gepasseerd, voordat deze ter hoogte van Groningen Suikerzijde aansluit op bestaand spoor. Voor zowel Heerenveen als Groningen geldt dat de situatie complex is en dit moet in een volgende fase uitgebreid onderzocht worden.

Afsluitdijkalternatief

In de huidige uitwerking van het Afsluitdijkalternatief volgen we in Noord-Holland het bestaand spoor tot Schagen en takken daarna af richting de Afsluitdijk, waarbij zoveel mogelijk bestaande bebouwing, windmolens e.d. worden ontweken. Het alternatief loopt daarna parallel aan de Afsluitdijk, waarbij de spuisluizen met een boortunnel gepasseerd worden. De aanleg van een zinktunnel is onmogelijk vanwege de waterstroming ter hoogte van de spuisluizen. Om een realistische passage van de spuisluizen mogelijk te maken moet de spoorlijn hier afwijken van de A7. Tussen de Afsluitdijk en Leeuwarden zijn er diverse mogelijkheden om nog in het tracé te variëren. Het alternatief is nu gebaseerd op een route die zo min mogelijk afbuigt en rekening houdt met doorsnijding van het landschap. Om ook station Werpsterhoeke aan te kunnen doen is het van belang om ruim ten zuiden van Leeuwarden al in te takken op bestaand spoor (Meppel-Leeuwarden). Tussen Leeuwarden en Groningen wordt, naast een variant via bestaand spoor, ook gekeken naar een variant via een nieuwe spoorverbinding via Drachten (langs de N31).

Figuur 1. Overzicht drie basisalternatieven en de varianten daarbinnen.



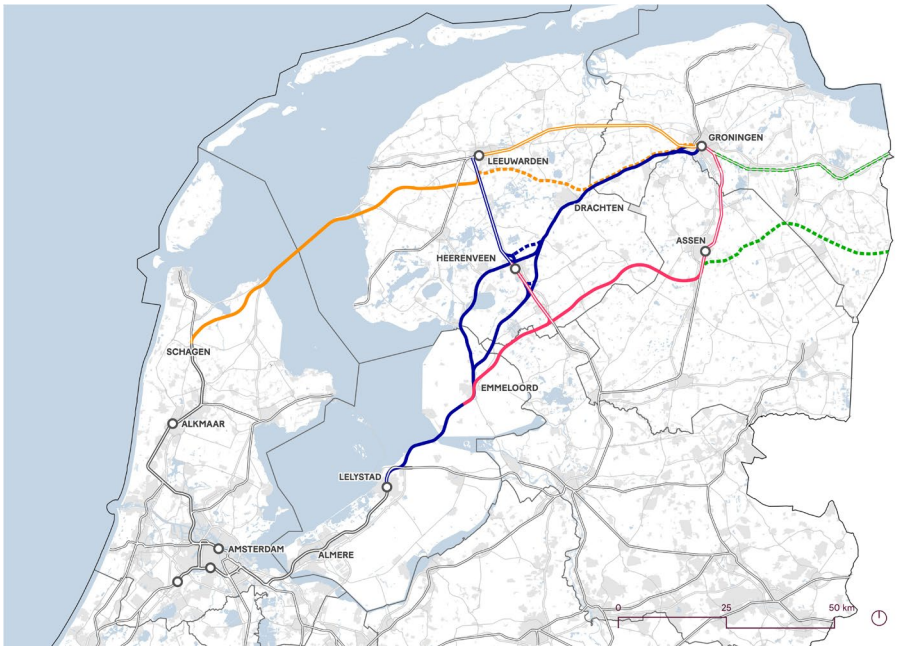
Zuidelijk alternatief
Het Zuidelijk alternatief volgt voor het deel Lelystad-Emmeloord het Bundelingsalternatief. Na Emmeloord is het alternatief gebaseerd op een route die ten noorden van het Nationaal Park Weerribben en het Nationaal Park Drents-Friese Wold langsgaat. Ten zuiden van Assen takt de Lelylijn in op de bestaande spoorlijn Meppel-Groningen. Daarnaast is ten zuiden van Wolvega een directe boog meegenomen naar Heerenveen/Leeuwarden die intakt op de bestaande spoorlijn Meppel-Leeuwarden.

Innovaties
Voor het onderzoek naar de alternatieven voor de Lelylijn zijn een aantal innovaties onderzocht. Daarmee geven we inzicht in de mogelijke kansen en bedreigingen die deze innovaties richting 2040/2050 bieden, in zowel de exploitatie als in het beperken van de kosten (van infrastructuur én exploitatie).

De innovaties zijn beschreven in een apart achtergrondrapport. Voor een aantal innovatie is de Lelylijn stakeholder in een lopend ontwikkeltraject en implementatie. Het gaat hierbij om: FRMCS/5G (Future Railway Mobile Communication System), ERTMS Level 3 Hybrid (European Rail Traffic Management System) en de bovenleidingspanning – systeemkeuze (nu uitgegaan van 25kV). In de vervolgfase moeten de innovaties actief gevolgd worden.

0.5. Kosten

Binnen de drie gekozen basisalternatieven is vanuit de gedachte om de hoeken van het speelveld te beschouwen, voor elk basisalternatief één variant beschouwd voor het maken van de (SSK)kostenramingen (Standaardsystematiek voor Kostenramingen, zie Figuur 2). Op complexe punten zijn verschillende varianten geraamd. Het is nadrukkelijk niet de bedoeling om keuzes te maken, maar om op basis van de beschikbare informatie te komen tot een plausibele raming die maakbaar en realistisch lijkt.



Figuur 2. Basisalternatieven waarvoor een SSK-kostenraming is opgesteld.

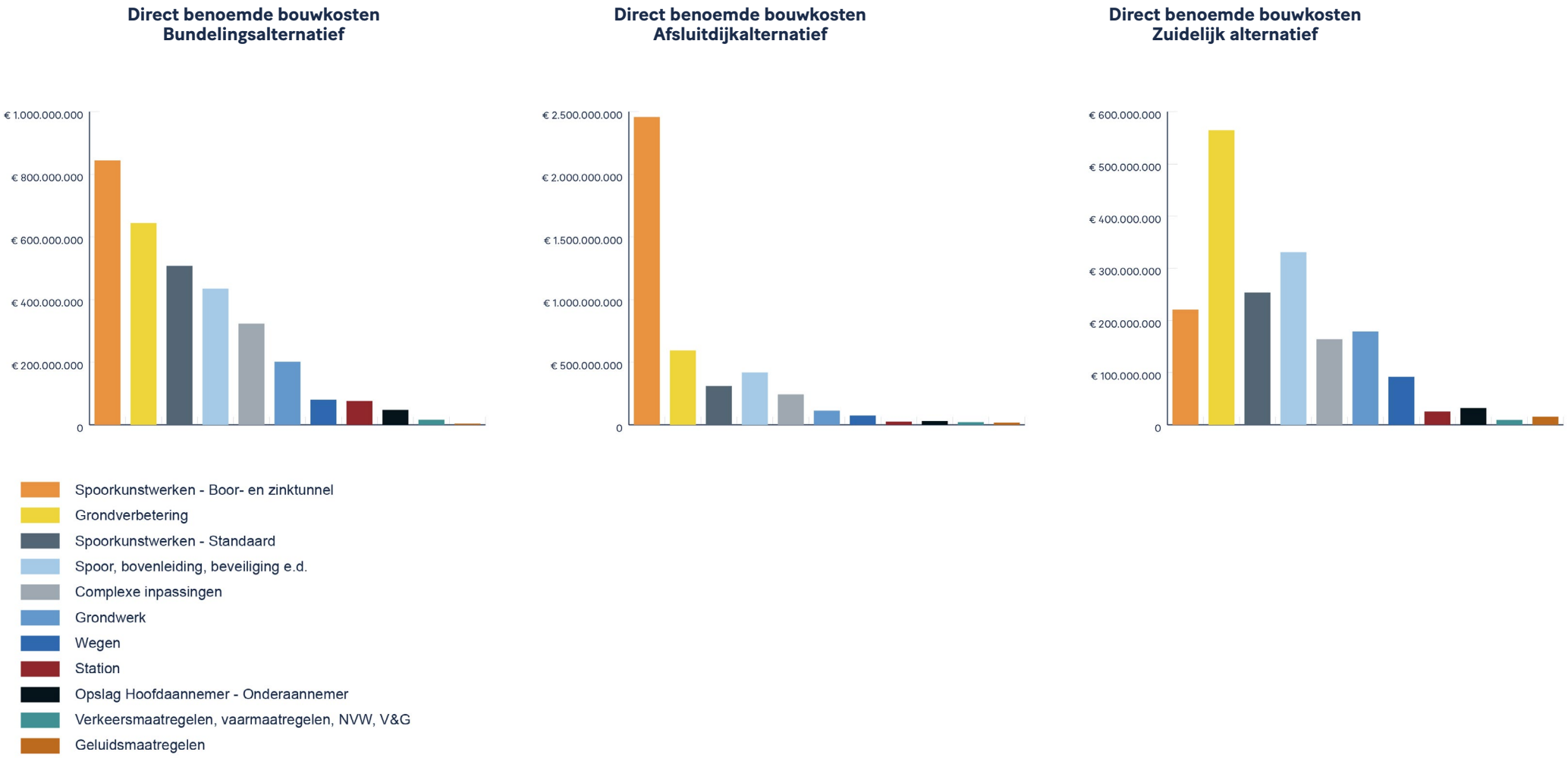
Cost engineers van ProRail en Horvat&Partners hebben een collegiale review uitgevoerd op een eerste versie van de ramingen van het Bundelingsalternatief en Afsluitdijkalternatief. ProRail en Horvat&Partners hebben steekproefsgewijs eenheidsprijzen gecontroleerd en opslagpercentages beoordeeld. Horvat&Partners heeft ook een review uitgevoerd op de ramingen van het Bundelings-basisalternatief en het Afsluitdijk-basisalternatief. Horvat&Partners geeft aan dat de raming voor deze fase al heel gedetailleerd is en ProRail geeft complimenten voor het goede stuk werk. En beiden hebben natuurlijk adviezen voor optimalisatie. Deze adviezen zijn deels verwerkt, dan wel onderbouwd waarom er andere keuzes zijn gemaakt in paragraaf 5.1.3.

Het prijspeil van de kostenraming is 1 januari 2024. Voor elk van de alternatieven kan met een betrouwbaarheidspercentage van 70% gesteld worden dat de probabilistische investeringsramingen per basisalternatief liggen:

- In een bandbreedte van € 9,8 tot € 17,9 miljard voor het basisalternatief Bundeling A6/A7/A32 (Mu-waarde € 13,8 miljard).
- In een bandbreedte van € 12,7 tot € 21,4 miljard voor het basisalternatief Afsluitdijk (Mu-waarde € 17,0 miljard).
- In een bandbreedte van € 5,9 tot € 10,5 miljard voor het Zuidelijk basisalternatief (Mu-waarde € 8,2 miljard).

Kenmerkende onderdelen ramingen per alternatief		
Bundeling	**Afsluitdijk**	**Zuidelijk**
Entree Groningen met boortunnel (variant via Hoendiep)	Entree Groningen en Leeuwarden via bestaand spoor.	Entree Groningen via bestaand spoor
Passage Natura 2000 Leekstermeer en Van Oordt's Mersken met aarden spoorbaan.	Passage Natura 2000 IJsselmeer met brug (35 km) en boortunnels bij spuisluizen (2x)	Passage Ketelmeer met zinktunnel
Passage Heerenveen met kruisingsstation.		Passage langs Natura 2000 Weerribben-Wieden en Drents-Friese Wold
Aquaduct Scharsterrijn		
Passage NNN Tsjûkemar (Tjeukemeer) met spoorviaduct		
Passage Ketelmeer met zinktunnel		

Tabel 3. Overzicht maatgevende kenmerken basisalternatieven gehanteerd voor de raming.



Figuur 3. Verdeling direct benoemde bouwkosten per alternatief.

0.6. Vergelijking alternatieven

In Tabel 4 zijn een aantal maatgevende kenmerken weergegeven op basis waarvan de alternatieven onderling vergeleken kunnen worden. In eerste instantie is uitgegaan van 200 km/u. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de verschillen met een snelheid van 160 en 300 km/u.

De beoordeling van de omgevingseffecten (natuur, water, bodem, archeologie, etc.) laat zien dat het Afsluitdijkalternatief de meest negatieve scores krijgt vanwege de benodigde hoeveelheid compensatie voor water en natuur, doorkruising van natuurgebieden en potentieel raakvlak met archeologische en monumentale waarden. De beoordeling van de omgevingseffecten is opgenomen in een apart achtergrondrapport. De bundeling met de Afsluitdijk en de doorsnijding van het Natura 2000-gebied IJsselmeer spelen daarin een belangrijke rol. Op het bestaand spoor tussen Groningen en Leeuwarden is de beperkte ruimte in dorpen een aandachtspunt. En bij hogere frequenties moeten maatregelen genomen worden rond overwegen. Dit wordt stand still genoemd; de veiligheid mag niet verslechteren.

Bij het Bundelingsalternatief vormt de landschappelijke inpassing een groot aandachtspunt, onder andere bij het kruisen van het Tsjûkemar (Tjeukemeer). De compensatieopgave voor NNN is bij dit alternatief relatief groot.

Bij het Zuidelijk alternatief heeft de doorsnijding met nieuwe infrastructuur door het ruilverkavelingslandschap in de Kop van Overijssel en het beekdallandschap Fryslân relatief veel impact. Dit alternatief loopt in verhouding meer over zandgronden en is vanuit water en bodem en kosten interessant. Een nieuwe spoorlijn bouwen op zandgronden is eenvoudiger en goedkoper in aanleg en onderhoud. Op andere delen kruist het ook natuurgebieden, maar over kortere afstand.

Voor alle alternatieven geldt dat er ook gebruik wordt gemaakt van bestaand spoor. Hier geldt dat de overwegveiligheid niet mag verslechteren (het stand still principe). Oftewel: er moet geïnvesteerd worden in onder andere ongelijkvloerse kruisingen op een aantal locaties (vanwege de hogere frequentie waarop treinen langs komen).

Kenmerken	Bundeling	Afsluitdijk	Zuidelijk
Lengte nieuw spoor (200 km/u)	123 km	84 km	98 km
Waarvan lage baan	67 km	35 km	76 km
Waarvan hoge baan	30 km	13 km	15 km
Waarvan kunstwerk	21 km	37 km	7 km
Lengte bestaand spoor	Leeuwarden-Heerenveen, 29 km, 140 km/u	Leeuwarden-Groningen, 54 km, 120/140 km/u	Assen-Groningen, 28 km, 140 km/u
Kruisingen weg/water/energie	90	62	102
Natuurgebieden • Compensatie NNN • Compensatie Natura 2000	 58-65 ha 17-20 ha	 24-28 ha 150-175 ha	 85-100 ha -
Percelen	850-950	500-600	700-800

Tabel 4. Overzicht maatgevende kenmerken basisalternatieven.

Relevante criteria beoordelingskader Lelylijn

De Lelylijn moet de bereikbaarheid van de Noordelijke regio's verbeteren en als snelle en rechtstreekse betrouwbare spoorverbinding tussen Noord-Nederland en de Randstad functioneren. De indicatoren in Tabel 5 moeten dit inzichtelijk maken (gebaseerd op de indicatorenlijst welke voor de afweging van de Lelylijn is opgesteld).

	Indicator	Score
Bereikbaarheid + snelle verbindingen	(Gemiddelde) reistijd tussen Noorden en de Randstad per OV/trein (reguliere intercity's)	• Bundelingsalternatief Groningen-Amsterdam Zuid 70 à 83 min. afhankelijk van variant Heerenveen (winst 36 à 49 min.) • Bundelingsalternatief Leeuwarden-Amsterdam Zuid 74 à 81 min. afhankelijk van variant Heerenveen (winst 40 à 47 min.) • Afsluitdijkalternatief Groningen-Amsterdam 107 min. (winst 17 min. Rijtijd Leeuwarden Amsterdam is 78 minuten (winst 47 min.) • Zuidelijk alternatief Groningen-Amsterdam 87 min. (winst van 32 min.). Rijtijd Leeuwarden-Amsterdam is 80 min. (winst 41 min.)
	Vervoerwaarde; aantal reizigers (ritten per gemiddelde werkdag);	Aantal treinritten op de Lelylijn variëren van 17.000 (Afsluitdijk) tot 52.000 per dag (Bundeling). Hiervan zijn er 7.000 tot 26.000 nieuwe treinritten per dag t.o.v. referentie (situatie zonder Lelylijn)
	Effecten op robuustheid en redundantie van het nationale spoornetwerk	Met de Lelylijn ontstaat een extra verbinding, waarmee in geval van storingen op bijvoorbeeld Zwolle-Meppel omreizen via de Hanzelijn-Lelystad-Lelylijn alternatieve reismogelijkheden biedt.
	Effecten op internationale (reistijd + robuustheid) verbinding(en)	Snelste rijtijd Groningen-Amsterdam Zuid is 70 minuten (via zuidelijke passage Heerenveen). Hier komt de rijtijd Groningen-Leer bij. Daarnaast is in dit onderzoek een tweede variant geschetst tussen Assen en Oldenburg. De loop van dit tracé, en daarmee de rijtijd, vragen nog nader onderzoek.
Omgevings-effecten	Natuur, landschap, geluid, trillingen	Het Afsluitdijkalternatief scoort het meest negatief vanwege de benodigde hoeveelheid compensatie voor Natura 2000 compensatie (doorsnijding IJsselmeer). Daarnaast zorgt dit alternatief voor extra treinen door de dorpen van de bestaande verbinding Leeuwarden-Groningen, waardoor geluid en trillingen zullen toenemen. Bij het Bundelingsalternatief vormt de landschappelijke inpassing een groot aandachtspunt, onder andere bij het kruisen van het Tsjûkemar en de Natura 2000-gebieden Van Oordt's Mersken en Leekstermeer. De compensatieopgave voor NNN is bij dit alternatief relatief groot. Bij de Bundelingsvarianten die door Heerenveen lopen, zal het aantal treinen en daarmee overlast door geluid en trillingen in Heerenveen toenemen. Bij het Zuidelijk alternatief heeft de doorsnijding met nieuwe infrastructuur door het ruilverkavelingslandschap in de Kop van Overijssel en beekdallandschap Fryslân relatief veel impact. In algemene zin geldt dat overal waar treinen door woonkernen rijden er omgevingseffecten op het gebied van trillingen en geluid optreden. Dit geldt in sterkere mate voor baanvakken op bestaand spoor.
Verkeers-veiligheid		Vervoerwaarde laat zien dat modal shift auto-OV minimaal is. Op nieuw spoor Lelylijn zijn geen overwegen, dus weg/rail-kruisingen zijn in principe veilig. Voor alle bestaand spoortrajecten in alle basisalternatieven moet bij hogere frequenties maatregelen genomen worden. Dit wordt stand still genoemd; de veiligheid mag niet verslechteren.

Tabel 5. Overzicht criteria beoordelingskader Lelylijn.

1

Opbouw rapport

1.1. Onderzoek Lelylijn-alternatieven

Het voorliggende rapport beschrijft de resultaten van het 'Onderzoek Lelylijn-alternatieven', zoals die is uitgevoerd als onderdeel van het MIRT-Onderzoek Lelylijn. Dit rapport brengt enerzijds de uitwerking en de kosten in beeld van elk van de drie onderzochte basisalternatieven. Anderzijds gaat het rapport in op de vervoerwaarde en exploitatie.

1.2. Structuur

De structuur van het rapport is weergegeven in Figuur 4. De eerste twee hoofdstukken vormen de inleiding van dit rapport. In **hoofdstuk 1** is de structuur van het rapport toegelicht.

Hoofdstuk 2 gaat in op de aanleiding van het 'Onderzoek Lelylijn-alternatieven'. Daarnaast beschrijft hoofdstuk 2 de doelen van het MIRT-Onderzoek, de aanpak die is gevolgd en een beschrijving van de onderzochte basisalternatieven die dienen als vertrekpunt.

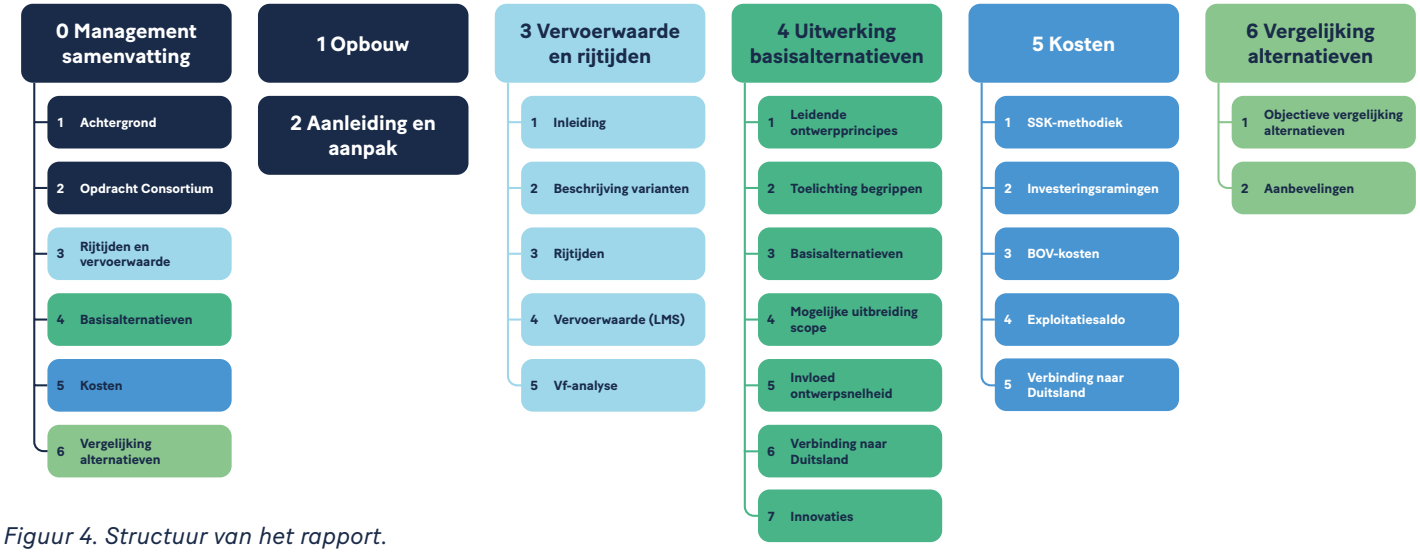
Hoofdstuk 3 gaat in op de vervoerwaarde en rijtijden van de gedefinieerde alternatieven voor stops (stations) en frequentie.

In **hoofdstuk 4** staat de uitwerking van de alternatieven centraal. Een aantal begrippen en werkwijzen worden nader uitgelegd, voordat de beschrijving volgt per basisalternatief. Ook wordt de invloed van de te rijden snelheid (160, 200 of 300 km/u) op uitwerking, ruimtelijke inpassing en (technische) systemen beschreven en wordt ingegaan op de verbinding naar Duitsland.

In **hoofdstuk 5** wordt ingegaan op de kostenraming voor de aanleg van de Lelylijn, de kosten voor het beheer- en onderhoud van de Lelylijn en op het exploitatiesaldo van deze nieuwe spoorlijn.

Hoofdstuk 6, tot slot, gaat in op de objectieve vergelijking van de opgehaalde informatie.

Het rapport beschrijft de uitkomsten van de verschillende (deel)onderzoeken. Detail- en achtergrondinformatie is terug te vinden in een aantal bijlagen (achtergrondrapporten voor uitwerking en kosten, omgevingseffecten vervoerwaarde, innovaties en verslaglegging van de georganiseerde ateliers).



Figuur 4. Structuur van het rapport.

2 Aanleiding en aanpak Onderzoek Lelylijn-alternatieven

2.1. Project Lelylijn

Rijk en regio hebben een MIRT-Onderzoek/NOVEX Lelylijn uitgevoerd[4]. Het onderzoek is gericht op de realisatie van de Lelylijn als backbone van de ontwikkeling van Noordelijk Nederland om te komen tot vergroting van Brede Welvaart in Noord-Nederland, economische structuurversterking, de verstedelijkingsopgave en de verbetering van de bereikbaarheid.

Het onderzoek naar de alternatieven voor de Lelylijn, onderwerp van dit rapport, vraagt om de uitwerking van drie basisalternatieven, kostenramingen en vervoerwaarde om op basis daarvan te komen tot beslisinformatie die eind 2024 betrokken wordt om in het BO-MIRT te besluiten over het al dan niet starten van de MIRT-Verkenning[5].

2.2. Opgaven Onderzoek Lelylijn-alternatieven

In de ontwerpsessies in het voorjaar van 2023 heeft een inventarisatie van de hoeken van het speelveld plaatsgevonden als allereerste stap van de MIRT voorbereidingsfase. In het huidige onderzoek worden drie basisalternatieven uitgewerkt. De opgaven van het Onderzoek Lelylijn-alternatieven betreffen in ieder geval:

1. Het berekenen van de vervoerwaarde die passen bij 3 basisalternatieven die de hoeken van het speelveld duiden, inclusief daarbij behorende exploitatie;
2. Ontwerp en raming van infrastructuur van Randstad tot aan Groningen/Leeuwarden met doorkijk naar de Duitse grens (knoop Oldenburg), modulair opgebouwd met daarin verschillende bouwstenen bij ontwerpuitdagingen;
3. Onderzoek/inzicht in innovaties op het spoor en de mogelijke kansen ten aanzien van dienstregelingsconcepten en het beperken van de kosten van infrastructuur en exploitatie.
4. Het aanleveren van informatie voor het betrekken van een breed stakeholderveld en brede participatie. De participatie wordt mede vormgegeven met het Projectteam Lelylijn.
5. Afstemming binnen het MIRT-Onderzoek met de andere trajecten (NOVEX, Omgevingsmanagement etcetera).

De uitkomsten van het onderzoek worden ook gepresenteerd op de website www.delelylijn.nl.

Het doel van het MIRT-Onderzoek is niet om één alternatief te kiezen, maar om de hoeken van het speelveld te bekijken: wat levert een Lelylijn op qua vervoerwaarde, wat draagt een Lelylijn bij aan de brede welvaart en wat kost de mogelijke lijn op hoofdlijnen? In de werkwijze van het MIRT is het belangrijk dat er breed onderzocht wordt. Op basis van de uitkomsten van de ontwerpsessies in het voorjaar van 2023 zijn een drietal basisalternatieven gedefinieerd die het speelveld afdekken: een noordelijk alternatief over de Afsluitdijk, een midden tracé gebundeld langs de snelwegen A6/A7/A32 (Bundelingsbasisalternatief) en een Zuidelijk basisalternatief. Er zijn tussen en binnen deze onderzochte basisalternatieven nog vele variaties mogelijk. Als er besloten wordt tot een MIRT-Verkenning zal in die fase ook naar deze variaties gekeken worden.

4 Afsprakenlijst, bijlage bij uitkomsten Bestuurlijke Overleggen MIRT 2022, Kamerstuk 36 200 A, nr. 9.

5 Zie (geactualiseerde) Spelregels van het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT) Kamerstuk 36 200 A, nr. 4.

2.3. Doelstellingen Lelylijn

Uitgangspunt voor het Onderzoek Lelylijn-alternatieven zijn de (brede welvaarts-) projectdoelstellingen en randvoorwaarden die zijn vastgesteld:

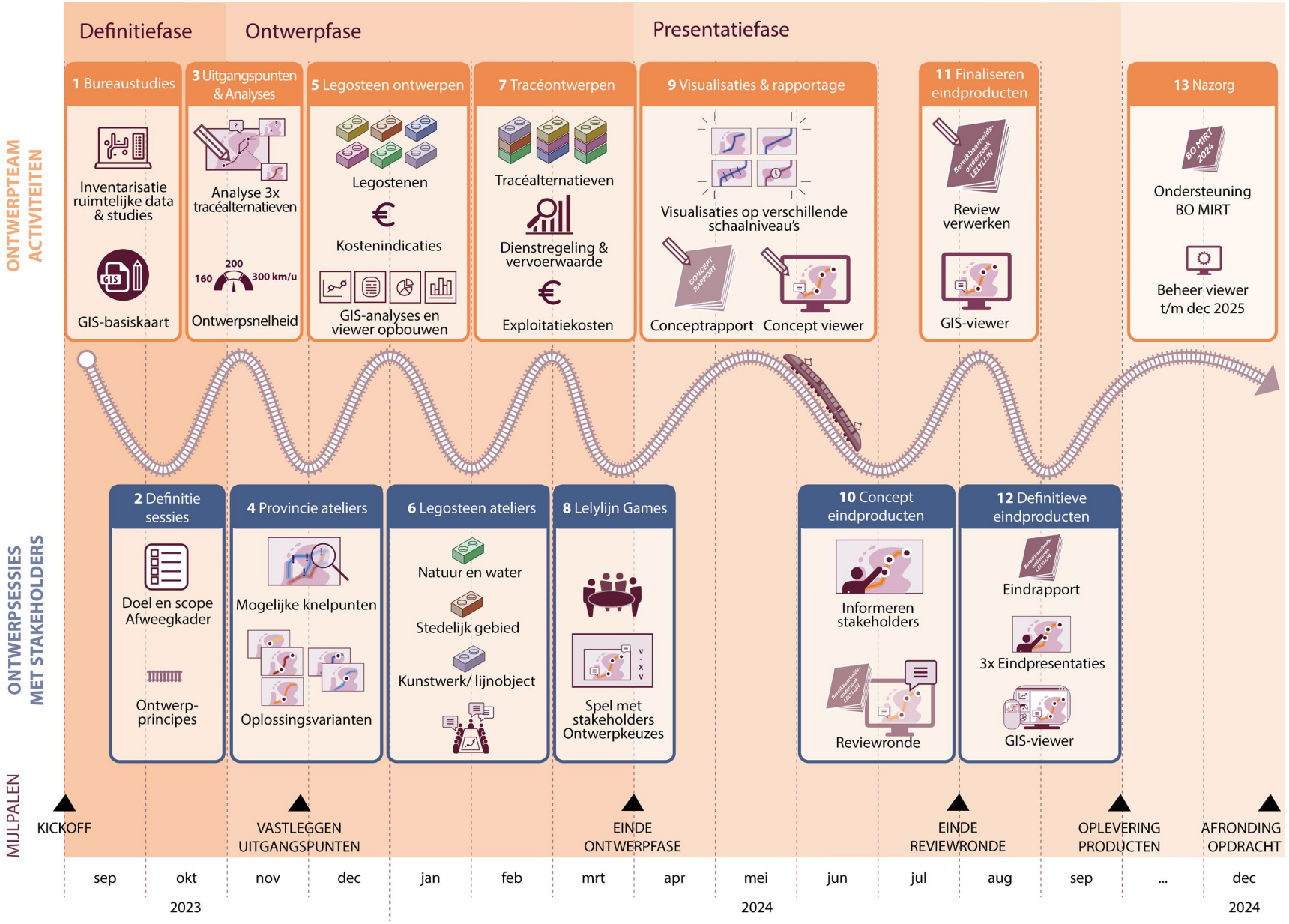
- De Lelylijn vormt de backbone van de versterking van de economie van het Noorden;
- Een Lelylijn biedt een snelle en rechtstreekse betrouwbare spoorverbinding tussen Noordelijk Nederland en de Randstad (Groningen/ Leeuwarden – Lelystad), waarbij de bereikbaarheid in de Noordelijke regio's verbetert en een betere verbinding met Duitsland mogelijk wordt gemaakt;
- Betere ontsluiting van de huidige woningbouw en verwachte groei van de woningbouw die gepaard kan gaan met realisatie van de Lelylijn;
- De Lelylijn draagt bij aan het dichter bij elkaar brengen van de regio's in Nederland;
- De Lelylijn draagt bij aan het bevorderen van een duurzame vervoerswijze en daarmee de klimaatdoelen.

Naast de aangescherpte doelen gelden er een aantal randvoorwaarden/ uitgangspunten die ook worden meegenomen:

- Het project Lelylijn houdt rekening met een optimale natuurinpassing van de Lelylijn;
- Het behouden van voldoende rust en open ruimte bij de aanleg van de Lelylijn.

2.4. Aanpak Onderzoek Lelylijn-alternatieven

In de aanpak van het Onderzoek van de alternatieven van de Lelylijn zijn activiteiten in het consortium afgewisseld met interactieve ateliersessies met stakeholders. Hierdoor is tijdig de benodigde (lokale en regionale) kennis gegenereerd en heeft er hoor en wederhoor met de diverse stakeholders plaatsgevonden. Ook de voor deze fase relevante opmerkingen uit de 'Participatieve Waarde Evaluatie' zijn hierin betrokken. De aanpak vormde een iteratief proces waarin we van grof naar fijn zijn gegaan, tegelijk van meer verkennend naar meer concretiserend. In Figuur 5 is het proces visueel weergeven, waarbij de blauwe onderdelen de processtappen met stakeholders betreffen.



Figuur 5. Processtappen in het Onderzoek Lelylijn-alternatieven.

2.5. Drie Basisalternatieven als vertrekpunt

Het resultaat van het traject in het voorjaar van 2023 waren 5 basisalternatieven, die eerder ook zijn gedeeld met de Tweede Kamer[6] (zie Figuur 6):

- Het Basisalternatief 1 – *Bundeling A6/A7/A32;*
- Het Basisalternatief 2 – *0+ alternatief, opwaardering huidig spoor;*
- Het Basisalternatief 3 – *Afsluitdijk*;
- Het Basisalternatief 4 – *Via Assen naar Groningen*;
- Het Basisalternatief 5 – *Via Enkhuizen door het IJsselmeer* (in de besluitvorming is dit uiteindelijk opgedeeld in 2 varianten).

Vanuit de MIRT-systematiek is het belangrijk dat de alternatieven de reikwijdte van de oplossingen weergeven (randen van het speelveld); zowel geografisch als qua karakteristieken. De verschillende basisalternatieven dienen daarom voldoende onderscheidend van elkaar te zijn. In de basisalternatieven zijn de 'hoeken van het speelveld' afgedekt.

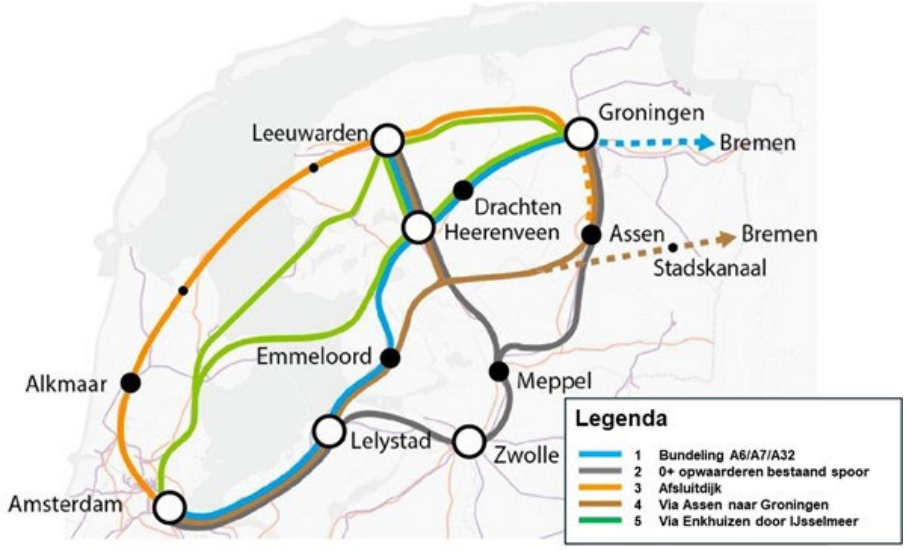
Met het voorgaande in het achterhoofd zijn we uitgekomen op het onderzoeken van het Bundelingsalternatief (de werkhypothese van het NOVEX-traject) en een Zuidelijk alternatief, omdat deze twee alternatieven voldoen aan de bestuurlijke opdracht uit het BO MIRT 2022 om Noordelijk Nederland met Lelystad te verbinden. Als derde alternatief komen we op het Afsluitdijkalternatief omdat dit alternatief zich onderscheidt van de andere alternatieven (in ligging maar ook in karakteristieken) en dit alternatief relevante inzichten kan geven die andere varianten niet geven.

Een ander alternatief, Verbeteren bestaand spoor, wordt binnen het Deltaplan Noordelijk Nederland verder uitgewerkt. Het projectteam van de Lelylijn is hierbij op meerdere manieren aangehaakt.

6 Ontwerpsessies Lelylijn, rapport, bijlage bij uitkomsten Bestuurlijke Overleggen MIRT 2023, Kamerstuk 36410-A, nr. 16.

Beide IJsselmeeralternatieven vallen nu niet af, maar worden 'geparkeerd' voor de Verkenningfase. Met het onderzoeken van de 3 basisalternatieven is de verwachting dat een duidelijk beeld van de kosten en opbrengsten gegeven kan worden. Dat is de informatie die in deze MIRT-Onderzoeksfase nu van belang is.

Resumerend werken we in dit Onderzoek Lelylijn-alternatieven nu drie van de vijf basisalternatieven verder uit. Het gaat om basisalternatief 1, 3 en 4. Deze drie alternatieven geven de uiterste hoeken van het speelveld weer en worden in de volgende subparagrafen kort samengevat. In hoofdstuk 4 is een uitgebreidere beschrijving opgenomen, inclusief een gedetailleerde beschrijving van de basisalternatieven en variaties binnen deze alternatieven.



Figuur 6. Schets van de 5 basisalternatieven.

Vertrekpunt onderzoek
Alle in dit rapport beschreven resultaten, zoals vervoerwaarde en uitwerking van de basisalternatieven zijn gebaseerd op een snelheid van 200 km/u op nieuw aan te leggen spoor. In hoofdstuk 4 wordt apart aandacht geschonken aan de consequenties van 160 km/u respectievelijk 300 km/u voor ontwerp. In deze fase van het MIRT-Onderzoek worden geen keuzes gemaakt. De ramingen zijn gebaseerd op een plausibele en maakbare versie van elk basisalternatief van de Lelylijn. In de volgende fase worden alle aspecten meer in detail onderzocht en dan wordt toegewerkt naar een voorkeursalternatief. In de adviezen richting de Verkenningsfase zullen de inzichten rond de alternatieven meegenomen worden.

2.5.1. Bundeling A7/A6/A32 (werkhypothese NOVEX)

Dit basisalternatief van de Lelylijn takt in Lelystad aan op de Flevolijn, de bestaande spoorlijn van Amsterdam tot Lelystad. Er zijn nog verschillende varianten in beeld (zie Figuur 7). Vanaf Lelystad kan gekozen worden voor een meer strakke bundeling met de A6 en A7 tussen Lelystad en Groningen, en met de A32 vanaf Heerenveen naar Leeuwarden. Dit basisalternatief wordt door het NOVEX-onderzoek als werkhypothese gebruikt. Ook een minder strakke bundeling is mogelijk (verder weg van de A6 en A7). Voor de verbinding met Leeuwarden wordt uitgegaan van een aansluiting op de Lelylijn via een verbindingsboog bij Heerenveen op de spoorlijn Meppel-Leeuwarden.



Figuur 7. Basisalternatief Bundeling A7/A6/A32.

2.5.2. Via Afsluitdijk en Leeuwarden naar het Noorden

Dit basisalternatief (zie Figuur 8) kenmerkt zich door de ligging via Noord-Holland en tracering via de Afsluitdijk naar Leeuwarden en naar Groningen. Tussen Amsterdam en Alkmaar wordt gebruik gemaakt van het bestaande spoor (Zaanlijn); dit geldt ook voor het traject tussen Leeuwarden en Groningen. Een variant hierbij is uit te gaan van een nieuwe verbinding langs de N31 en de A7.

Vooral in Noord-Holland en tussen de Afsluitdijk en Leeuwarden wordt het landschap doorsneden als gevolg van de aanleg van een nieuwe spoorlijn. Het bundelen met bestaande infrastructuur is hier niet mogelijk. Met name in het deel ten westen van Leeuwarden is nog veel variatie mogelijk.



Figuur 8. Basisalternatief Via Leeuwarden en Afsluitdijk naar Randstad.

2.5.3. Via Assen naar Groningen

Dit basisalternatief (zie Figuur 9) kenmerkt zich door de relatief zuidelijke ligging. Vanaf Lelystad tot aan Emmeloord maakt dit basisalternatief gebruik van het tracé van het Bundelingsalternatief. Na Emmeloord gaat de lijn naar het oosten in de richting van Assen. Omdat er hier niet gebundeld kan worden met bestaande infrastructuur, is nieuw spoor en daarmee een nieuwe doorsnijding van het landschap nodig. Hierbij zijn meerdere varianten onderzocht, via zowel een meer noordelijke als een meer zuidelijke ligging (noordelijk en zuidelijk van Drents Friese Wold). In de buurt van Assen sluit de lijn aan op de spoorlijn Meppel-Groningen. Daar waar het Zuidelijk alternatief de spoorlijn Meppel – Leeuwarden kruist is een boog voorzien naar Heerenveen/Leeuwarden.



Figuur 9. Basisalternatief Via Assen naar Groningen.

2.6. De stap naar uitwerking van de basisalternatieven

De drie basisalternatieven, waarvan de inschatting is dat daarmee het speelveld van de te onderzoeken alternatieven gedekt wordt, markeren het vertrekpunt voor verdere uitwerking in dit Onderzoek Lelylijn-alternatieven. In de volgende hoofdstukken staat deze uitwerking centraal:

- Er zijn verschillende vervoersconcepten (dienstregeling) ontwikkeld met verschillende stops en frequenties (varianten) die passen bij de drie basisalternatieven die de hoeken van het speelveld duiden. Deze zijn doorgerekend met het Landelijk ModelSysteem (LMS) om hiermee de vervoerwaarde, inclusief exploitatiesaldo, te bepalen.
- Er zijn uitwerkingen van de basisalternatieven gemaakt, waarbij in overleg met de stakeholders de drie basisalternatieven verder zijn verfijnd en vooraf ontwerpprincipes zijn gedefinieerd. Ook is specifiek ingezoomd op een aantal inpassingsuitdagingen. Dit resulteert in een uitwerking van het basisalternatief en een kostenraming van de infrastructuur van Randstad tot aan Groningen/Leeuwarden met doorkijk naar de Duitse grens (knoop Oldenburg), die modulair is opgebouwd en waarbij verschillende bouwstenen bij de ontwerpuitdagingen bekeken zijn.
- Er is onderzoek verricht en inzicht verkregen in innovaties op het spoor en de mogelijke kansen die de innovaties bieden ten aanzien van dienstregelingsconcepten en het beperken van de kosten van infrastructuur en exploitatie.
- Er is voor de uitgewerkte basisalternatieven ingezoomd op de omgevingseffecten (geluid, trillingen, natuur, bodem en water).
- De verschillende basisalternatieven worden objectief vergeleken.

De hoofdstukken hierna geven de hoofdlijnen van het Onderzoek Lelylijn-alternatieven weer. In diverse achtergrondbijlages is uitgebreidere en verdiepende detailinformatie opgenomen.

3

Vervoerwaarde en rijtijden Lelylijn

Voor de drie basisalternatieven zijn verschillende combinaties van stops en frequenties (varianten) gedefinieerd welke de basis vormen voor de doorrekening van de rijtijden en de bepaling van de vervoerwaarde. De vervoerwaarde-uitkomsten worden gebruikt om enerzijds de toegevoegde waarde van de Lelylijn ten opzichte van de situatie zonder Lelylijn te analyseren en te bepalen hoeveel plaatsen, inwoners en arbeidsplaatsen kunnen worden bereikt binnen 45 minuten enkele reis wanneer gebruik wordt gemaakt van de Lelylijn als hoofdmodaliteit. De vervoerwaarde-uitkomsten zijn ook gebruikt voor het berekenen van het exploitatiesaldo in hoofdstuk 5.

3.1. Inleiding

Deze fase van het onderzoek naar de Lelylijn heeft een inventariserende insteek. Het onderzoek heeft als doel de randen van het speelveld voor een Lelylijn te verkennen. Daarom zoekt deze fase nadrukkelijk (ook) de extremen op om gevoel voor de bal te krijgen. Deze hoog-over benadering kent uitdagingen voor het doen van een vervoerwaardestudie. Het Landelijk Model Systeem (LMS = het vervoersmodel) heeft input nodig om resultaten uit te krijgen. Deze input is over het algemeen gedetailleerder dan het abstractieniveau van dit Onderzoek Lelylijn-alternatieven. Om tot resultaten over de vervoerwaarde te kunnen komen, is het onvermijdelijk om een aantal zaken en hypotheses verder uit te werken dan dat gebruikelijk is in deze onderzoeksfase. Zo is in deze fase het maken van een volledige dienstregeling niet passend, maar heeft het LMS wel schema's van rij- en halteertijden van treinen nodig.

Daarom volgen hieronder een aantal vertrekpunten die binnen de vervoerwaardestudie van het Onderzoek Lelylijn-alternatieven genomen zijn. Dit zijn nadrukkelijk geen keuzes die het vervolg van Lelylijn-onderzoeken bepalen. De vertrekpunten zijn enkel genomen omdat er input nodig is voor het doen van een vervoerwaardestudie. De uitgebreide toelichting op de gehanteerde uitgangspunten in relatie tot de vervoerwaarde en rijtijden staat beschreven in het "Achtergrondrapport Vervoerswaardestudie":

Vertrekpunten vervoerwaarde Onderzoek Lelylijn-alternatieven:

- **Geen wijzigingen in landelijke dienstregeling.** Na aanleg ligt de Lelylijn vervlochten in de nationale dienstregeling. Intercity's en stoptreinen uit verschillende landsdelen gaan anders rijden, wat wijzigingen in de bestaande dienstregeling op andere delen van spoornetwerk noodzakelijk maakt. In deze fase van het onderzoek zijn er modelmatig nog geen wijzigingen in de landelijke dienstregeling gedaan. Het ontwikkelen van een volledig passende en realistische dienstregeling is voorbehouden voor de vervolgfase(n). De 6basis-dienstregeling van 2030[7] is als uitgangspunt genomen, waar bovenop stoptreinen en intercity's zijn toegevoegd. Vaak was dit mogelijk door eindigende treinen in bijvoorbeeld Lelystad, Almere en Alkmaar te verlengen over de Lelylijn naar Leeuwarden of Groningen. Daarmee zijn bestaande overstaprelaties (die voor het berekenen van vervoerwaarden relevant zijn) intact gebleven. Door deze keuze is de dienstregeling tussen Leeuwarden/Groningen-Zwolle niet gewijzigd t.o.v. de 6basis-dienstregeling.
- **Rijtijden zonder marge/speling.** Belangrijk om te benadrukken is dat deze studie de rijtijden van nieuwe spoortrajecten beschouwt zonder speling of marge. Dit betekent dat treinen technisch in staat zijn om de afstanden tussen stations in deze rijtijden af te leggen, maar dat er hierbij sprake is van een ideale situatie. Er is enerzijds gekozen voor kale rijtijden vanwege de vroege fase van het onderzoek en anderzijds de tijdshorizon van de Lelylijn (en de eventuele invloed van innovaties). Wanneer er in vervolgfase(n) een realistische dienstregeling nader wordt uitgewerkt, kent deze naar verwachting beperkt langere reistijden bij dezelfde maximumsnelheid. Dit omdat vervoerders/beheerders over het algemeen marge/buffer (ca. 4 tot 10%) incalculeren in een dienstregeling om (kleine) vertragingen en inefficiëntie in te kunnen lopen. In vervolgfasen dient daar rekening mee te worden gehouden. Daarnaast kan dan ook onderzocht worden of een hogere snelheid een mogelijk betere keuze is. Wel was het noodzakelijk om rijtijden in secondes naar hele minuten naar boven af te ronden.

7 De 6basis-dienstregeling van 2030 omvat een voorgestelde landelijke dienstregeling die naar verwachting vanaf 2030 gereden kan worden. Zie hiervoor ook de IMA 2021 (Integrale Mobiliteitsanalyse) – Bijlage 3: Deelrapport Spoor en BTM – Bijlage A.

- **200km/u op nieuw spoor, huidige snelheden op bestaand spoor.** Om voor de verschillende alternatieven een goed vergelijk te kunnen maken is in alle drie basisalternatieven voor de vervoerwaardestudie uitgegaan van een baanvaksnelheid van 200km/u op nieuwe spoortrajecten. Het uitgangspunt om op bepaalde trajecten gebruik te maken van bestaand spoor heeft als gevolg dat treinen lagere snelheden op deze trajecten rijden. In deze studie is daarom op het bestaande spoor de huidige maximale snelheid als uitgangspunt genomen (veelal 130km/u/140km/u).
- **Intercity Nieuwe Generatie (ICNG) als basis voor alle treinen op de Lelylijn.** Vanwege het uitgangspunt om in alle drie basisalternatieven 200km/u als snelheid te nemen is de materieelkeuze beperkt. Er is op dit moment geen stoptreinmaterieel dat deze snelheid kan halen en ook (dubbeldeks) intercitymaterieel is beperkt (of niet beschikbaar). Daarom is er gekozen om voor zowel intercity als stoptrein uit te gaan van de ICNG (Intercity Nieuwe Generatie), die een maximale dienstsnelheid heeft van 200km/u. Dit is voor met name de stoptreinen in werkelijkheid geen reële keuze, maar ten behoeve van het benodigde inzicht in deze fase is dat een geschikte aanname. Hiermee zijn de rijtijden op nieuwe stukken spoor gesimuleerd. Voor het bestaande spoor zijn de reistijden uit de 6basis-dienstregeling van 2030 als uitgangspunt genomen. Deze zijn reistijden niet gesimuleerd met de ICNG en hebben dus iets andere karakteristieken omdat deze zijn gebaseerd op ander materieel. Ook hierin zit een discrepantie die voor deze fase van het onderzoek als acceptabel wordt gezien.
- **Kruisingen/inhalingen op (bestaand) spoor accepteren.** Binnen de vervoerwaardestudie zijn inhalingen/kruisingen op bestaande spoortrajecten als een gegeven beschouwd en niet opgelost. Dit omdat in het eerdere uitgangspunt gekozen is de landelijke dienstregeling (nog) niet aan te passen in deze fase. Daarmee zijn de treinen die toegevoegd worden als gevolg van de Lelylijn niet overal ingepast op het spoor (zoals gebruikelijk is in een dienstregeling). Dit is iets voor de vervolgfase van het onderzoek.
- **Halteercapaciteit extra treinen op bestaande stations is voldoende.** Binnen de vervoerwaardestudie is niet uitgebreid gekeken naar spooropstellingen op bestaande stations. Bij het maken van een dienstregeling kijkt men naar spooropstellingen van stations om te bepalen of er voldoende ruimte is om treinen te laten halteren. In deze vervoerwaardestudie is verondersteld dat er ruimte is voor extra halteringen op bestaande stations (zoals Alkmaar, Groningen, Leeuwarden, Heerenveen), ongeacht de fysieke of ruimtelijke inpasbaarheid.
- **Beperkt onderliggend busnetwerk in vervoersmodel.** Het onderliggende busnetwerk vormt naar verwachting een voedingsbodem voor reizigers met de Lelylijn. Het is voor plaatsen op enige afstand van een station naar verwachting een belangrijke vorm van voor- of natransport. In deze vroege fase van het onderzoek is het onderliggende busnetwerk waarmee het model de vervoerwaarde uitrekent niet geoptimaliseerd op de toevoeging van Lelylijn. Stations hebben in het model wel een verbinding met het busnetwerk – op basis van een link met de dichtstbijzijnde bushalte. Er zijn echter geen nieuwe buslijnen toegevoegd of wijzigingen gemaakt in de dienstregeling voor de bus. Hierdoor is mogelijk sprake van een onderschatting van de vervoerwaarde op nieuwe stations en daarmee de Lelylijn als geheel. Bij de berekeningen in het model is uitgegaan van het huidige busnetwerk. Er is nu nog niet gekeken naar aanpassingen aan het onderliggende busnetwerken om de aansluitingen te optimaliseren.
- **Woningaantallen NOVEX niet meegenomen in vervoersmodel.** Parallel aan het Onderzoek Lelylijn-alternatieven is ook uitwisseling geweest met het onderzoek van het NOVEX-gebied Lelylijn. In het NOVEX-traject zijn verscheidene denkrichtingen met extra woningbouwaantallen opgenomen die niet in de prognoses van het vervoermodel staan. De aantallen zijn niet opgenomen om de vergelijkbaarheid tussen de drie basisalternatieven te waarborgen. Dit heeft echter wel als gevolg dat – wanneer deze woningbouwopgaven nabij de Lelylijn worden gerealiseerd – de vervoerwaarde van de Lelylijn in één of meerdere basisalternatieven hoger kan uitvallen. Daarom is door het projectteam Lelylijn hierop wel een aanvullende gevoeligheidsanalyse gedaan. Dit is verwerkt in het eindrapport van het Project Lelylijn.

Met deze vertrekpunten in ogenschouw nemend, is er in deze onderzoeksfase op hoog-over-niveau inzicht in rijtijden en vervoerwaardes van de basisalternatieven van de Lelylijn. In de vervolgfase(n) kunnen vervoerwaarderesultaten verfijnder worden uitgewerkt.

3.2. Beschrijving varianten

Voor de 3 basisalternatieven zijn verschillende combinaties van stops en frequenties (varianten) uitgewerkt die input vormen voor de vervoerwaardeberekeningen. Voor de vergelijkbaarheid heeft elk basisalternatief een frequentie van 4x per uur. Daarnaast is voor het Bundelingsalternatief meer variatie in frequenties toegepast, om de randen van het speelveld te verkennen. Er is gekozen om dit voor het Bundelingsalternatief te doen omdat dit alternatief meer (grotere) plaatsen aandoet en dit alternatief de werkhypothese voor het NOVEX-onderzoek is:

- Voor het basisalternatief Bundeling A6/A7/A32 (werkhypothese NOVEX) zijn drie mogelijke combinaties van stops en frequenties ontwikkeld en doorgerekend (2x, 4x en 8x per uur per richting naar zowel Leeuwarden als Groningen). Dit betekent dat bijvoorbeeld bij de 2x-per-uur-variant twee treinen per uur de tak naar Leeuwarden rijden en twee treinen per uur de tak naar Groningen. De 4x-per-uur-variant komt overeen met de frequentie voor de andere alternatieven. De frequenties van 2x- en 8x per uur zijn twee extremere varianten om de hoeken van het speelveld te verkennen.
- Voor het basisalternatief Afsluitdijk is één mogelijke combinatie van stops en frequenties ontwikkeld en doorgerekend (4x per uur per richting);
- Voor het basisalternatief via Assen naar Groningen (Zuidelijk alternatief) is één mogelijke combinatie van stops en frequenties ontwikkeld en doorgerekend (4x per uur per richting per tak).

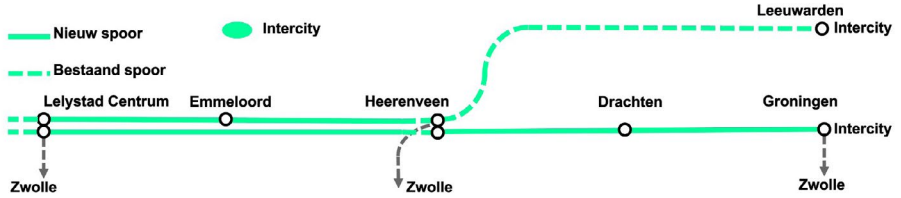
In het Vervoerwaarde-achtergrondrapport zijn de landelijke overzichtskaarten van de verschillende stops en frequenties opgenomen. Hier is ook inzichtelijk gemaakt hoe stoptreinen en intercity's verder rijden voor/na Lelystad/Almere/Amsterdam Zuid. Voor de meeste intercity's geldt dat deze via Amsterdam Zuid doorrijden naar Schiphol en Rotterdam Centraal en v.v. De meeste stoptreinen rijden door naar Amsterdam Centraal en v.v. De treinen over de Afsluitdijkvariant sluiten in Alkmaar/Schagen aan op treinen naar Amsterdam Centraal en Eindhoven Centraal.

Alternatief Bundeling A6/A7/A32 – 2x/4x/8x

In Tabel 6 zijn de kenmerken beschreven van het Bundelingsalternatief A6/A7/A32 – 2x per uur. Hierbij gaat het om tweemaal per uur per richting een trein op de tak naar Groningen én tweemaal per uur per richting een trein op de tak naar Leeuwarden. In Figuur 10 is het Bundelingsalternatief A6/A7/A32 – 2x per uur stilistisch weergegeven.

Basisalternatief	Bundeling A6/A7/A32 – 2x
Frequentie (treinen p/u)	2x (2x intercity) per tak
Nieuw spoor	Lelystad Centrum - Heerenveen - Drachten - Groningen (met gebruik huidige station Heerenveen/S-curve)
Bestaand spoor	Amsterdam – Lelystad Centrum, Heerenveen-Leeuwarden
Nieuwe stations	Emmeloord, Drachten

Tabel 6. Beschrijving frequentie, spoorgebruik en stops van Bundeling A6/A7/A32 – 2x per uur.

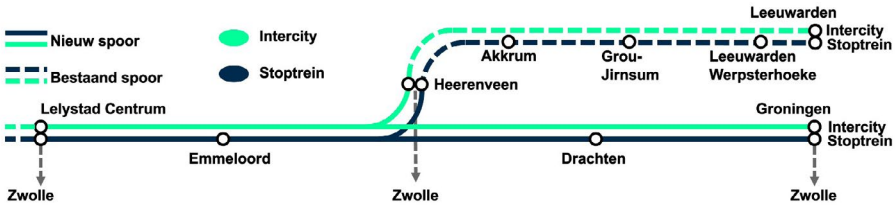


Figuur 10. Stilistische weergave van de treintypen van Bundeling A6/A7/A32 – 2x per uur.

In Tabel 7 zijn de kenmerken beschreven van het Bundelingsalternatief A6/A7/A32 – 4x per uur. Hierbij gaat het om viermaal per uur per richting een trein op de tak naar Groningen én viermaal per uur per richting een trein op de tak naar Leeuwarden. In Figuur 11 is het Bundelingsalternatief A6/A7/A32 – 4x per uur stilistisch weergegeven. Door de zuidelijke ligging langs Heerenveen is Heerenveen niet rechtstreeks verbonden met Drachten en Groningen.

Basisalternatief	Bundeling A6/A7/A32 – 4x
Frequentie (treinen p/u)	4x (2x intercity/2x stoptrein) per tak
Nieuw spoor	Lelystad Centrum - Drachten - Groningen (zuidelijke passage Heerenveen + boog bestaand spoor Leeuwarden v.v.)
Bestaand spoor	Amsterdam – Lelystad Centrum, Heerenveen-Leeuwarden
Nieuwe stations	Emmeloord, Drachten

Tabel 7. Beschrijving frequentie, spoorgebruik en stops van Bundeling A6/A7/A32 – 4x per uur.

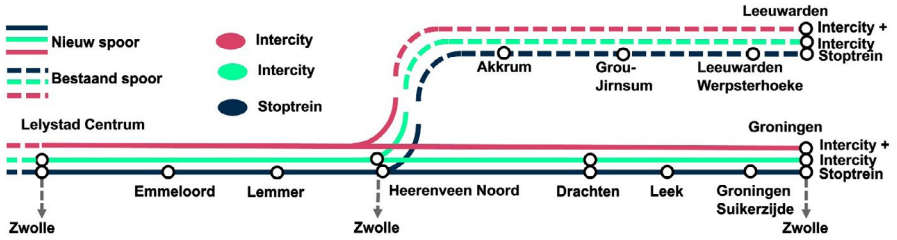


Figuur 11. Stilistische weergave van de treintypen van Bundeling A6/A7/A32 – 4x per uur.

In Tabel 8 zijn de kenmerken beschreven van het Bundelingsalternatief A6/A7/A32 – 8x per uur. Hierbij gaat het om achtmaal per uur per richting een trein op de tak naar Groningen én achtmaal per uur per richting een trein op de tak naar Leeuwarden. In Figuur 12 is het Bundelingsalternatief A6/A7/A32 – 8x per uur stilistisch weergegeven.

Basisalternatief	Bundeling A6/A7/A32 – 8x
Frequentie (treinen p/u)	8x (2x intercity +/2x intercity/4x stoptrein) per tak
Nieuw spoor	Lelystad Centrum - Lemmer - Heerenveen Noord - Drachten - Groningen (Passage Heerenveen langs A7 met station Heerenveen Noord + boog bestaand spoor Leeuwarden v.v.)
Bestaand spoor	Amsterdam – Lelystad Centrum, Heerenveen-Leeuwarden
Nieuwe stations	Emmeloord, Lemmer, Heerenveen Noord, Drachten, Leek, Groningen Suikezijde

Tabel 8. Beschrijving frequentie, spoorgebruik en stops van Bundeling A6/A7/A32 – 8x per uur.



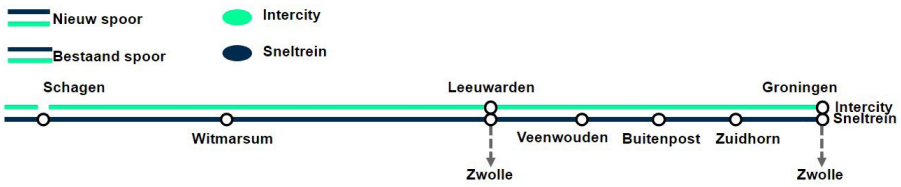
Figuur 12. Stilistische weergave van de treintypen van Bundeling A6/A7/A32 – 8x per uur.

Alternatief Afsluitdijk – 4x

In Tabel 9 zijn de kenmerken beschreven van het alternatief via de Afsluitdijk (4x per uur). In Figuur 13 is het Afsluitdijk – 4x per uur stilistisch weergegeven.

Basisalternatief	Afsluitdijkalternatief – 4x
Frequentie (treinen p/u)	4x (2x intercity/2x sneltrein)
Nieuw spoor	Schagen - Leeuwarden
Bestaand spoor	Amsterdam-Alkmaar-Schagen en Leeuwarden-Groningen
Nieuwe stations	Witmarsum (Sneltrein)

Tabel 9. Beschrijving frequentie, spoorgebruik en stops van Afsluitdijk – 4x per uur.



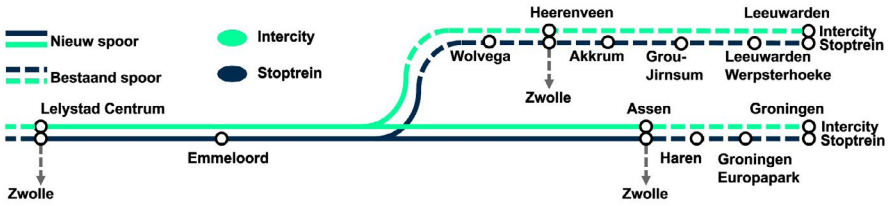
Figuur 13. Stilistische weergave van Afsluitdijk – 4x per uur.

Alternatief via Assen naar Groningen (Zuidelijk) – 4x

In Tabel 10 zijn de kenmerken beschreven van het alternatief Zuidelijk via Assen (4x per uur). Hierbij gaat het om viermaal per uur per richting een trein op de tak naar Groningen én viermaal per uur per richting een trein op de tak naar Leeuwarden. In Figuur 14 is het Zuidelijk alternatief – 4x per uur stilistisch weergegeven.

Basisalternatief	Via Assen naar Groningen (Zuidelijk) – 4x
Frequentie (treinen p/u)	4x (2x intercity/2x stoptrein) per tak
Nieuw spoor	Lelystad Centrum - Emmeloord - Assen (+ boog bestaand spoor Leeuwarden v.v.)
Bestaand spoor	Wolvega - Leeuwarden, Assen - Groningen
Nieuwe stations	Emmeloord

Tabel 10. Beschrijving frequentie, spoorgebruik en stops van Zuidelijk – 4x per uur.



Figuur 14. Stilistische weergave van Zuidelijk – 4x per uur.

3.3. Rijtijden

De gemaakte infrastructurele uitwerkingen voor de drie verschillende alternatieven voor de Lelylijn vormen in combinatie met geschetste varianten voor frequentie en stops de basis voor het berekenen van de rijtijden. Een rijtijd omvat de tijd waarin een trein (in het geval van deze studie een ICNG) technisch in staat is om een spoortracé af te leggen[8]. Zoals gesteld in de disclaimer is er op deze tijden nog geen marge/speling toegevoegd in deze fase van het onderzoek. Om voor de verschillende basisalternatieven een goed vergelijk te kunnen maken is in alle varianten uitgegaan van een baanvaksnelheid van 200km/u op nieuwe spoortrajecten. Door het uitgangspunt dat de verschillende basisvarianten deels gebruikmaken van bestaand spoor, zijn op deze baanvakken[9] de huidige maximale baanvaksnelheden (veelal 130km/u of 140km/u) als snelheid aangehouden.

Vanwege het uitgangspunt om 200km/u als snelheid te nemen zijn de materieelkeuzes beperkt. Daarom is er gekozen om voor zowel intercity als stoptrein uit te gaan van de ICNG (Intercity Nieuwe Generatie), die een maximale dienstsnelheid heeft van 200km/u. Dit is voor met name de stoptreinen in werkelijkheid geen reële keuze, maar voor het benodigde inzicht in deze fase is dat een geschikte aanname (zie ook). Belangrijk om te benadrukken is dat deze studie de rijtijden van nieuwe spoortrajecten beschouwt **zonder** buffer of marge. Wanneer er in vervolgfasen en in de uiteindelijke eindfase toegewerkt wordt naar een dienstregeling, kent deze naar verwachting (iets) langere reistijden bij dezelfde snelheid. Dit omdat vervoerders over het algemeen marge/buffer incalculeren in een dienstregeling om (kleine) vertragingen en inefficiëntie in te kunnen lopen.

Daar waar de varianten aansluiten op bestaand spoor (bijvoorbeeld bij Schagen, Heerenveen, Lelystad-Centrum of Assen) zijn waar mogelijk de reistijden tussen bestaande stations uit de 6basis-dienstregeling van 2030 gehanteerd. Dit omdat snelheden op het bestaande spoor in deze studie niet wijzigen. Op deze reistijden zit wel speling/buffer. Door deze reistijden uit de 6basis-dienstregeling op het bestaande spoor en de gesimuleerde rijtijden op nieuwe spoortrajecten te combineren, maakt deze studie de rijtijden van de verschillende basisalternatieven hoog over inzichtelijk. Hierbij is bij nieuwe stops steeds uitgegaan van 1 minuut halteertijd. Voor de lange-afstandsrelaties zijn telkens per variant de rijtijden Groningen-Amsterdam Zuid, Leeuwarden-Amsterdam Zuid en Assen-Amsterdam Zuid weergegeven. Bij de variant over de Afsluitdijk is telkens Amsterdam Centraal genomen. Daarnaast zijn Leeuwarden-Schiphol en Groningen-Rotterdam Centraal weergegeven om een beeld te schetsen van de (door) rijtijd naar deze bestemmingen. Achter de rijtijden staat telkens tussen haakjes de afname ten opzichte van de huidige reistijd.

Tenslotte geldt voor de huidige reistijden per trein en bus, waarmee in de volgende paragrafen een vergelijking wordt gemaakt, dat deze per tijdstip of rijrichting iets wisselen. In de spits is de busreistijd Groningen-Drachten of Emmeloord-Drachten bijvoorbeeld iets langer dan in het weekend of in de avonduren.

8 De rijtijden in deze studie zijn gesimuleerd met Xandra - een software-tool van Arcadis waarin bestaande- en nieuwe spoortracés met verschillende materieeltypen digitaal gesimuleerd kunnen worden om onder andere te komen tot rijtijden.

9 Een baanvak omvat het stuk spoor tussen twee stations of overige dienstregelingspunten (bijvoorbeeld splitsingen, bruggen, opstel- of rangeerterreinen).

Rijtijd

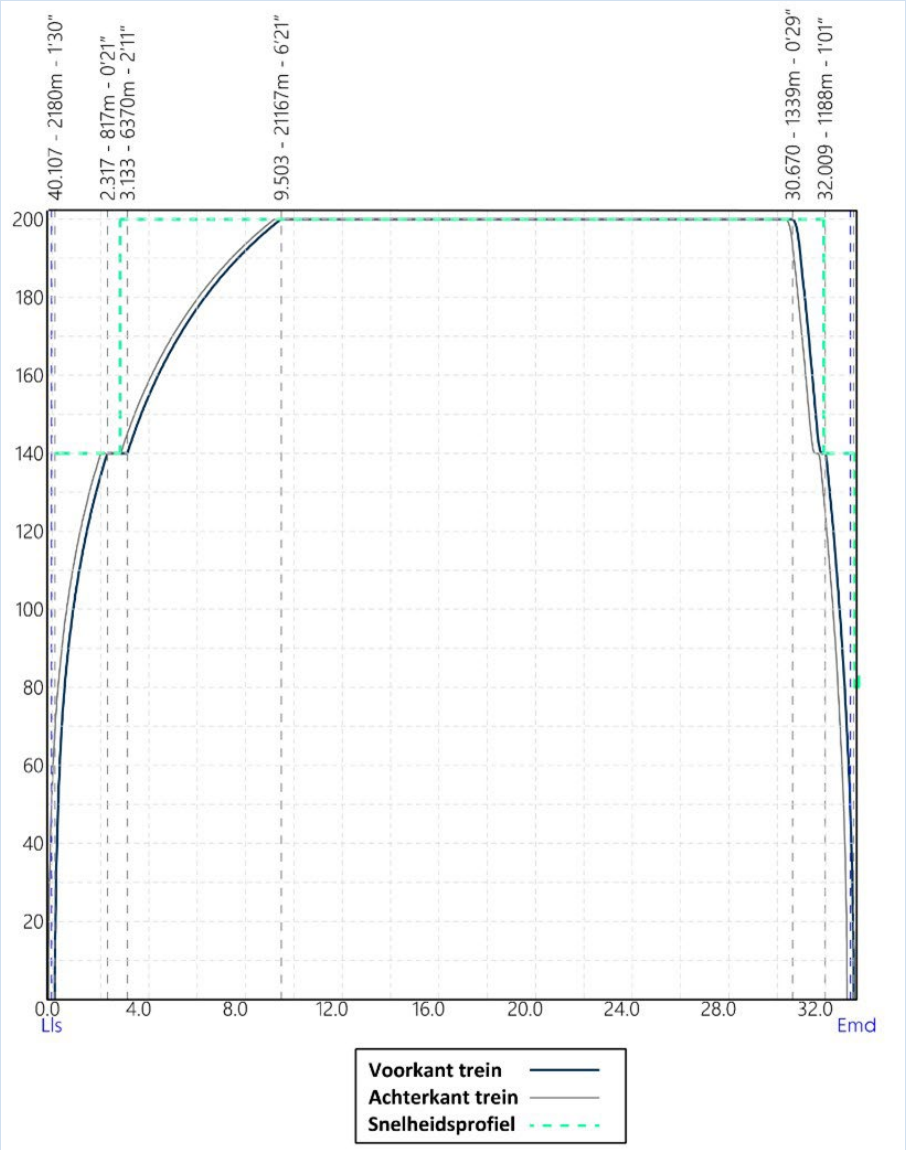
De rijtijd is de benodigde tijd om van station A naar station B te rijden, gegeven de karakteristieken van het ICNG-materieel. Hieronder vallen de aanzet tot de aangenomen maximumsnelheid van 200km/u, de tijd dat de trein die 200km/u rijdt als de afremming van 200km/u tot stilstand. Zoals is aangegeven is in de rijtijden nu nog geen rekening gehouden met een buffer of marge; het betreft in die zin de ideale situatie. Wel is rekening gehouden met de karakteristieken van bestaande spoortrajecten (baanvaksnelheid). Voor alle nieuw aan te leggen spoortrajecten is uitgegaan van 200km/u.

Voorbeeld Lelystad-Emmeloord (rijtijd 13 minuten):

- Aanzet Lelystad tot aan uittakking Lelylijn (140km/u), lengte ca. 3,1 km = 111 seconden
- Correctie voor spanningssluis van 1,5kV naar 25kV: 15 seconden
- Lelylijn, aanzet 140km/u naar 200km/u, ca. 6,5 km = 131 seconden
- Lelylijn naar Emmeloord, ca. 21 km, 200km/u = 381 seconden
- Emmeloord, afremming tot station, ca. 2,5 km (via 140km/u wissel) = 90 seconden
- Afronding van rijtijd (728sec) naar hele minuten (naar boven) = 13 min

De Xandra-simulatie hiernaast toont het optrekken en afremmen van een ICNG van Lelystad naar Emmeloord schematisch. De y-as omvat de snelheid, de x-as de afstand (kilometrering) in kilometers. Lls = Lelystad, Emd = Emmeloord.

Aanzet 0-200 km/u: 257 sec	Constant 200 km/u: 381 sec	Remming 200-0 km/u: 90 sec



Figuur 15. Xandra-simulatie.

Basisalternatief Bundeling A6/A7/A32 – 2x

Traject	Aantal minuten rijtijd
Groningen-Amsterdam Zuid	83 (-36)
Leeuwarden-Amsterdam Zuid	81 (-40)
Assen-Amsterdam Zuid	102 (geen afname)
Groningen-Rotterdam Centraal	118 (-38)
Leeuwarden-Schiphol	89 (-39)

Tabel 11. Samenvattende tabel met indicatieve lange-afstandsrijtijden (met afnames in minuten).

Voor de 2x-p/u-variant geldt dat deze met een 'S' *door* Heerenveen gaat. Dit houdt in dat treinen van Lelystad naar Groningen en v.v. hier afremmen naar 140 km/u omdat gebruik wordt gemaakt van het bestaande spoor en station. Intercity's in deze variant stoppen in Heerenveen, Lelystad en Almere. De intercity van/naar Leeuwarden stopt nog in Emmeloord en de intercity van/naar Groningen stopt nog in Drachten. Tabel 11 vat de rijtijden op de langere afstanden samen.

In deze variant is de totale rijtijd tussen Groningen en Amsterdam Zuid v.v. **83 minuten** (vermindering van 36 minuten ten opzichte van de huidige reistijd van 119 min). Tussen Leeuwarden en Amsterdam Zuid v.v. is de totale rijtijd **81 minuten** (vermindering van 40 minuten ten opzichte van de huidige reistijd van 121 min). Voor Assen is er in deze variant geen significante verbetering t.o.v. huidige reistijd.

Rijtijden op regionale verbindingen zoals Lelystad-Emmeloord (13 minuten rijtijd), Emmeloord-Heerenveen (14 minuten rijtijd), Heerenveen-Drachten (8 minuten rijdtijd) en Drachten-Groningen (13 minuten rijtijd) verminderen significant ten opzichte van de huidige reistijden met de bus (Figuur 16).



Figuur 16. Regionale rijtijden van de 2x-p/u-variant tussen Leeuwarden/Groningen en Amsterdam met stops in Heerenveen, Drachten, Emmeloord, Lelystad en Almere.

Basisalternatief Bundeling A6/A7/A32 – 4x

Traject	Aantal minuten rijtijd
Groningen-Amsterdam Zuid	70 (-49)
Leeuwarden-Amsterdam Zuid	78 (-43)
Assen-Amsterdam Zuid (met overstap in Groningen)	95-102 (min. 0, max. -7))
Groningen-Rotterdam Centraal	105 (-49)
Leeuwarden-Schiphol	86 (-42)

Tabel 12. Samenvattende tabel met indicatieve lange-afstandsrijtijden (met afnames in minuten).

Voor de 4x-p/u-variant geldt dat deze ten zuiden van Heerenveen langsloopt, met een verbindingsboog (Leeuwarden-)Heerenveen-Emmeloord v.v. Dit houdt in dat treinen van Lelystad naar Drachten/Groningen v.v. Heerenveen niet rechtstreeks aandoen. Daardoor zijn er in deze variant geen rechtstreekse verbindingen tussen Heerenveen en Drachten en Heerenveen en Groningen. Intercity's van/naar Groningen stoppen onderweg alleen op Almere. Intercity's van/naar Leeuwarden stoppen in Heerenveen, Lelystad en Almere. Daarnaast stoppen stoptreinen van/naar Leeuwarden en Groningen ook in Emmeloord. Stoptreinen van/naar Groningen stoppen daarnaast ook nog in Drachten. Tabel 12 vat de rijtijden op de langere afstanden samen.

In deze variant is de totale rijtijd tussen Groningen en Amsterdam Zuid v.v. **70 minuten** (vermindering van 49 minuten ten opzichte van de huidige reistijd van 119 min). Tussen Leeuwarden en Amsterdam Zuid v.v. is de totale rijtijd met **78 minuten** (vermindering van 43 minuten ten opzichte van de huidige reistijd van 121 min) iets hoger dan die van Groningen. Dit komt voornamelijk omdat de intercity van/naar Leeuwarden onderweg vaker stopt dan de intercity van/naar Groningen. Van/naar Assen zijn – afhankelijk van de verknoping in Groningen – mogelijk kleine verbeteringen in rijtijd haalbaar.



Figuur 17. Regionale rijtijden van de 4x-p/u-variant tussen Leeuwarden/Groningen en Amsterdam met stops in Heerenveen, Drachten, Emmeloord, Lelystad en Almere.

Rijtijden op regionale verbindingen zoals Lelystad-Emmeloord (13 minuten rijtijd), Emmeloord-Heerenveen (14 minuten rijtijd), Emmeloord-Drachten (17 minuten rijdtijd) en Drachten-Groningen (13 minuten rijtijd) verminderen ten opzichte van de huidige reistijden met de bus (Figuur 17).

Basisalternatief Bundeling A6/A7/A32 – 8x

Voor de 8x-p/u-variant geldt dat deze ten *noorden* van Heerenveen langsloopt, waardoor Heerenveen is aangesloten op de Lelylijn met een nieuw (kruis)station: Heerenveen Noord. Daarnaast is er een verbindingsboog Lemmer-Akkrum v.v. Dit houdt in dat treinen van Lelystad/Lemmer naar Leeuwarden v.v. Heerenveen niet rechtstreeks aandoen. Deze variant kent twee intercitytreinen die non-stop vanaf Amsterdam Zuid naar Groningen en Leeuwarden en v.v. rijden. Deze treinen zijn twee extreme varianten binnen deze studie, om te kijken of er voldoende vervoerspotentie is voor deze

rechtstreekse trein. Deze non-stop intercitytreinen kunnen in de praktijk met instandhouding van de (6-basis)-dienstregeling niet ingepast worden op de Flevolijn en Weesp-Amsterdam Zuid zonder aanleg van (veel) extra infrastructuur. Er is hier geen spoorcapaciteit voor extra treinen.

Traject	Aantal minuten rijtijd
Groningen-Amsterdam Zuid (met non-stop IC)	69 (-50)
Leeuwarden-Amsterdam Zuid (met non-stop IC)	68 (-53)
Groningen-Amsterdam Zuid (met IC)	77 (-42)
Leeuwarden-Amsterdam Zuid (met IC)	74 (-47)
Assen-Amsterdam Zuid (met overstap in Groningen)	95-102 (min. 0, max. -7)
Groningen-Rotterdam Centraal (met IC)	112 (-44)
Leeuwarden-Schiphol (met IC)	82 (-46)

Tabel 13. Samenvattende tabel met indicatieve lange-afstandsrijtijden (met afnames in minuten).

Intercity's van/naar Groningen stoppen onderweg in Drachten, Lelystad en Almere. Intercity's van/naar Leeuwarden stoppen in Lelystad en Almere. Daarnaast hebben stoptreinen stops in Emmeloord, Lemmer, Heerenveen Noord, Drachten, Leek en Groningen Suikerzijde. Stoptreinen van/naar Leeuwarden splitsen en combineren met de stoptreinen van/naar Groningen in Lemmer en maken gebruik van de boog Akkrum-Lemmer. Tabel 13 vat de rijtijden op de langere afstanden samen.

In deze variant is de non-stoprijtijd van de IC-direct tussen Groningen en Amsterdam Zuid v.v. **69 minuten** (vermindering van 50 minuten ten opzichte van de huidige reistijd van 119 min). Tussen Leeuwarden en Amsterdam Zuid v.v. is de non-stoprijtijd van de IC-direct **68 minuten** (vermindering van 53 minuten ten opzichte van de huidige reistijd van 121 min). De totale rijtijden van de reguliere intercity's zijn resp. **77 minuten** tussen Amsterdam Zuid en Groningen v.v. en **74 minuten** tussen Amsterdam Zuid en Leeuwarden v.v. Van/naar Assen zijn – afhankelijk van de verknoping in Groningen – mogelijk kleine verminderingen in rijtijd haalbaar.

Rijtijden op regionale verbindingen zoals Lelystad-Emmeloord (13 minuten rijtijd), Emmeloord-Lemmer (7 minuten rijtijd), Lemmer-Heerenveen (8 minuten rijdtijd), Heerenveen-Drachten (8 minuten rijtijd), Drachten-Groningen (13 minuten rijtijd met IC, 18 minuten met stoptrein), Leek-Groningen (9 minuten rijtijd) verminderen ten opzichte van de huidige reistijden met de bus (Figuur 18). In deze variant is ook Groningen Suikerzijde opgenomen. Daarvandaan is de rijtijd met de stoptrein van/naar Groningen Hoofdstation 3 minuten en van/naar Leek 5 minuten.



Figuur 18. Regionale rijtijden van de 8x-p/u-variant tussen Leeuwarden/Groningen en Amsterdam met stops in Groningen Suikerzijde, Leek, Drachten, Heerenveen Noord, Lemmer Emmeloord, Lelystad en Almere.

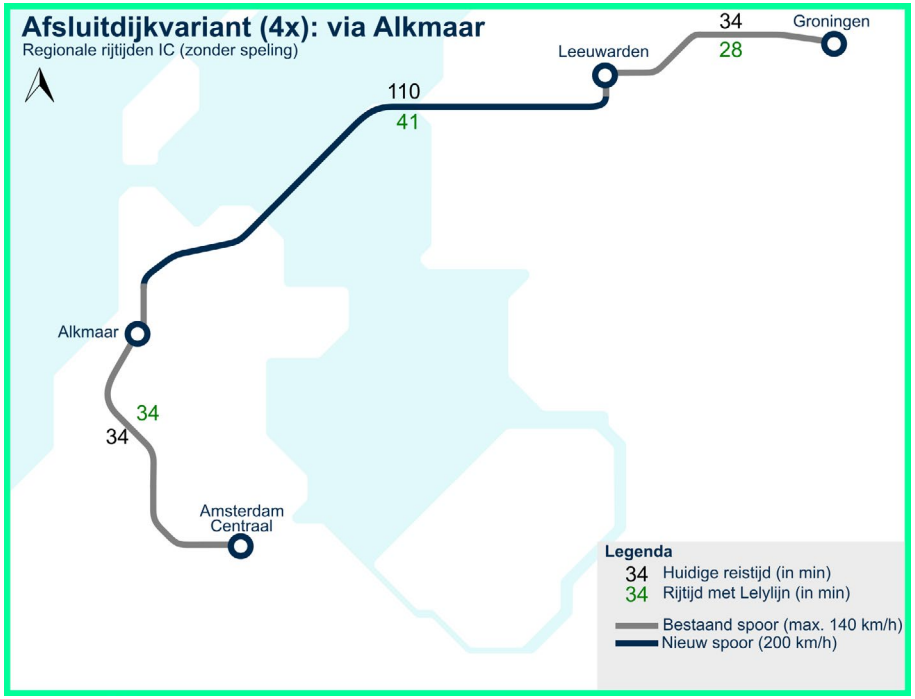
Basisalternatief Afsluitdijk 4x

Traject	Aantal minuten rijtijd
Groningen-Amsterdam Centraal	107 (-17)
Leeuwarden-Amsterdam Centraal	78 (-47)
Assen-Amsterdam Centraal	102 (geen afname)
Groningen-Rotterdam Centraal	156 (geen afname)
Leeuwarden-Schiphol (via overstap Sloterdijk)	90-100 (min. -28, max. -38)

Tabel 14. Samenvattende tabel met indicatieve lange-afstandsrijtijden (met afnames in minuten).

In het Afsluitdijkalternatief is voor de berekening van de rijtijden uitgegaan van een noordelijke variant in Noord-Holland, waarbij het nieuwe spoor ten noorden van Schagen aansluit op de bestaande spoorlijn Alkmaar-Den Helder. Deze variant is wederom gesimuleerd met de ICNG. Daarbij is het duidelijk dat tussen Alkmaar en Amsterdam als gevolg van de materiaalkeuze voor de ICNG niet voldoende zitplaatscapaciteit is op deze spoorlijn. Het nieuwe spoor sluit in Fryslân aan op de bestaande spoorlijn Leeuwarden-Zwolle, ten zuiden van Leeuwarden. Daarna loopt de lijn over bestaand spoor tussen Leeuwarden en Groningen. Intercity's stoppen op Groningen, Leeuwarden en Alkmaar (en tussen Amsterdam en Alkmaar op alle bestaande IC-stations). Daarnaast is er een sneltrein tussen Schagen en Leeuwarden, die onderweg nog stopt op station Witmarsum. Dit om te inventariseren wat de vervoerspotentie van een regionaal station in westelijk Fryslân is. Tabel 14 vat de rijtijden op de langere afstanden samen. Leeuwarden-Rotterdam Centraal zal in aanvulling op de tabel wel sneller zijn de dan de huidige reistijd.

De rijtijd tussen Groningen en Amsterdam Centraal (met tussenstops op Leeuwarden, Alkmaar, Castricum, Zaandam en Sloterdijk) bedraagt **107 minuten** (vermindering van 17 minuten ten opzichte van de huidige reistijd van 124 min). De rijtijd van de intercity tussen Groningen en Leeuwarden bedraagt 28 minuten. De totale rijtijd tussen Leeuwarden en Amsterdam Centraal is **78 minuten** (vermindering van 47 minuten ten opzichte van de huidige reistijd van 125 min). De rijtijd van de sneltrein Leeuwarden-Witmarsum-Schagen bedraagt 33 minuten. Vanuit Leeuwarden naar Witmarsum en v.v. is 12 minuten rijtijd en vanuit Schagen naar Witmarsum en v.v. is 20 minuten rijtijd. Voor Assen is er in deze variant geen significante verbetering t.o.v. huidige reistijd. Figuur 19 toont de regionale rijtijden.



Figuur 19. Regionale rijtijden tussen Groningen, Leeuwarden, Alkmaar en Amsterdam.

Basisalternatief Zuidelijk via Assen 4x

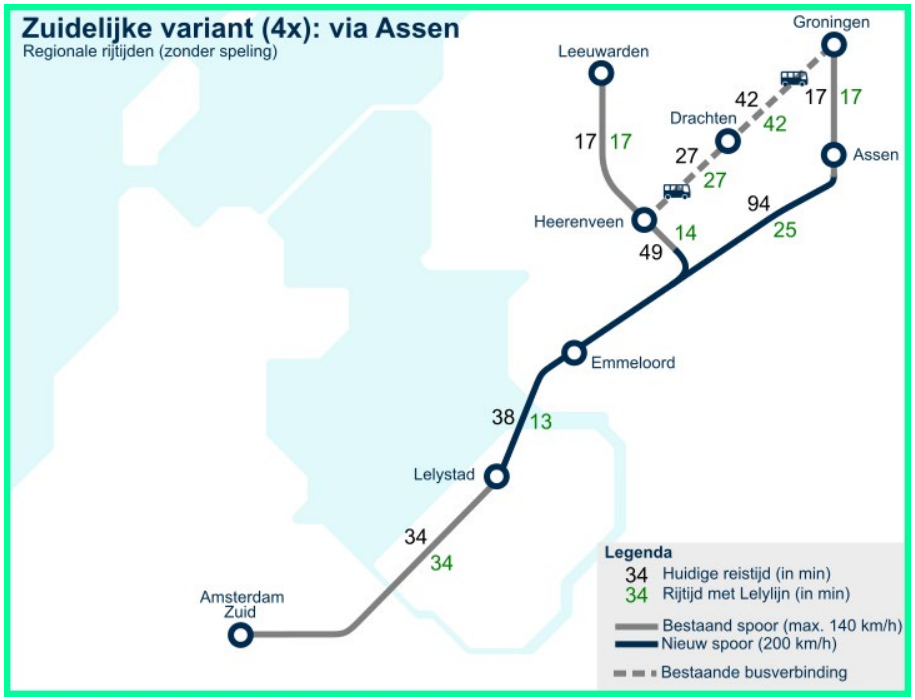
Traject	Aantal minuten rijtijd
Groningen-Amsterdam Zuid	87 (-32)
Leeuwarden-Amsterdam Zuid	80 (-41)
Assen-Amsterdam Zuid	69 (-33)
Groningen-Rotterdam Centraal	122 (-34)
Leeuwarden-Schiphol	88 (-40)

Tabel 15. Samenvattende tabel met indicatieve lange-afstandsrijtijden (met afnames in minuten).

In het Zuidelijke alternatief via Assen is voor de berekening van de rijtijden uitgegaan van een bundeling met de A6 tot Emmeloord en een ligging ten noorden van het Drents-Friese Wold. Het nieuwe spoor sluit in Fryslân met een boog ten zuiden van Wolvega aan op de bestaande spoorlijn Leeuwarden-Zwolle. Daarna gaat de lijn over bestaand spoor via Heerenveen door naar Leeuwarden. Van/naar Groningen ligt de aansluiting op de spoorlijn Groningen-Meppel ten zuiden van Assen. Daarna gaat de lijn over bestaand spoor via Assen naar Groningen. Intercity's van/naar Groningen stoppen tussentijds in Assen, Lelystad en Almere. Intercity's van/naar Leeuwarden stoppen tussentijds in Heerenveen, Lelystad en Almere. Stoptreinen stoppen op het bestaande spoor op alle stations tussen Wolvega-Leeuwarden en Assen-Groningen en op het nieuwe spoor in Emmeloord. Tabel 15 vat de rijtijden op de langere afstanden samen.

In deze variant is de totale rijtijd tussen Groningen en Amsterdam Zuid v.v. **87 minuten** (32 minuten minder ten opzichte van de huidige reistijd van 119 min). Tussen Leeuwarden en Amsterdam Zuid v.v. is de totale rijtijd met **80 minuten** (41 minuten minder ten opzichte van de huidige reistijd van 121 min) iets lager dan die van Groningen. Dit komt voornamelijk omdat de gereden afstand van/naar Groningen langer is dan van/naar Leeuwarden. Vanuit Assen is de rijtijd met de intercity 69 minuten (33 minuten minder ten opzichte van de huidige reistijd van 102 min).

Rijtijden op regionale verbindingen zoals Lelystad-Emmeloord (13 minuten rijtijd), Emmeloord-Heerenveen (14 minuten rijtijd), Emmeloord-Assen (25 minuten rijdtijd) verminderen ten opzichte van de huidige reistijden met de bus. Van/naar Drachten blijft een verbinding met de bus zoals deze nu is (Figuur 20).



Figuur 20. Regionale rijtijden tussen Groningen/Leeuwarden en Amsterdam (met stops in Assen, Heerenveen, Emmeloord, Lelystad en Almere).

Vergelijking rijtijden

In alle basisalternatieven neemt de rijtijd tussen Noord-Nederland en de Randstad af ten opzichte van huidige reistijd. Wel is het beeld binnen Noord-Nederland wisselend. Zo is de rijtijd van het Zuidelijke basisalternatief van/naar Assen in deze variant veruit het kortst ten opzichte van de andere basisalternatieven. Dit komt logischerwijs doordat tussen Assen en Lelystad op nieuw spoor 200 km/u kan worden gereden. Van/naar Groningen is bij de Afsluitdijkvariant de rijtijd tussen Groningen en Amsterdam het langst ten opzichte van de andere basisalternatieven. Dit alternatief kent relatief veel kilometers over bestaand spoor (met lagere baanvaksnelheden dan op nieuw spoor), omdat snelheidsverhoging hier vanwege de ligging van de spoorlijn in bestaande kernen zeer complex en kostbaar is. De basisalternatieven kennen van/naar Leeuwarden minder grote verschillen. De lange-afstandsrijtijden liggen vanuit Leeuwarden op alle alternatieven relatief dicht bij elkaar en verschillen met name door de stopregimes en afstanden over bestaand spoor. Voor Groningen liggen de tijden verder uit elkaar en zijn de Bundelingsvarianten sneller dan de Zuidelijke- (+4 tot +17 min) en Afsluitdijkvariant (+24 tot +37 min).

In Tabel 16 valt op dat de snelste verbindingen voor zowel Groningen als Leeuwarden logischerwijs de rechtstreekse non-stop intercity's in de Bundeling 8x-variant. Dit komt omdat er onderweg niet gestopt hoeft te worden. Daarnaast valt van/naar Groningen op dat de Bundeling 4x-variant ook een relatief korte rijtijd heeft. Dit valt enerzijds te verklaren omdat deze variant in kilometers het kortste is en anderzijds er tussen Groningen en Amsterdam enkel gestopt wordt in Almere.

Regionaal profiteren Emmeloord en Drachten door de komst van een station aan de Lelylijn en zijn de rijtijden aanzienlijk lager dan de huidige busreistijden. Wel geldt dit effect niet voor beide plaatsen in het Afsluitdijk-alternatief, en voor Drachten in het Zuidelijke basisalternatief. Dit omdat in die basisalternatieven die plaatsen niet worden aangedaan.

Reistijd alternatief	**Bundeling 2x**	**Bundeling 4x**	**Bundeling 8x**		**Afsluitdijk 4x[10]**	**Zuidelijk 4x**
	Intercity	Intercity	Non-stop Intercity	Intercity	Intercity	Intercity
Groningen-Amsterdam Zuid	83 (-36)	70 (-49)	69 (-50)	77 (-42)	107 (-17)	87 (-32)
Leeuwarden -Amsterdam Zuid	81 (- 40)	78 (-43)	68 (-53)	74 (-47)	78 (-47)	80 (-41)

Tabel 16. Vergelijking rijtijden Groningen/Leeuwarden-Amsterdam v.v.

De rijtijden geven een duidelijke indicatie dat de reistijden op de verschillende basisalternatieven ook lager liggen dan huidige reistijden. Het is de verwachting dat een reistijdvermindering van tenminste een halfuur in veel gevallen haalbaar lijkt. In de vervolgfase van het onderzoek vindt uitwerking en inpassing in dienstregeling(en), waardoor de precieze effecten op de uiteindelijke reistijd in deze fase inzichtelijker worden.

10 Voor het basisalternatief over de Afsluitdijk gaat het om rijtijden Groningen-Amsterdam Centraal en Leeuwarden-Amsterdam Centraal.

3.4. Vervoerwaarde (LMS)

Vanuit het uitgangspunt om de hoeken van het speelveld te duiden en de beschikbare doorlooptijd in deze MIRT-fase van het project, past het niet in de scope om de bestaande landelijke dienstregeling grootschalig aan te passen. Bovendien is het van belang om de effecten van de Lelylijn sec inzichtelijk te maken. Door te wijzigen in de dienstregeling (bijvoorbeeld om treinen beter in te passen) is er een kans dat dit effect vervaagd raakt. De vijf ontwikkelde combinaties van stops en frequentie (varianten) sluiten we daarom zoveel mogelijk aan op de bestaande landelijke dienstregeling. Hierbij is gekozen voor de reeds bestaande dienstregeling voor het jaar 2030 te gebruiken als basis (6-basis). ProRail gebruikt deze landelijke dienstregeling zelf ook voor (toekomstige) prognoses en ontwikkelingen. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft deze dienstregeling ook gebruikt in de Integrale Mobiliteitsanalyse (IMA) van 2021.

Om de vijf verschillende varianten zo goed mogelijk aan te sluiten op de landelijke (6-basis-)dienstregeling van 2030, is het uitgangspunt dat we ten behoeve van het doorrekenen van de vervoerwaarde zoveel mogelijk eindigende treinen in deze landelijke dienstregeling doortrekken over de Lelylijn. Treinen die bijvoorbeeld in de dienstregeling van 2030 eindigen in Lelystad, rijden in varianten via de Lelylijn door richting Leeuwarden of Groningen en v.v. Op deze manier kan goed gebruikgemaakt worden van de overstapmogelijkheden en verbindingen die deze landelijke dienstregeling biedt. Zo blijven de overstaprelaties van de regionale spoorlijnen op de stations Groningen en Leeuwarden intact, waarmee met een overstap op deze stations gemakkelijk doorgereisd kan worden. Waar het doortrekken van eindigende treinseries[11] geen optie is, is een nieuwe treinserie toegevoegd naast andere treinseries op het bestaande spoor. Daarmee is het uitgangspunt dat de landelijke dienstregeling niet wijzigt geborgd, en zijn er alleen treinseries op het betreffende spoor toegevoegd. De voornaamste uitgangspunten zijn beschreven in paragraaf 3.1. De volledige aanpak van de vervoerwaardestudie is beschreven in het 'Achtergrondrapport Vervoerwaarde'.

Deze vervoerwaardestudie is uitgevoerd met het Landelijk Model Systeem (LMS) en geeft inzicht in twee verschillende effecten:

- Het relatieve effect van de Lelylijn op het nationale reisgedrag. Hierdoor zijn de toe- of afnames in gebruik van vervoersmiddelen (als gevolg van de Lelylijn) per alternatief inzichtelijk en te vergelijken met de referentie zonder Lelylijn.
- Het absolute gebruik van de Lelylijn (inclusief de effecten op (bestaande) stations en baanvakken). Hiermee zijn absolute vervoerstromen per alternatief inzichtelijk en te vergelijken met de referentie zonder Lelylijn.

Met deze cijfers is daarnaast een verdieping gemaakt naar enerzijds het exploitatiesaldo en anderzijds naar de treinbezetting op bestaande drukke corridors (Lelystad-Amsterdam en Alkmaar-Amsterdam).

Wat is het Landelijk Model Systeem (LMS)?
Het Landelijk Model Systeem Verkeer en Vervoer (LMS) is een prognose instrument voor het verkennen van de effecten van verkeers- en vervoersbeleid. Het LMS is eigendom van RWS Water Verkeer en Leefomgeving. Met het LMS stellen we mobiliteitsprognoses op voor de vervoerswijzen autobestuurder, autopassagier, trein, bus, tram of metro, fietsen en lopen. Het LMS is een ruimtelijk model. Dat wil zeggen dat Nederland is opgedeeld in een groot aantal zones, elk met hun eigen kenmerken zoals werkgelegenheid, aantallen leerlingen, inkomen en omvang van de beroepsbevolking in het basisjaar. De kenmerken voor het basisjaar zijn onder andere van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Voor het prognosejaar zijn de gegevens onder andere afkomstig van het Centraal Planbureau (CPB) en het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Meer informatie is terug te vinden op de website van RWS[12].

11 Een treinserie omvat een treindienst die vaak eens in het halfuur, maar soms ook eens in het uur of kwartier gereden wordt volgens een vast halteerpatroon. Denk bijvoorbeeld aan de stoptrein Leeuwarden-Zwolle (treinserie 9000) die elk halfuur in beide richtingen stopt op Grou-Jirnsum, Akkrum, Heerenveen, Wolvega, Steenwijk en Meppel.

12 https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/open-data/modellen-en-applicaties/verkeers-en-vervoermodellen/jaarlijkse-prognoses/prognoses-maken/lms-en-nrm

3.4.1. Effecten op de Nationale Modal Split

Allereerst tonen de resultaten het effect van de Lelylijn op de modal split (op de schaal van heel Nederland). Een modal split toont een verdeling van het dagelijkse aantal ritten van A naar B over verschillende hoofdvervoermiddelen[13]. Door het referentiescenario in 2040 zonder Lelylijn af te zetten tegen de verschillende Lelylijnvarianten (met combinaties van stops en alternatieven), zijn toe- of afnames in gebruik van vervoerswijzen inzichtelijk. Dit toont bijvoorbeeld per variant hoeveel extra ritten er met de trein gedaan worden als gevolg van de Lelylijn. Ook is inzichtelijk in hoeverre er met andere vervoersmiddelen minder ritten plaatsvinden door de komst van de Lelylijn.

Effecten Nationale Modal Split	Trein	Auto bestuurder	Auto passagier	Bus	HOV	Totaal
Bundeling 2x per uur	**0,9%**	0,0%	0,0%	-0,5%	-0,1%	0,0%
Bundeling 4x per uur	**1,0%**	0,0%	0,0%	-0,6%	-0,1%	0,0%
Bundeling 8x per uur	**1,3%**	0,0%	0,0%	-0,8%	-0,1%	0,0%
Afsluitdijk 4x per uur	**0,3%**	0,0%	0,0%	-0,2%	0,0%	0,0%
Zuidelijk 4x per uur	**0,5%**	0,0%	0,0%	-0,3%	0,0%	0,0%

Tabel 17. Relatieve veranderingen op de nationale modal split van Nederland in 2040 per variant t.o.v. de referentievariant zonder Lelylijn.

Tabel 17 toont de relatieve verandering van verschillende vervoerswijzen als gevolg van de komst van de Lelylijn per variant. Logischerwijs neemt het treingebruik in Nederland toe als gevolg van de realisatie van de Lelylijn. Deze toename varieert van 0,3% bij de variant over de Afsluitdijk tot 1,3% meer treinritten bij de Bundeling 8x-variant ten opzichte van het scenario zonder Lelylijn in 2040. Daarbij dient wel aangetekend te worden dat in deze studie de voorgenomen dienstregeling in 2030 (6basis 2030) intact is gebleven, waardoor er enkel treinverbindingen zijn bijgekomen in alle varianten. Treinseries over de Hanzelijn en Zwolle-Leeuwarden/Groningen zijn niet gemuteerd. Bij aanpassing van de dienstregeling door de komst van de Lelylijn zijn hierdoor mogelijk (iets) kleinere toenames van het treingebruik zichtbaar.

In Tabel 17 valt op dat bij de vervoerswijzen bus en HOV[14] de voornaamste daling zichtbaar is. Hiermee is een duidelijk verplaatsingseffect van bus naar trein zichtbaar. Dit is logisch aangezien de trein hier de plaats overneemt van een aantal bestaande snelle busverbindingen, bijvoorbeeld tussen Drachten en Groningen. Bij het Bundelingsalternatief langs de A6/A7/A32 is deze daling het grootst. In de huidige situatie gebruiken meerdere snelwegbussen tussen o.a. Lelystad, Emmeloord, Heerenveen, Drachten, Leek en Groningen de snelweg parallel aan dit beoogde basisalternatief. Bij het Afsluitdijkalternatief en het Zuidelijke alternatief is dit effect minder zichtbaar. Vermoedelijk komt dit doordat het tracé van het Zuidelijke alternatief minder parallel loopt langs (snelweg)buscorridors en OV-verbindingen vanuit Drachten niet vervangt. Bij de Afsluitdijk loopt een deel van het tracé parallel met de snelwegbus Alkmaar-Leeuwarden. Echter is de vervoerwaarde op deze verbinding minder groot dan langs het Bundelingsalternatief en vervangt het hier geen OV-verbindingen vanuit Drachten en Emmeloord. Aangezien het om hoofdvervoermiddelen gaat, zegt het model hier niets over het gebruik van de bus en fiets om naar het station te komen. Voor de bus als voor- of natransport is een aparte analyse uitgevoerd door het projectteam Lelylijn (analyse Onderliggend OV).

De overige hoofdvervoersmiddelen veranderen beperkt. Wel kan in voor- en natransport naar stations de fiets logischerwijs wel een toename laten zien, maar wordt deze ketenverplaatsing in het model als trein gerekend (dat is immers volgens de prioritering het voornaamste vervoersmiddel waarmee gereisd is). Verder is er bij autobestuurder en -passagier een zeer kleine re-

13 Het hoofdvervoermiddel van een rit is het voornaamste vervoermiddel is waarmee een rit is gemaakt. Bij een reis met meerdere vervoersmiddelen heeft de trein de hoogste prioriteit t.o.v. andere vervoermiddelen, daarna volgen HOV/bus, auto, fiets/e-bike en lopen (CBS, 2024).

14 Hoogwaardig Openbaar Vervoer, omvat veelal hoogfrequente buslijnen met een hoge gemiddelde snelheid. Snelwegbussen in Noord-Nederland zijn in het vervoersmodel en de modal split niet als HOV gecategoriseerd.

latieve afname zichtbaar (wanneer er meer decimalen worden weergegeven). Daarom kan er bij absolute aantallen wel een daling van autogebruik als gevolg van de Lelylijn zichtbaar zijn, maar omdat het dagelijks aantal ritten van de auto dermate groot is, is relatief weinig verschil te zien. Tenslotte blijft het totale aantal ritten per dag in alle varianten nagenoeg gelijk.

De relatieve veranderingen per regio (op regionale schaal per landsdeel) staan beschreven in het 'Achtergrondrapport Vervoerwaarde'.

3.4.2. Gebruik van de Lelylijn

Uit de LMS-studie zijn daarnaast de effecten van de Lelylijn op het aantal in- en uitstappers op stations en het aantal verplaatsingen per baanvak inzichtelijk. Deze toedeling van de LMS-data is gedaan door ProRail en geeft inzicht in de verdeling van reizigersstromen over het spoornetwerk. Dit toont bijvoorbeeld hoeveel (extra) in-/uitstappers op stations er zijn, of welke baanvakken er meer of minder reizigers krijgen als gevolg van de Lelylijn. Ook het totaal aantal ritten op de Lelylijn is inzichtelijk.

Allereerst is er gekeken hoeveel ritten er (deels) gebruikmaken van de Lelylijn in elke variant. Dit kunnen ritten zijn die in zijn volledigheid op de Lelylijn plaatsvinden (bijvoorbeeld een rit Groningen-Drachten (Bundeling) of Assen-Emmeloord (Zuidelijk)), maar ook ritten die deels gebruikmaken van de Lelylijn (bijvoorbeeld Heerenveen-Amsterdam Zuid (Bundeling/Zuidelijk) of Leeuwarden-Alkmaar (Afsluitdijk). Al deze ritten bij elkaar opgeteld geeft in Tabel 18 het verwachte dagelijkse gebruik van de Lelylijn in 2040 weer voor de vijf verschillende varianten. De Afsluitdijk kent met 17.000 ritten per dag het minste gebruik, de Bundeling 8x-variant met 52.000 ritten per dag het meeste.

Verder geeft de kolom rechts het aantal *nieuwe* aanvullende treinritten weer. Dit is telkens de toename van het totaalaantal treinritten in Nederland in de betreffende variant ten opzichte het totaalaantal treinritten in Nederland van de referentie zonder Lelylijn. Zo zijn dus van de 35.000 ritten op de Lelylijn in de Bundeling-2x variant er 19.000 ritten die niet gemaakt worden in de referentie zonder Lelylijn. Dit getal toont dus het aantal nieuwe treinritten dat landelijk extra wordt gemaakt als gevolg van de betreffende Lelylijnvariant. Het verschil is uit te leggen doordat bestaande reizigers minder gebruikmaken van de bestaande verbindingen (bijvoorbeeld Groningen-Zwolle). Het gebruik door nieuwe reizigers is relatief het hoogste bij de Bundelingsvarianten en het laagste bij de Zuidelijke variant. De Afsluitdijkvariant kent ondanks dat deze variant slechts één nieuw station omvat ook een relatief hoog aandeel nieuwe treinritten. Echter valt een deel van deze nieuwe ritten toe te schrijven aan de intercity-verbinding die is toegevoegd op het bestaande spoor tussen Leeuwarden en Groningen. Daarmee is hierbij sprake van een overschatting van het aantal nieuwe ritten dat het nieuwe spoor van de Lelylijn hier sec oplevert.

Dagelijks gebruik Lelylijn (gemiddelde werkdag)	Aantal treinritten op de Lelylijn	Waarvan nieuwe treinritten t.o.v. referentie[15]
Bundeling 2x per uur	35.000	19.000
Bundeling 4x per uur	41.000	22.000
Bundeling 8x per uur	52.000	26.000
Afsluitdijk 4x per uur	17.000	7.000
Zuidelijk 4x per uur	28.000	10.000

Tabel 18. Aantal (nieuwe) treinritten op de Lelylijn per etmaal.

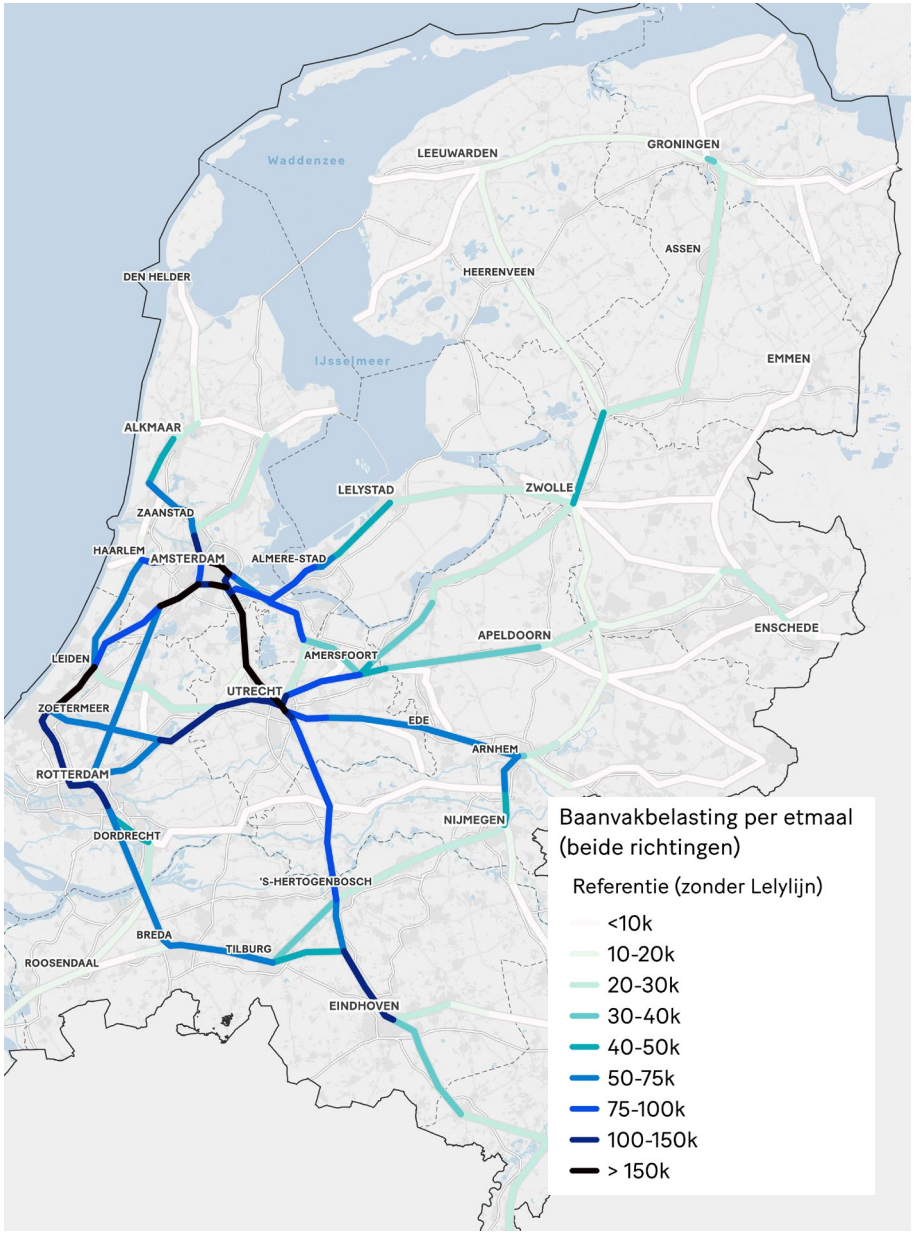
15 De referentie is de totale vervoerwaarde (dagelijks aantal ritten met de trein in Nederland) zonder Lelylijn in 2040. Door deze referentie telkens te vergelijken met één van de varianten van de Lelylijn, is het dagelijkse aantal nieuwe treinritten als gevolg van die Lelylijn-variant inzichtelijk.

3.4.3. Baanvakbelasting (als gevolg) van de Lelylijn

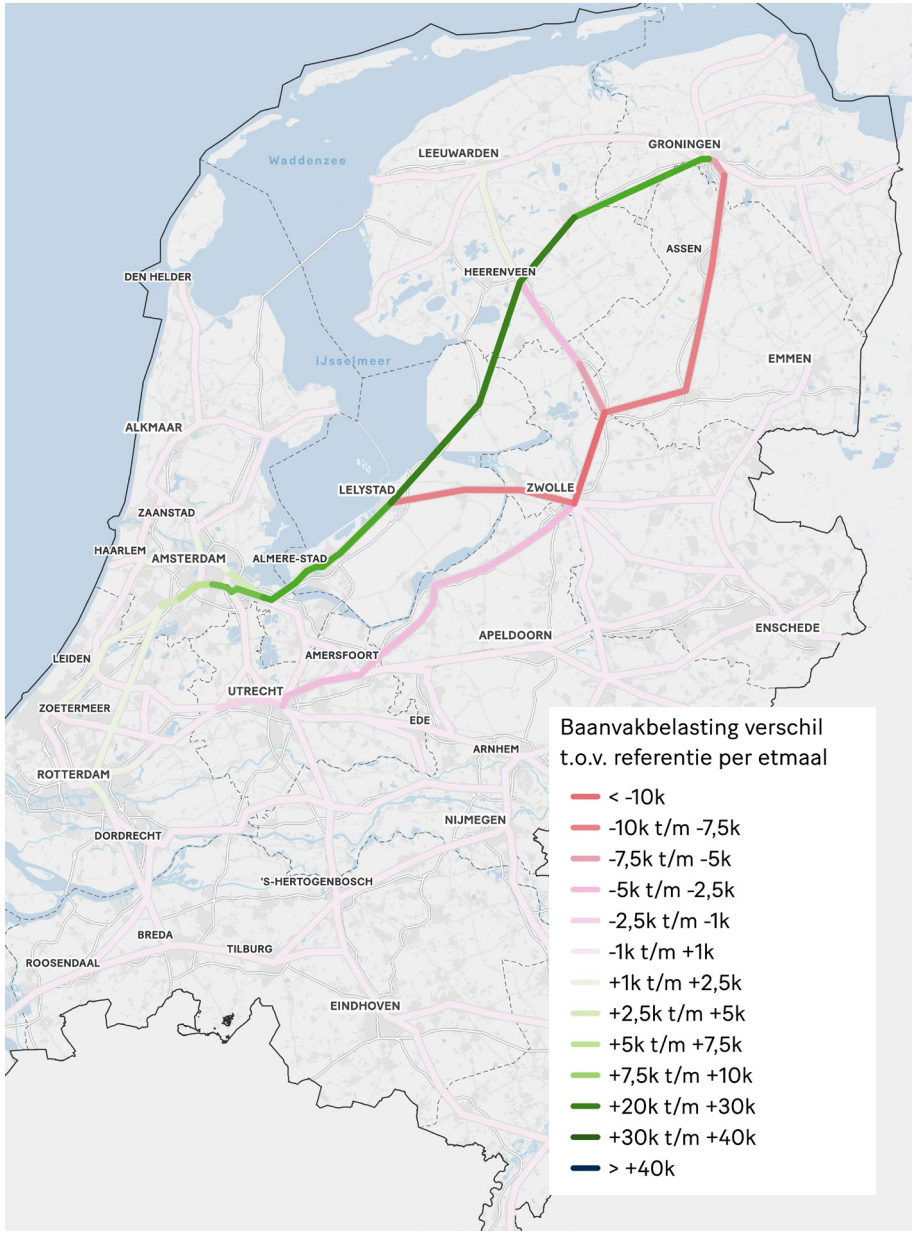
Het aantal ritten op een baanvak tussen twee stations wordt de baanvak-belasting genoemd. Baanvakbelastingen zijn totaalgetallen. Alle ritten op een stukje spoor worden bij elkaar opgeteld – ongeacht de richting, lengte, bestemming of herkomst van de rit. De getallen zeggen op hoog-over-niveau iets over de benodigde capaciteit in zowel materieel als – als resultaat daarvan – infrastructuur.

Om hiervan een beeld te geven toont Figuur 21 een overzicht van de baanvakbelastingen in Nederland zonder Lelylijn in 2040. Zo valt uit het figuur bijvoorbeeld op te maken dat er zonder Lelylijn in 2040 tussen Zwolle en Meppel tussen de 40.000 en 60.000 ritten per dag plaatsvinden. Ten noorden/oosten van Meppel splitsen deze aantallen zich in 10.000 tot 20.000 ritten van/naar de spoorlijn richting Leeuwarden en 20.000 tot 30.000 ritten van/naar de spoorlijn richting Groningen. Ook de belasting van de Hanzelijn (20.000-30.000 ritten) en de Flevolijn ter hoogte van Lelystad zijn inzichtelijk (ca. 40.000 ritten). Voor deze baanvakken geldt dat in de Integrale Mobiliteitsanalyse (IMA) 2021 geen capaciteitsproblemen zijn vastgesteld. Voor de (tweesporige) Flevolijn ten zuiden van Almere (>75.000 ritten), Weesp-Schiphol (75.000 tot 200.000 ritten) en Alkmaar-Zaandam-Amsterdam Sloterdijk (40.000 tot 150.000 ritten) zijn wel in een bepaalde mate capaciteitsproblemen met materieel in spitsperioden (geen zitplaats, volle treinen) vastgesteld in 2040 zonder de extra belasting van de Lelylijn. Verdieping op bezetting van treinseries in spitsperioden verderop in dit hoofdstuk moet aantonen of de komst van de Lelylijn deze capaciteitsknelpunten significant verergerd.

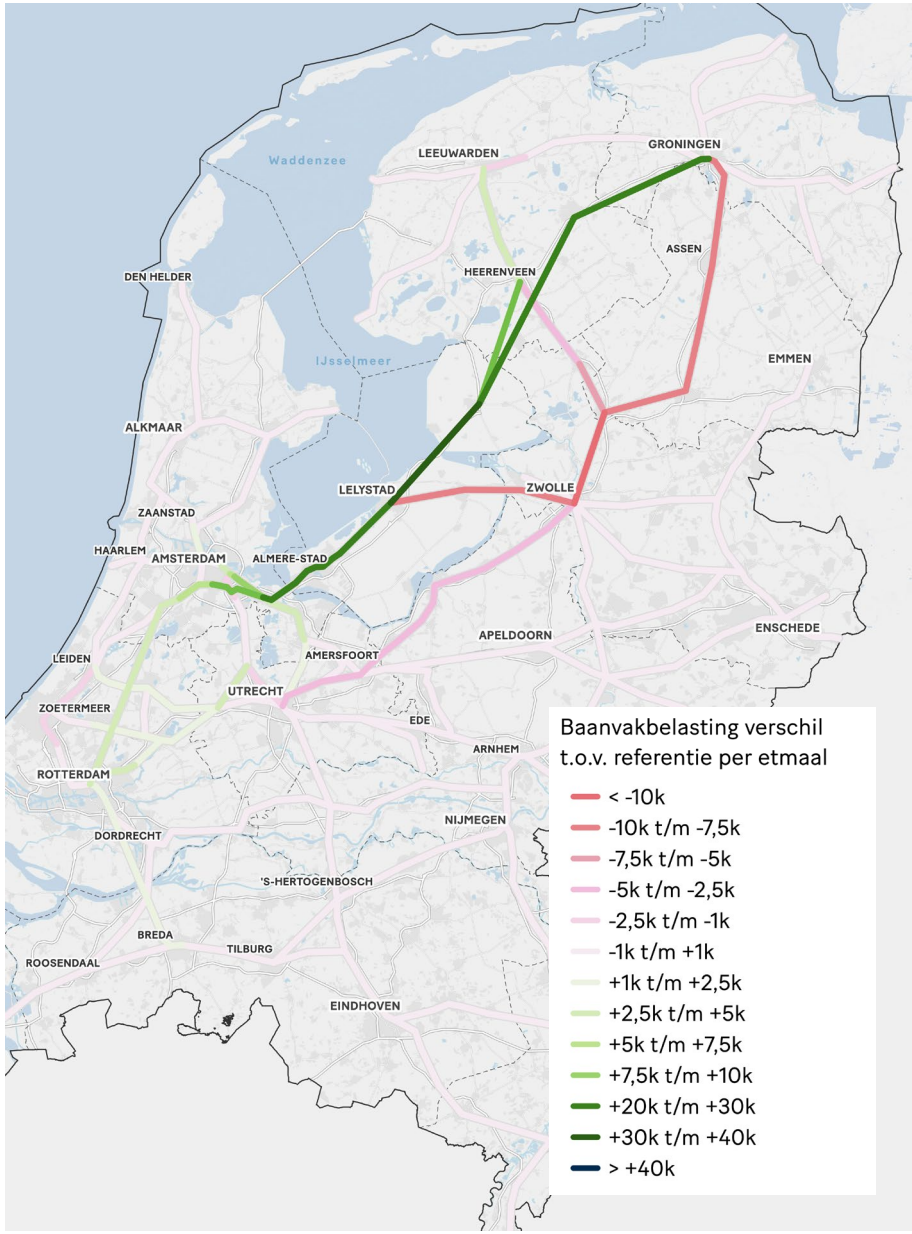
Deze overzichtskaart (Figuur 21) geeft een beeld van de verwachte baan-vakbelastingen in 2040 zonder Lelylijn, en is dus ook voornamelijk bedoeld de getallen die hierna volgen in perspectief te zetten. De volgende kaarten (Figuur 22 t/m Figuur 26) geven telkens per variant de absolute verandering van de baanvakbelastingen ten opzichte van deze referentiekaart weer. Daarna volgt een vergelijkende tabel met een selectie van baanvakken. Een uitgebreidere beschrijving is beschikbaar in het "Achtergrondrapport Vervoerwaarde".



Figuur 21. Het aantal ritten per baanvak per werkdag in de referentie zonder Lelylijn.



Figuur 22. Toe-/afnames van baanvakbelasting (t.o.v. referentie) door Bundeling 2x-variant.



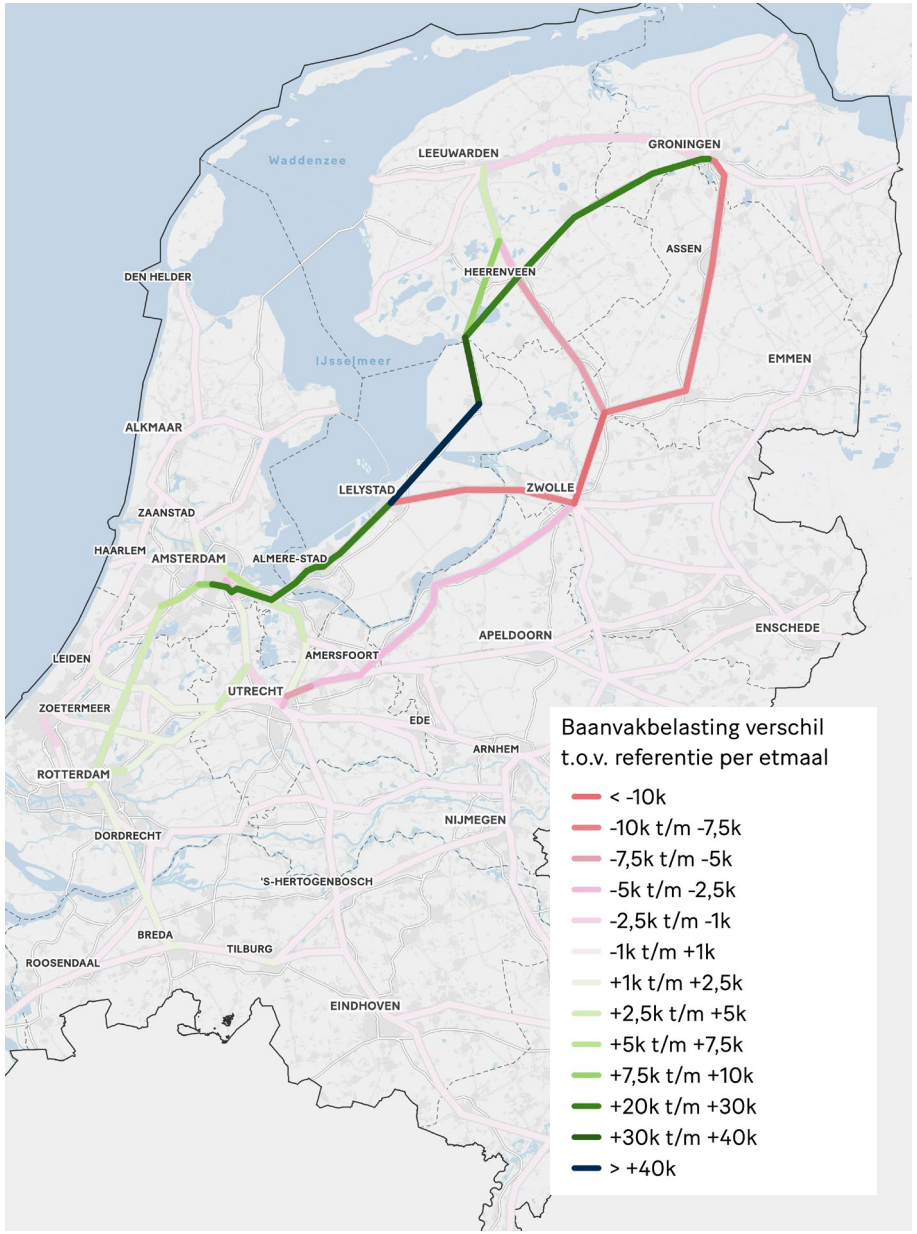
Figuur 23. Toe-/afnames van baanvakbelasting (t.o.v. referentie) door Bundeling 4x-variant.

Figuur 22 toont de veranderingen in aantallen ritten die plaatsvinden als gevolg van de Lelylijn in de **Bundeling 2x-variant**. De hoogste toenames zijn logischerwijs zichtbaar op het nieuwe spoor, waar in de referentie geen ritten zijn. Tussen Groningen en Drachten gaat het om circa 20.000 ritten oplopend tot 29.000 ritten tussen Emmeloord en Lelystad (vergelijkbaar met de baanvakbelasting van de Hanzelijn in de referentie).

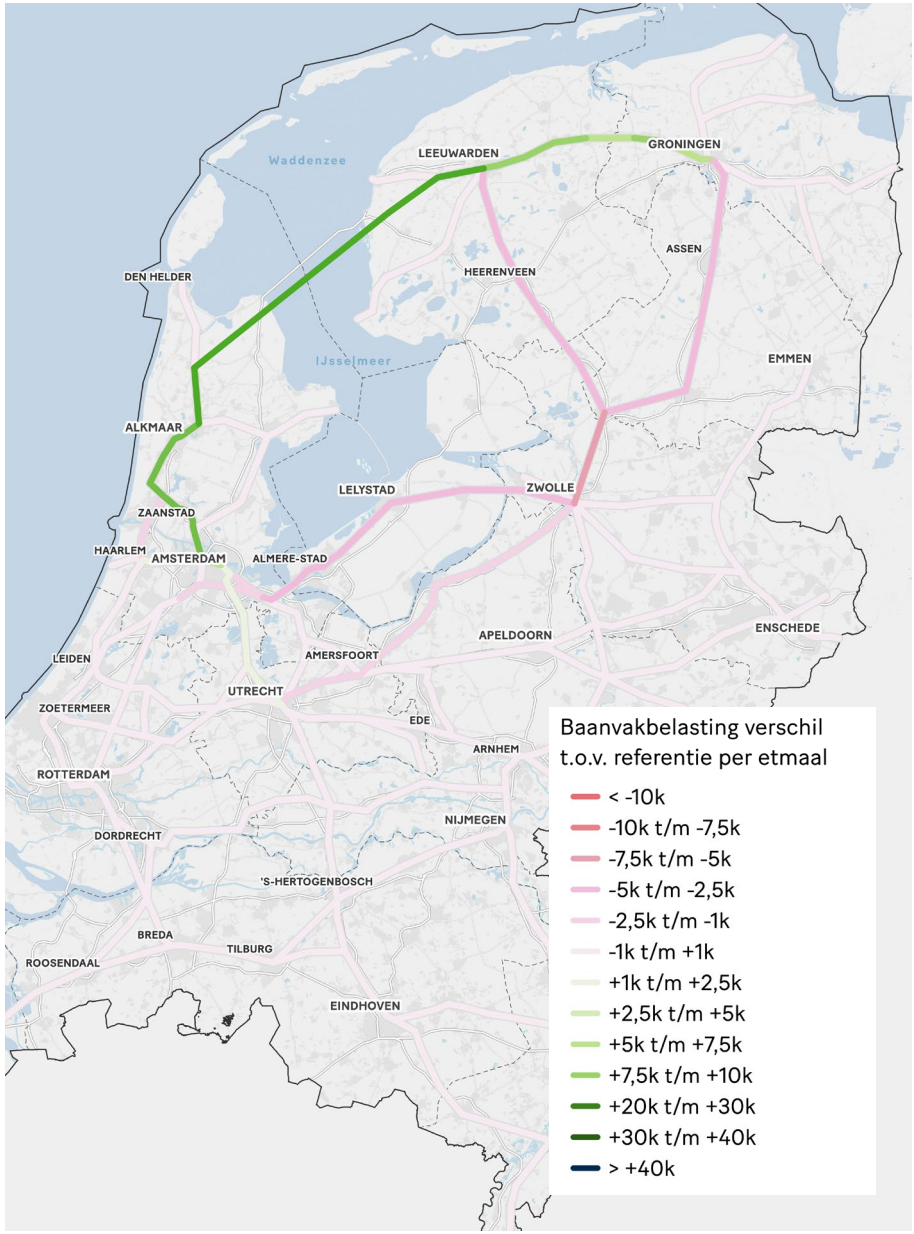
Op het bestaande spoor zijn toenames zichtbaar tussen Lelystad en Weesp (ca. 16.000 tot 19.000 extra ritten), tussen Weesp en Amsterdam Zuid (ca. 11.000 extra ritten) en tussen Heerenveen en Leeuwarden (ca. 3.000 ritten extra). Afnames op bestaand spoor zijn zichtbaar tussen Groningen-Meppel (ca. 8.000 ritten minder), Heerenveen-Meppel (ca. 4.000 ritten minder), Meppel-Zwolle (ca. 13.000 ritten minder) en de Hanzelijn (ca. 9.000 ritten minder). Daarnaast zijn kleinere afnames zichtbaar op baanvakken op de Veluwelijn en toenames op baanvakken tussen Weesp en Amsterdam Centraal.

Figuur 23 toont de veranderingen in aantallen ritten die plaatsvinden als gevolg van de Lelylijn in de **Bundeling 4x-variant.** De grootste toenames zijn wederom zichtbaar op de Lelylijn zelf, waar in de referentie geen ritten zijn. Tussen Groningen en Drachten gaat het om circa 25.000 ritten oplopend tot 36.000 ritten tussen Emmeloord en Lelystad (vergelijkbaar met de baanvakbelasting Groningen en Groningen Europapark in de referentie).

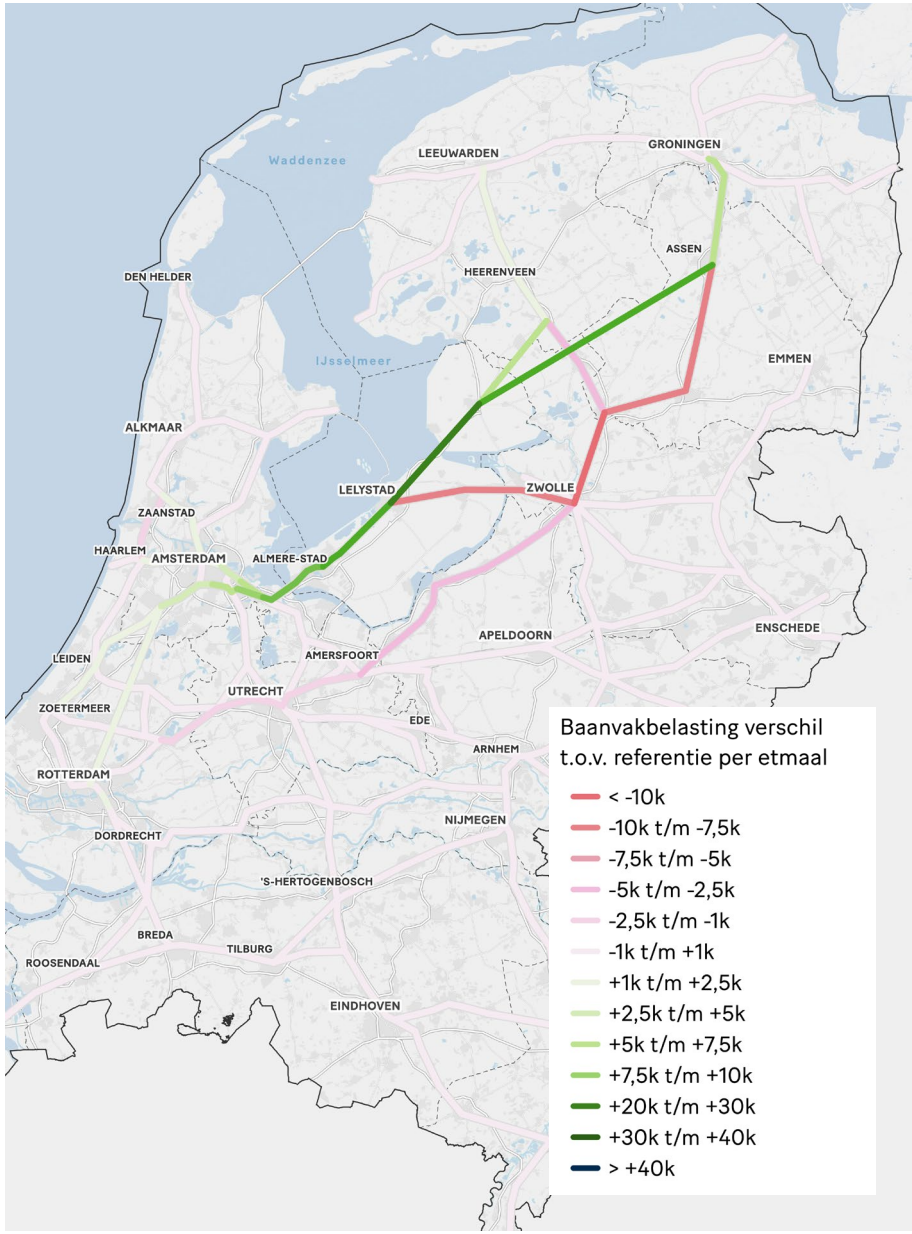
Op het bestaande spoor zijn toenames zichtbaar tussen Lelystad en Weesp (ca. 20.000 tot 23.000 extra ritten), tussen Weesp en Amsterdam Zuid (ca. 11.000 tot 14.000 extra ritten) en tussen Heerenveen en Leeuwarden (ca. 3.000 ritten extra). Afnames op bestaand spoor zijn zichtbaar tussen Groningen-Meppel (ca. 9.000 ritten minder), Heerenveen-Meppel (ca. 5.000 ritten minder), Meppel-Zwolle (ca. 14.000 ritten minder) en de Hanzelijn (ca. 9.000 ritten minder). Daarnaast zijn een kleinere afnames zichtbaar op baanvakken op de Veluwelijn en zijn er toenames zichtbaar op het noordelijke deel van de HSL en Weesp-Amsterdam Centraal. Hierna verspreidt het effect.



Figuur 24. Toe-/afnames van baanvakbelasting (t.o.v. referentie) door Bundeling 8x-variant.



Figuur 25. Toe-/afnames van baanvakbelasting (t.o.v. referentie) door Afsluitdijkalternatief.



Figuur 26. Toe-/afnames van baanvakbelasting (t.o.v. referentie) door Zuidelijke alternatief.

Figuur 24 toont de veranderingen in aantallen ritten die plaatsvinden als gevolg van de Lelylijn in de Bundeling 8x-variant. De grootste toenames zijn op de Lelylijn zelf. Tussen Groningen en Drachten gaat het om circa 29.000 ritten oplopend tot iets meer dan 40.000 ritten tussen Emmeloord en Lelystad (vergelijkbaar met de baanvakbelasting Meppel-Zwolle).

Op het bestaande spoor zijn toenames bij de **Bundeling 8x-variant** zichtbaar tussen Lelystad en Weesp (ca. 25.000 tot 28.000 extra ritten), tussen Weesp en Amsterdam Zuid (ca. 20.000 tot 22.000 extra ritten) en tussen Heerenveen en Leeuwarden (ca. 5.000 extra ritten). Afnames op bestaand spoor zijn zichtbaar tussen Groningen-Meppel (ca. 10.000 ritten minder), Heerenveen-Meppel (ca. 5.000 ritten minder), Meppel-Zwolle (ca. 15.000 ritten minder) en de Hanzelijn (ca. 9.000 ritten minder). Daarnaast zijn een kleinere afnames zichtbaar op baanvakken op de Veluwelijn en zijn toenames zichtbaar tussen Weesp en Amsterdam Centraal en op het noordelijke deel van de HSL. Hierna verspreidt het effect.

Figuur 25 toont de veranderingen in aantallen ritten die plaatsvinden als gevolg van de Lelylijn in de **Afsluitdijk 4x-variant**. De grootste toename is met ca. 17.000 ritten zichtbaar op de Lelylijn over de Afsluitdijk zelf, waar in de referentie geen ritten zijn. Dit aantal is iets hoger dan het baanvak Steenwijk-Meppel in de referentie.

Op het bestaande spoor zijn toenames zichtbaar tussen Groningen en Leeuwarden (ca. 8.000 extra ritten) en tussen Schagen en Amsterdam Sloterdijk (ca. 12.000 tot 16.000 extra ritten). Afnames op bestaand spoor zijn zichtbaar tussen Groningen-Meppel (ca. 3.000 ritten minder), Heerenveen-Meppel (ca. 3.000 ritten minder), Meppel-Zwolle (ca. 6.000 ritten minder), de Hanzelijn en Flevolijn (ca. 4.000 ritten minder) en Weesp-Amsterdam Zuid (ca. 3.000 ritten minder). Daarnaast zijn kleinere afnames zichtbaar op baanvakken op de Veluwelijn.

Figuur 26 toont de veranderingen in aantallen ritten die plaatsvinden als gevolg van de Lelylijn in de **Zuidelijk 4x-variant**. De grootste toename is met ca. 27.000 ritten zichtbaar op de Lelylijn tussen Emmeloord en Lelystad, waar in de referentie geen ritten zijn. Dit aantal is vergelijkbaar met het baanvak Zwolle-Wezep in de referentie. Tussen Emmeloord en Assen zijn ca. 20.000 ritten.

Op het bestaande spoor zijn toenames zichtbaar tussen Lelystad en Weesp (ca. 14.000 tot 17.000 extra ritten), tussen Weesp en Amsterdam Zuid (ca. 6.000 tot 7.000 extra ritten), tussen Wolvega en Leeuwarden (ca. 4.000 extra ritten) en tussen Groningen en Assen (ca. 7.000 ritten extra) Afnames op bestaand spoor zijn zichtbaar tussen Assen-Meppel (ca. 10.000 ritten minder), Wolvega-Meppel (ca. 3.000 ritten minder), Meppel-Zwolle (ca. 13.000 ritten minder) en de Hanzelijn (ca. 9.000 ritten minder). Daarnaast zijn een kleinere afnames zichtbaar op baanvakken op de Veluwelijn en zijn er toenames zichtbaar Weesp-Amsterdam Centraal.

3.4.4. Vergelijking van baanvakken en stations

Baanvakbelasting (etm.) nieuwe baanvakken (beide richtingen)		Afsluitdijk 4x	Zuidelijk 4x	Bundeling		
				2x	4x	8x
Station 1	**Station 2**					
Schagen	Leeuwarden	17.000				
Groningen	Drachten			20.000	25.000	29.000
Drachten	Heerenveen (Noord)			21.000	25.000	29.000
Heerenveen (Noord)	Emmeloord			28.000	35.000	39.000
Emmeloord	Lelystad		27.000	29.000	36.000	40.000
Emmeloord	Assen		20.000			
Boog Leeuwarden / Heerenveen	Emmeloord v.v.				10.000	10.000
Boog Leeuwarden / Wolvega	Emmeloord v.v.		6.000			

Tabel 19. Baanvakbelasting op de nieuwe baanvakken van de Lelylijn.

Tabel 19 toont de baanvakbelasting van de baanvakken op de nieuwe stukken spoor. In een paar gevallen gaat het om meerdere baanvakken (bijvoorbeeld Drachten-Leek-Groningen Suikerzijde-Groningen in de Bundeling 8x-variant). Hierbij is steeds het gemiddelde van de baanvakken genomen t.b.v. de vergelijkbaarheid.

De hoogste baanvakbelasting wordt in de Zuidelijke variant en Bundelingsvarianten gehaald tussen Emmeloord en Lelystad. De baanvakbelasting op de Afsluitdijk is met 17.000 dagelijkse ritten aanzienlijk minder hoog.

Tabel 20 toont een twintigtal bestaande baanvakken met hierbij de **totale baanvakbelasting** uit de referentie zonder Lelylijn (zie ook met daarachter de **toe- of afnames** op het betreffende baanvak per variant. Gezien de hoeveelheid bestaande baanvakken en stations is er gekozen om een selectie van relevante bestaande stations en een twintigtal maatgevende baanvakken te tonen. Het volledige beeld is weergegeven op de hiervoor getoonde kaarten. De tabel toont dat in elke variant de afname op het baanvak Meppel-Zwolle v.v. het grootste is. Ook de Hanzelijn, Hoogeveen-Meppel en Wolvega-Steenwijk kennen in alle varianten een afname. Groningen Europapark-Haren neemt in de Zuidelijke variant logischerwijs toe doordat via Assen gereden wordt. De grootste absolute toenames op bestaand spoor zijn zichtbaar op de Flevolijn tussen Lelystad en Weesp (m.u.v. de Afsluitdijkvariant, waar de toename tussen Schagen en Amsterdam zichtbaar is). Beide tabellen (19 en 20) tonen werkdagcijfers in 2040 in beide rijrichtingen.

Station 1	Station 2	Referentie zonder Lelylijn	Afsluitdijk 4x	Zuidelijk 4x	Bundeling 2x	Bundeling 4x	Bundeling 8x
Grijpskerk	Buitenpost	11.000	**8.000**	-	-	-	-1.000
Groningen Europapark	Haren	23.000	-2.000	**7.000**	-7.000	-8.000	-9.000
Hoogeveen	Meppel	25.000	**-3.000**	**-10.000**	**-8.000**	**-9.000**	**-10.000**
Grou-Jirnsum	Akkrum	12.000	-3.000	1.000	2.000	3.000	5.000
Wolvega	Steenwijk	12.000	**-3.000**	**-3.000**	**-4.000**	**-5.000**	**-5.000**
Meppel	Zwolle	41.000	**-6.000**	**-13.000**	**-13.000**	**-14.000**	**-15.000**
Kampen Zuid	Dronten	29.000	**-4.000**	**-9.000**	**-9.000**	**-9.000**	**-9.000**
Lelystad Centrum	Almere Oostvaarders	42.000	-4.000	**17.000**	**18.000**	**23.000**	**28.000**
Almere Muziekwijk	Almere Poort	91.000	-4.000	**14.000**	**16.000**	**21.000**	**26.000**
Weesp	Diemen	73.000	-1.000	5.000	4.000	8.000	6.000
Amsterdam Muiderpoort	Amsterdam Centraal	173.000	1.000	3.000	2.000	4.000	3.000
Weesp	Diemen Zuid	88.000	-3.000	7.000	12.000	14.000	20.000
Duivendrecht	Amsterdam RAI	80.000	-2.000	7.000	11.000	13.000	21.000
Amsterdam Zuid	Schiphol Airport	149.000	-2.000	4.000	7.000	6.000	8.000
Hoofddorp	Rotterdam Centraal	67.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Hoofddorp	Nieuw-Vennep	95.000	-1.000	2.000	2.000	-	-
Amsterdam Centraal	Amsterdam Sloterdijk	234.000	7.000	2.000	1.000	-	-1.000
Amsterdam Sloterdijk	Zaandam	122.000	**12.000**	1.000	1.000	1.000	1.000
Heiloo	Alkmaar	42.000	**12.000**	-	-	-	-
Heerhugowaard	Schagen	12.000	**16.000**	-	-	-	-

Tabel 20. Toe- of afnames per variant op twintig maatgevende bestaande baanvakken t.o.v. de referentie zonder Lelylijn. Bij een streepje (-) is er geen toe- of afname. Opvallende cijfers (zie tekst) zijn dikgedrukt weergegeven.

In/uitstappers nieuw station (per werkdag)	Afsluitdijk 4x		Zuidelijk 4x		Bundeling 2x		Bundeling 4x		Bundeling 8x	
"Witmarsum"*	900	2x								
Emmeloord			4.100	4x	3.500	2x	4.400	4x	4.200	4x
Drachten					5.600	2x	4.600	2x	7.100	6x
Lemmer									2.900	4x
Leek									3.000	4x
Heerenveen Noord									3.100	6x**
Groningen Suikerzijde									3.800	4x

Tabel 21. In- en uitstappers nieuwe stations met daarachter het aantal halterende treinen per uur per richting.
**Hubstation in het westen van Fryslân, locatie nader te bepalen.*
***Heerenveen Noord kent ook 2x per uur een stoptrein Leeuwarden-Zwolle.*

Tabel 21 toont het aantal in- en uitstappers voor eventuele nieuwe stations op de Lelylijn. De cijfers zijn exclusief overstappers. Ter referentie: station Witmarsum is qua instappers vergelijkbaar met Grou-Jirnsum. Emmeloord en Groningen Suikerzijde zijn vergelijkbaar met bijvoorbeeld Groningen Noord of Nijkerk. Drachten is te vergelijken met Amersfoort Vathorst (Bundeling 2x- en 4x-varianten) of Heerenveen (Bundeling 8x-variant). Lemmer, Leek en Heerenveen Noord zijn vergelijkbaar met stations zoals Winschoten, Nunspeet of Zuidhorn in de referentie zonder Lelylijn.

Daarnaast heeft de realisatie van de Lelylijn een effect op het gebruik van bestaande stations. Tabel 22 toont de procentuele toe- en afnames per station, met in de voorste kolom de aantallen in-/uitstappers uit de referentie zonder Lelylijn in 2040. Over het algemeen zijn de toenames op stations in Noord-Nederland relatief hoger dan in Noord-Holland of Flevoland. Dit komt grotendeels omdat in de Randstad de in/uitstappersaantallen hoger zijn dan in Noord-Nederland.

De toename van 21% op station Leeuwarden in de Afsluitdijkvariant valt voornamelijk toe te schrijven aan reizigers die van/naar Groningen reizen met de rechtstreekse intercity. Daardoor heeft Leeuwarden een stijging in de vervoerwaarde van/naar Groningen en van/naar Alkmaar. Daarnaast valt ook de afname in de Bundeling 8x-variant bij station Heerenveen op. Deze afname is te verklaren door de verplaatsing van in-/uitstappers naar het nieuwe station Heerenveen Noord. Gezamenlijk laten Heerenveen en Heerenveen Noord in deze variant wel een groei zien. In Heerenveen is het daarnaast noemenswaardig dat de Bundeling 2x-variant (+31%) een hogere vervoerwaarde oplevert dan de Bundeling 4x-variant (+20%). Een mogelijke verklaring hiervoor is mogelijk het feit dat station Heerenveen in de Bundeling 4x-variant door de zuidelijke ligging niet een rechtstreekse verbinding heeft met Drachten en Groningen, wat resulteert in relatief minder reizigers ten opzichte van de Bundeling 2x-variant, waar dit wel het geval is.

Verder is er bij de Bundeling 8x-variant sprake van een substitutie-effect van nieuwe stations. Zo is de toename van het aantal instappers op station Groningen twee procentpunt lager dan in de Bundeling 4x-variant terwijl er meer treinseries zijn toegevoegd. Dit is voornamelijk te verklaren doordat een deel van de reizigers verplaatst naar de nieuwe stations Leek en Groningen Suikerzijde.

De vergelijking van nieuwe stations in Tabel 21 laat dit effect ook zien bij Emmeloord en Lemmer. Zo heeft station Emmeloord in de Bundeling 8x-variant minder in/uitstappers dan in de Bundeling 4x-variant, doordat reizigers verplaatsen naar station Lemmer in de Bundeling 8x-variant.

In-/uitstappers bestaand station (etm.)	Referentie zonder Lelylijn	Afsluitdijk 4x	Zuidelijk 4x	Bundeling 2x	Bundeling 4x	Bundeling 8x
Groningen	40.200	7%	13%	21%	29%	27%
Leeuwarden	23.800	21%	3%	4%	9%	9%
Heerenveen	7.100	-3%	13%	31%	20%	-38%*
Assen	9.800	-1%	17%	0%	-1%	-2%
Amsterdam Centraal	270.500	1%	1%	1%	1%	0%
Amsterdam Zuid	121.300	-1%	1%	2%	2%	4%
Schiphol Airport	138.900	0%	1%	1%	1%	1%
Utrecht Centraal	296.300	0%	0%	0%	0%	0%
Rotterdam Centraal	150.400	0%	0%	1%	1%	1%
Den Haag Centraal	125.600	0%	0%	0%	0%	0%
Amersfoort Centraal	65.700	0%	0%	0%	0%	0%
Zwolle	60.200	0%	-2%	0%	0%	-1%
Lelystad Centrum	20.100	0%	7%	2%	1%	3%
Almere Centrum	44.000	0%	1%	1%	1%	1%

Tabel 22. In- en uitstappers bestaande stations.
** Dit effect ontstaat doordat Lelylijn-reizigers in deze variant (anders dan in Bundelingsvariant 2x en -4x) gebruikmaken van het nieuwe station Heerenveen Noord (zie Tabel 21).*

3.4.5. Bezettingsgraad zitplaatsen bestaande corridors

Door de komst van de Lelylijn neemt het aantal reizigers via de Flevolijn toe. Ook in de Afsluitdijkvariant worden bestaande treinen tussen Alkmaar en Amsterdam over de Zaanlijn drukker. Met name in spitsperioden kan dit tot drukke treinen leiden. Om te beoordelen of zich door de Lelylijn (extra) capaciteitsknelpunten voordoen, is in de vervoerwaardestudie een verdieping uitgevoerd naar de bezettingsgraad van de treinseries op deze corridors tijdens de spitsperioden. Hierbij is bij benadering gekeken naar de drukste trein per treinserie in het drukste halfuur.

Tabellen 23 t/m 25 geven de bezettingsgraad in de drukste intercity's op de Zaanlijn en de drukste stoptreinen en intercity's op de Flevolijn in het drukste halfuur van de ochtendspits in 2040 weer. Alle treinen rijden in de richting van Amsterdam. Er is uitgegaan van inzet van ICNG-13 (Intercity Nieuwe Generatie met 5+8 bakken (rijtuigen)) voor zowel de stoptreinen als de intercity's in het model. Deze treinen hebben een capaciteit van 715 zitplaatsen. Een percentage van 100% betekent dat er geen zitplaats meer is en alle 715 zitplaatsen bezet zijn. Een percentage van meer dan 123% betekent dat de volledige capaciteit van de trein (inclusief alle staplekken) is bezet. Voor alle bezettingsgraden geldt, dat deze hoger kunnen uitvallen op de drukste reisdag van de week en/of in drukkere maanden. De lengte van 13 bakken ICNG past op de intercitystations aan de Flevolijn en Zaanlijn. Voor stoptreinen geldt bij daadwerkelijke inzet van deze trein (kleinschalige) perronverlenging noodzakelijk is op meerdere stoptreinstations om de trein te kunnen laten halteren. Het is echter niet realistisch dat ICNG in de praktijk ook daadwerkelijk gebruikt gaat worden als stoptreinmaterieel.

Tabellen 23 en 24 tonen dat er in de referentie zonder Lelylijn driemaal een treinserie is waarbij er in het drukste halfuur geen zitplaatsen meer zijn. Dit is éénmaal op het traject Almere-Amsterdam Zuid (1x 100%) en tweemaal op het traject Zaandam-Amsterdam Sloterdijk (2x 146%). Voor de laatstgenoemde geldt dat dit met name komt doordat de ICNG minder zitplaatscapaciteit heeft dan de VIRM (dubbeldekker intercity) die hier gebruikelijker is dan de ICNG.

In de tabellen staan telkens onder de referentie één of meerdere varianten, waarbij het gewijzigde herkomststation van de treinserie als gevolg van doortrekken over de Lelylijn **dikgedrukt** is (we gaan immers uit van het doortrekken van eindigende treinseries in bijvoorbeeld Schagen of Lelystad over de Lelylijn). Daarnaast is het effect op andere treinseries (900, 1800, 4200 & 9200) op de corridors weergegeven.

Met de komst van de Lelylijn komen de voornaamste capaciteitsproblemen voor op de Zaanlijn in het Afsluitdijkalternatief. Hierbij is bij alle drie intercity's sprake van overbelasting van de trein in het drukste halfuur van de spits tussen Zaandam en Amsterdam Sloterdijk. Inzet van (dubbeldeks) Verlengd interregiomaterieel (VIRM) geeft hier meer capaciteit, echter is in dit onderzoek naar de Lelylijn uitgegaan van de inzet van de ICNG voor alle alternatieven (zie vertrekpunten in paragraaf 3.1.). VIRM kan immers de snelheden van 200 km/u niet halen en het doel van deze studie is de hoeken van het speelveld opzoeken.

Bezettingsgraad drukste trein (ICNG-13) ochtendspitsuur op gemiddelde weekdag in 2040H				
Variant	**Treinserie**	**Herkomst>Bestemming**	Alkmaar-Castricum of Heiloo	Zaandam-Amsterdam Sloterdijk
Referentie	800	Schagen>Maastricht	81%	146%
	900	Den Helder>Heerlen	97%	146%
	1000	Alkmaar>Venlo	46%	89%
Afsluitdijk 4x	800	**Groningen**>Maastricht	84%	148%
	900	Den Helder>Heerlen	95%	143%
	1000	**Groningen**>Venlo	88%	127%

Tabel 23. Bezettingsgraad van de drukste intercity (ICNG13) per treinserie op de Zaanlijn richting Amsterdam tijdens de ochtendspits (2040H) in referentie en Afsluitdijkvariant 4x.

Op de Flevolijn zijn de capaciteitsproblemen aanzienlijk minder dan op de Zaanlijn (zie Tabel 23). Enkel in de Bundeling 2x-variant zijn in de intercity Groningen-Amsterdam Zuid-Eindhoven tussen Lelystad, Almere en Amsterdam Zuid geen zitplaatsen (100-105% bezetting). Door de nieuwe doorgetrokken treinseries naar het noorden is er echter in alle varianten geen sprake overbezetting van zitplaatsen in de intercity Groningen-Zwolle-Amsterdam Zuid – waar dit in de referentie is dit wel het geval is. De (extra) reizigers van de Lelylijn lijken zich te spreiden over de verschillende treinen op de Flevolijn, waardoor de problematiek op de Flevolijn ten opzichte van de referentie in de meeste varianten iets afneemt.

Voor stoptreinen geldt dat in de Bundeling 4x-, Bundeling 8x- en Zuidelijke variant sprake is van een hoge bezettingsgraad tussen Weesp en Diemen (102 tot 110%). Ook bij de stoptreinen lijkt een mate van spreiding van reizigers ten opzichte van de referentie zonder Lelylijn zichtbaar op de Flevolijn. Echter moet er bij meeste varianten een klein deel van de reizigers staan in één van de stoptreinseries

Concluderend valt uit de tabel op te maken dat de komst van de Lelylijn in het Afsluitdijkalternatief het capaciteitsprobleem op de Zaanlijn tussen Zaandam en Amsterdam Sloterdijk verergerd. Op de Flevolijn zijn de effecten minder hevig en is sprake van een beperkte toename van het capaciteitstekort in de Bundeling 2x-variant in één intercitytrein. In andere varianten komt door reizigersspreiding deze overbelasting niet voor en heft dit ook de overbezette intercityserie in de referentie op. In enkele stoptreinen naar Amsterdam Centraal is tussen Weesp en Diemen zijn alle plaatsen bezet, maar kunnen alle reizigers nog wel mee (weliswaar staand). Ook bij stoptreinen is in een aantal gevallen sprake van spreiding ten opzichte van referentie.

Bezettingsgraad drukste intercity (ICNG-13) ochtendspitsuur op gemiddelde weekdag in 2040H				
Alternatief	**Treinserie**	**Herkomst>Bestemming**	Lelystad C.-Almere C.	Almere C.-Amsterdam Z.
Referentie	1200	Lelystad C.>Eindhoven C.	26%	49%
	1800	Leeuwarden>Zwolle>Rotterdam C.	93%	88%
	4300	Lelystad C.>Hoofddorp	24%	49%
	9200	Groningen>Zwolle>Rotterdam C.	100%	95%
Bundeling 2x	1200	**Groningen**>Eindhoven C.	101%	104%
	1800	Leeuwarden>Zwolle>Rotterdam C.	72%	73%
	4300	**Leeuwarden**>Hoofddorp	55%	66%
	9200	Groningen>Zwolle>Rotterdam C.	73%	75%
Bundeling 4x	1200	**Groningen**>Eindhoven C.		92%
	1800	Leeuwarden>Zwolle>Rotterdam C.	83%	82%
	4300	**Leeuwarden**>Hoofddorp	48%	67%
	9200	Groningen>Zwolle>Rotterdam C.	84%	84%
Bundeling 8x	1200	**Groningen**>Eindhoven C.	84%	96%
	1800	Leeuwarden>Zwolle>Rotterdam C.	78%	76%
	4300	**Leeuwarden**>Hoofddorp	28%	53%
	9200	Groningen>Zwolle>Rotterdam C.	80%	80%
Zuidelijk 4x	1200	**Groningen**>Eindhoven C.	71%	89%
	1800	Leeuwarden>Zwolle>Rotterdam C.	70%	74%
	4300	**Leeuwarden**>Hoofddorp	50%	59%
	9200	Groningen>Zwolle>Rotterdam C.	65%	71%

Tabel 24. Bezettingsgraad van de drukste intercity (ICNG13) per treinserie op de Flevolijn richting Amsterdam tijdens de ochtendspits (2040H) in referentie en de Lelylijnvarianten Bundeling 2x/4x/8x en Zuidelijk 4x.

In het MIRT-onderzoek Lelylijn is onderzoek gedaan volgens de uitgangspunten van het WLO-hoog in het model Landelijk Model Systeem. Dit is hetzelfde model dat voor de Integrale Mobiliteitsanalyse gebruikt wordt. In de referentie, zonder Lelylijn, worden daarom grofweg dezelfde conclusies getrokken, waarin op de Flevolijn één specifieke treinserie, de serie 1800, knelpunten kent. Door de andere lijnvoering van de Lelylijn lijken (extra) reizigers zich te spreiden over de verschillende treinen op de Flevolijn, waardoor de problematiek op de Flevolijn ten opzichte van de referentie in de meeste varianten niet verergert.

In het MIRT-onderzoek Amsterdam Bay Area is, naast een ander modelinstrumentarium ook een ander toekomstscenario dan WLO hoog gebruikt. Dit toekomstscenario heeft hogere woningbouwaantallen en daar aan gekoppeld relatief lagere arbeidsplaatsen. In het MIRT-onderzoek wordt daarover geconcludeerd dat: "Een schevere balans [van woningen en arbeidsplaatsen] leidt tot een grotere pendel tussen Almere en Amsterdam en daarmee ook aanzienlijk grotere knelpunten."

In concluderende zin kan gezegd worden dat de keuze voor uitgangspunten erg bepalend is voor de uitkomsten van de capaciteitsberekeningen, en daarmee voor de verwachte bereikbaarheidsopgaven. In het vervolgonderzoek Lelylijn zal waarschijnlijk gekozen worden voor een andere lijnvoering, waardoor het zinvol is om deze analyse opnieuw uit te voeren. Eind dit jaar of begin volgend jaar wordt de update van de WLO-scenario's verwacht, wat ook een andere impact kan hebben. Bovendien is het aan te bevelen om een aanvullend toekomstscenario te maken waarin de realistisch verhoogde woningaantallen en arbeidsplaatsen worden meegenomen.

Bezettingsgraad drukste stoptrein (ICNG-13) ochtendspitsuur op gemiddelde weekdag in 2040H					
Alternatief	**Treinserie**	**Herkomst>Bestemming**	Lelystad C.-Almere Oo-stvaarders	Almere C.-Almere Muziekwijk	Weesp-Diemen (Zuid)
Referentie	4200	Zwolle>Hoofddorp	47%	58%	86%
	4600	Almere Oostvaarders > Amsterdam C.		63%	95%
	6500	Almere Oostvaarders > Amsterdam C.		52%	84%
Bundeling 2x	4200	Zwolle>Hoofddorp	48%	59%	87%
	4600	Almere Oostvaarders > Amsterdam C.		66%	97%
	6500	Almere Oostvaarders > Amsterdam C.		51%	83%
Bundeling 4x	4200	Zwolle>Hoofddorp	52%	66%	94%
	4600	**Leeuwarden** > Amsterdam C.	18%	72%	102%
	6500	**Groningen** > Amsterdam C.	26%	66%	96%
Bundeling 8x	4200	Zwolle>Hoofddorp	44%	59%	86%
	4600	**Groningen/Leeuwarden** > Amsterdam C.	17%	61%	84%
	6500	**Groningen/Leeuwarden** > Amsterdam C.	22%	74%	110%
Zuidelijk 4x	4200	Zwolle>Hoofddorp	39%	55%	88%
	4600	**Leeuwarden**>Amsterdam C.	21%	72%	103%
	6500	**Groningen**>Amsterdam C.	19%	63%	93%

Tabel 25. Bezettingsgraad van de drukste stoptrein (ICNG13) per treinserie op de Flevolijn richting Amsterdam tijdens de ochtendspits (2040H) in referentie en de Lelylijnvarianten Bundeling 2x/4x/8x en Zuidelijk 4x.

3.5. Vf-analyse

Om wat te kunnen zeggen over de invloed van de Lelylijn op de OV-bereikbaarheid ten opzichte van de autobereikbaarheid, is gebruikgemaakt van de vf-waarde. De vf-waarde omvat de verplaatsingsfactor, die valt te berekenen door de reistijd met het OV te delen door de reistijd met de auto. Stel, een rit van A naar B met het OV is 60 minuten, maar met de auto is dat 45 minuten, dan is de verplaatsingsfactor 60 / 45 = 1,33.
Om een goed vergelijk te kunnen maken zijn de volgende uitgangspunten en procedures gehanteerd:

- Voor herkomsten en bestemmingen is gebruikgemaakt van LMS-gebieden. Nederland kent ongeveer 1500 LMS-gebieden. Dit zijn gebieden waar vanuit het Landelijk Modelsysteem haar analyses draait.
- Van elk alternatief is er een analyse gemaakt van reistijden per auto en OV per LMS-gebied naar een ander LMS-gebied voor verplaatsingen verder dan 35 kilometer.
- Vervolgens is van al deze reistijden per herkomst-bestemmingsrelaties telkens de vf-factor berekend. Dus er is vanuit gebied 1 naar gebied 2 een vf-waarde, van gebied 1 naar gebied 3, etc. tot de waarde van gebied 1500 naar 1499 (bij wijze van spreken). Dit levert een grote tabel op met alle vf-waardes voor alle relaties
- Voor elk gebied is tenslotte een gemiddelde genomen van de vf-waarden die voor de herkomst-bestemmingsrelaties van dat betreffende gebied berekend zijn. Daarmee heeft elk gebied dus een gemiddelde vf-waarden voor verplaatsingen verder dan 35 kilometer.
- Door deze procedure voor de vijf varianten (Bundeling 2x, -4x, -8x, Afsluitdijk en Zuidelijk) en de referentie uit te voeren, zijn de gemiddelde vf-waardes per LMS-gebied per variant inzichtelijk en kunnen deze afgezet worden tegen de referentie zonder Lelylijn. Daarmee wordt de relatieve toename van de OV-bereikbaarheid ten opzichte van de autobereikbaarheid als gevolg van de Lelylijn inzichtelijk.

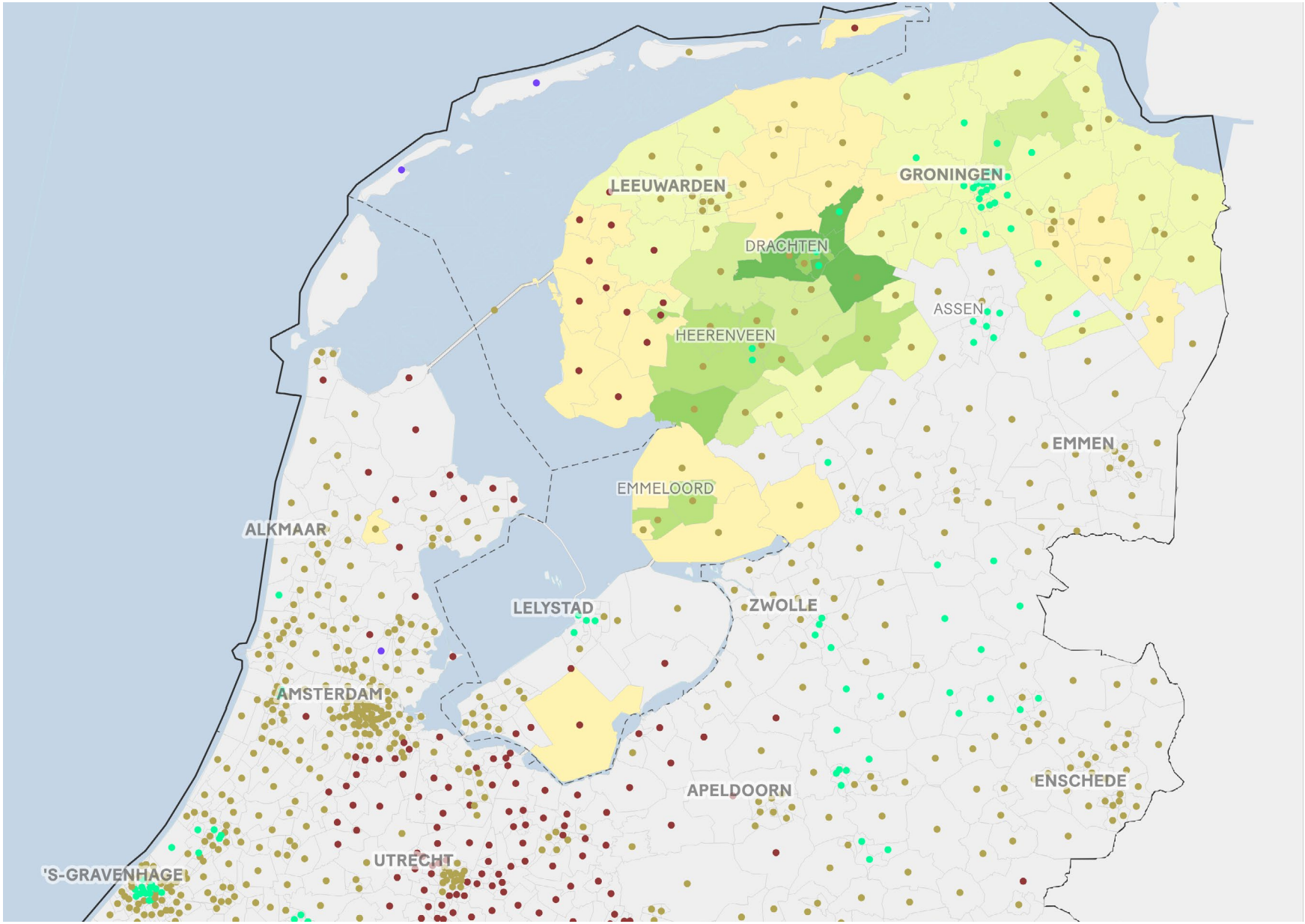
De resultaten van de analyse per variant zijn inzichtelijk op de volgende pagina's in Figuur 27 t/m Figuur 31 inzichtelijk gemaakt. Per LMS-gebied is een punt en een vlak zichtbaar.

De kleur van het puntje geeft de gemiddelde vf-waarde van het betreffende gebied weer. Er zijn vier categorieën, waarbij in het geval van een waarde lager dan 1 gemiddeld genomen de OV-reistijd van bestemmingen >35km lager is dan met de auto. Dit komt bijna niet voor. De volgende categorie is waarden tussen 1 en 1,25. In deze categorie is het OV qua gemiddelde reistijd langer dan de gemiddelde autoreistijd. Echter wordt het ov op deze relaties vaak nog wel als aantrekkelijk ervaren (het is niet heel veel langer dan met de auto). Bij waarden boven de 1,25 wordt de auto steeds aantrekkelijker ten opzichte van het OV. Over het algemeen is op de kaarten zichtbaar dat er relatief meer hoge vf-waarden zijn buiten stedelijke gebieden en wat lagere waarden binnen stedelijke gebieden in Noord-Nederland. Dit is logischerwijs te verklaren doordat het OV in stedelijk gebied wat fijnmaziger is. In de Randstad is dit verschil minder zichtbaar en is de autoreistijd op de langere afstand veelal korter dan de OV-reistijd.

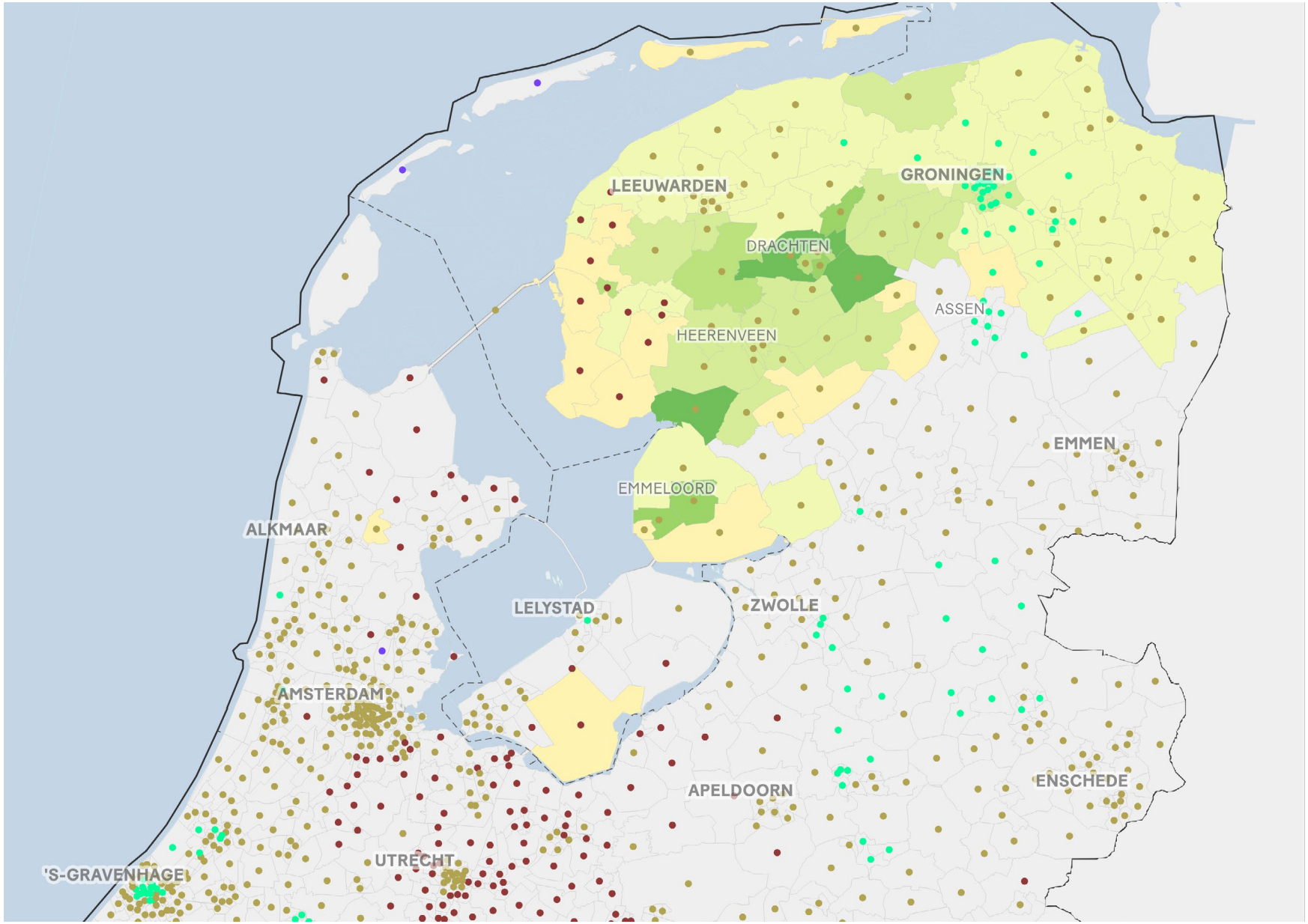
De vlakken tonen de verandering van de vf-waarde die de betreffende Lelylijn-variant teweegbrengt ten opzichte van de referentie zonder Lelylijn. Met name in en rondom LMS-gebieden met een nieuw station op de Lelylijn is een afname zichtbaar. Het zwaartepunt hiervan ligt in de Bundelingsvarianten en de Zuidelijke variant voornamelijk in het zuidoosten van Fryslân en Emmeloord. Dit betekent dat de OV-bereikbaarheid op (middel)lange afstand hier het meeste toeneemt in vergelijking met de referentie zonder Lelylijn. Verder zijn in en rondom Groningen relatief veel groene puntjes waarneembaar, hetgeen erop wijst dat voor dit gebied het OV ten opzichte van de auto voor bestemmingen >35km aantrekkelijk is. Bij de Afsluitdijkvariant is de grootste toename van de OV-bereikbaarheid zichtbaar in westelijk Fryslân. Vf-waarden blijven hier echter relatief hoog.

Ten slotte is in alle vijf varianten een toename van de OV-bereikbaarheid (in vergelijking met de referentie) op (middel)lange afstand ten opzichte van de autobereikbaarheid waarneembaar in grote delen van de rest van Fryslân, Groningen en delen van Drenthe en Flevoland. In de Afsluitdijkvariant gaat het noordelijke deel van Noord-Holland er ook op voor uit.

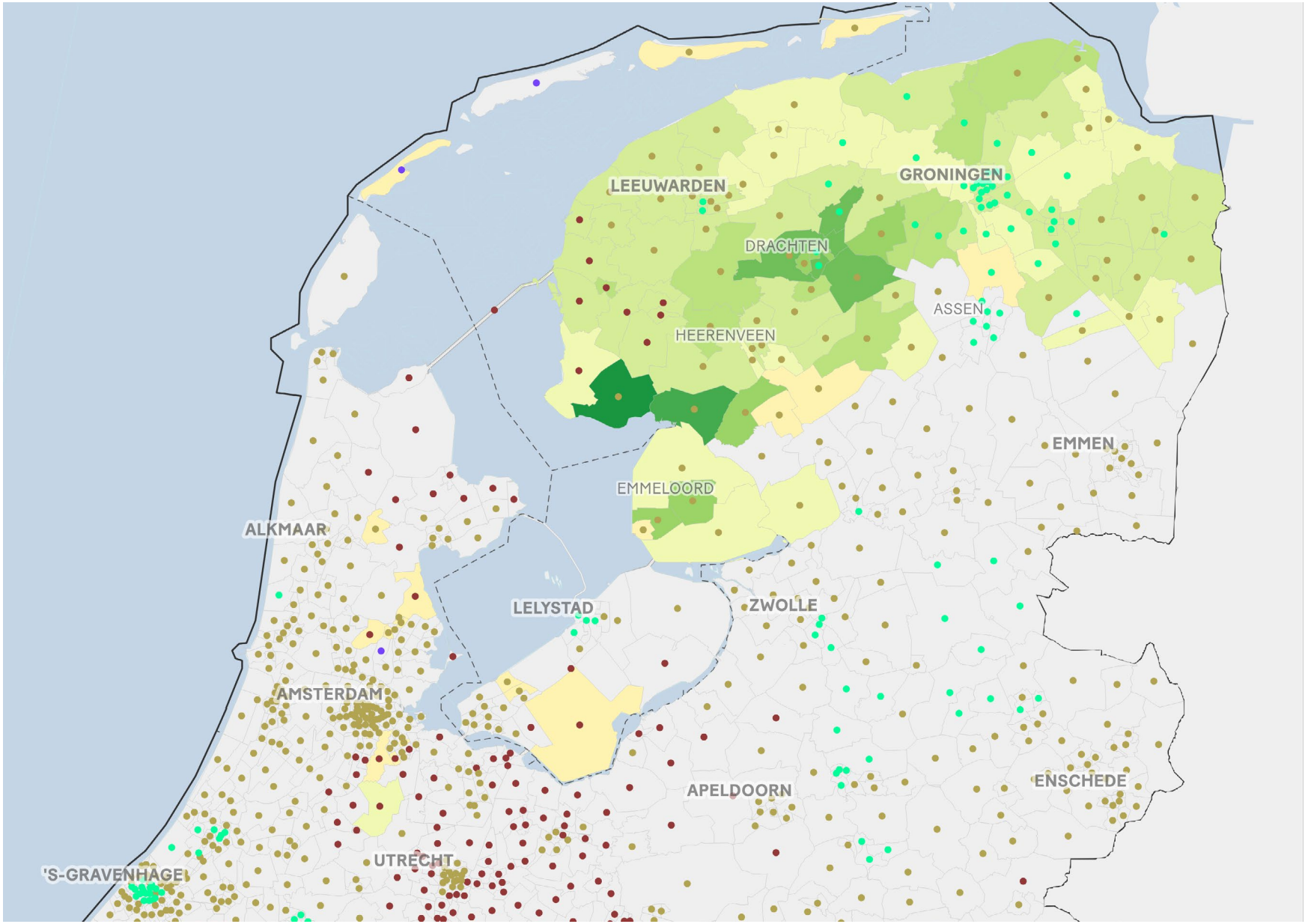
Aan het eind van deze paragraaf is een vergelijking gemaakt tussen de varianten en de effecten per regionaal gebied.



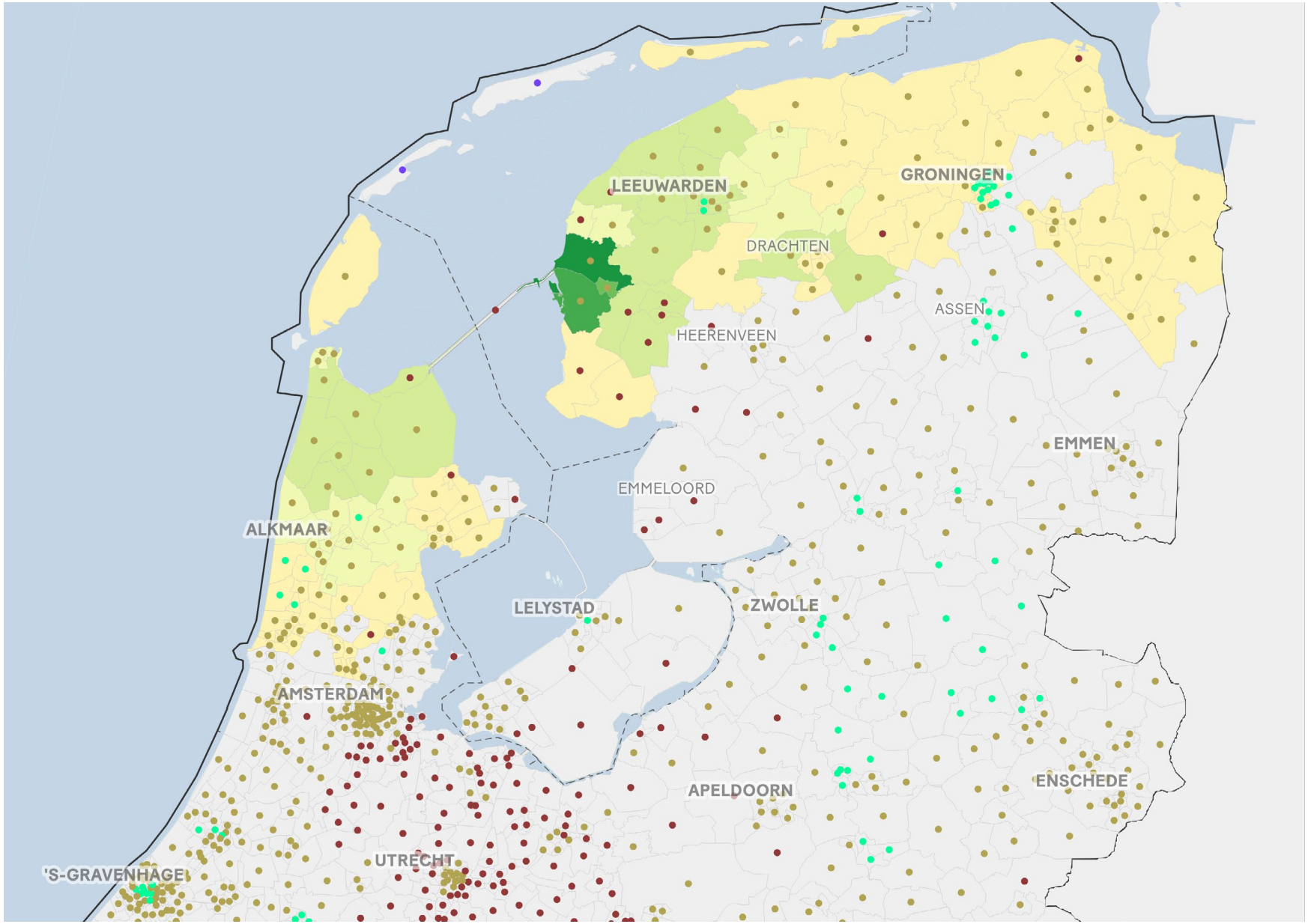
Figuur 27. Vf-waarden (punten) per LMS-gebied en de het verschil in vf-waarde (vlakken) t.o.v. referentie als gevolg van de Bundeling 2x-variant van de Lelylijn.



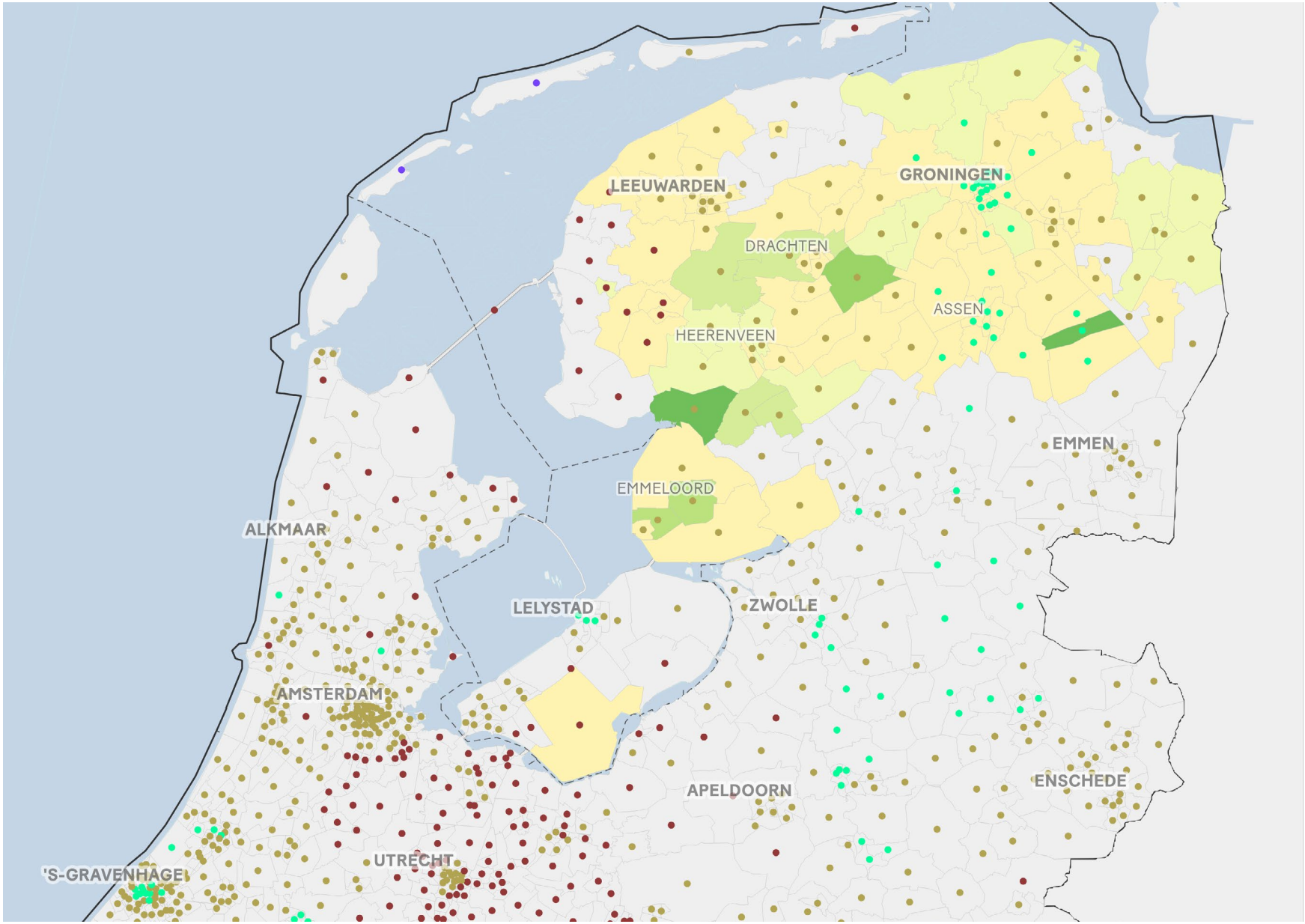
Figuur 28. Vf-waarden (punten) per LMS-gebied en de het verschil in vf-waarde (vlakken) t.o.v. referentie als gevolg van de Bundeling 4x-variant van de Lelylijn.



Figuur 29. Vf-waarden (punten) per LMS-gebied en de het verschil in vf-waarde (vlakken) t.o.v. referentie als gevolg van de Bundeling 8x-variant van de Lelylijn.



Figuur 30. Vf-waarden (punten) per LMS-gebied en de het verschil in vf-waarde (vlakken) t.o.v. referentie als gevolg van de Afsluitdijk 4x-variant van de Lelylijn.



Figuur 31. Vf-waarden (punten) per LMS-gebied en de het verschil in vf-waarde (vlakken) t.o.v. referentie als gevolg van de Zuidelijk-4x-variant van de Lelylijn.

3.5.1. Nadere duiding vf-analyse

Groningen
In de Bundelingsvarianten neemt in alle gevallen de vf-waarde op ritten verder dan 35km in Groningen af (Figuren 27-29). Ook een groot deel van het ommeland van Groningen kent een afname. Bij de Zuidelijke- en Afsluitdijkvariant is het effect minder groot (Figuren 30 en 31). Wel valt op dat Groningen stad in alle varianten in de categorie 1-1,25 valt, wat suggereert dat de vf-waarde van de stad op ritten verder dan 35km in de referentiesituatie ook veelal rond deze waarde zit. Daarmee zit Groningen al op een relatief lage Vf-waarde waardoor deze vernoedeijk minder sterk afneemt ten opzichte van de omliggende gebieden. In het ommeland, middels de knoop Groningen verbonden met de Lelylijn, is een verschuiving naar de categorie 1-1,25 waarneembaar (met name bij de Bundelingsvarianten en de Zuidelijke variant) op ritten verder dan 35km.

Drachten
Figuur 27 toont dat de Bundeling 2x-variant in gebieden rondom Drachten een afname van 0,3 tot 0,4 tonen ten opzichte van de referentie. De vf-waarde verandert in deze gebieden dus aanzienlijk ten gunste van het OV op ritten verder dan 35km. Deze verandering brengt een aantal vf-waardes in Drachten tussen 1 en 1,25 op ritten verder dan 35km. Daarmee is het gebied op langere afstanden relatief goed per OV bereikbaar. Een effect van de intercitystop in Drachten in deze variant, is hierdoor waarneembaar in vergelijking met Figuur 28, waar in Drachten met de Bundeling 4x-variant (zonder intercitystop) een beperktere afname van de vf-waarde tot de categorie 1,25-1,5 zichtbaar is. De Bundeling 8x-variant in Figuur 29 laat rondom Drachten een vergelijkbare toename zien als de Bundeling 2x-variant. Bij de Zuidelijke- en Afsluitdijkvariant is de toename van de vf-waarde in dit gebied logischerwijs aanzienlijk minder, maar niet volledig afwezig (Figuren 30 en 31).

Heerenveen
In de plaats Heerenveen is een afname van de vf-waarde op ritten verder dan 35km het voornaamst zichtbaar in de Bundeling 2x-variant (Figuur 27). Verklaring hiervoor lijkt het gebruik van het bestaande station te zijn. Doordat dit tevens een regionale OV-knoop is voor het gebied rondom Heerenveen, neemt ook hier de vf-waarde aanzienlijk af. De afname is niet zo sterk als rondom Drachten, omdat Heerenveen al een station heeft, waardoor de vf-waarde hier op langere reistafstanden met het OV al wat lager ligt. De andere Bundelingsvarianten (4x en 8x) laten een minder grote afname zien (Figuren 28 en 29). Een verklaring hiervoor zou enerzijds de missende verbinding naar Groningen/Drachten-Heerenveen kunnen zijn (Bundeling 4x- en Zuidelijke variant) en anderzijds het de verminderde aansluiting op de OV-knoop van het bestaande station doordat gestopt wordt op Heerenveen Noord (Bundeling 8x-variant). Het onderliggende OV-netwerk is namelijk in deze studie niet grootschalig gewijzigd om goed aan te sluiten op de nieuwe verbinding die de Lelylijn biedt. Uitzondering hierop is Lemmer, waar in alle Bundelingsvarianten een sterke vermindering van de vf-waarde op ritten verder dan 35km waarneembaar is (mede door station Emmeloord). In de Bundeling 8x-variant door toevoeging van station Lemmer ook een effect in Gaasterland zichtbaar (Figuur 29).

Emmeloord
In Emmeloord is de afname van de vf-waarde op ritten verder dan 35km in alle varianten m.u.v. de Afsluitdijk vergelijkbaar (Figuren 27-29 en 31). Het omliggende gebied profiteert ook, maar door de beperkte aansluiting van het station op onderliggend OV in deze fase van de studie, zijn de toenames hier beperkter. Wel is er zoals eerder genoemd naar verwachting een effect in Lemmer door een station in Emmeloord – mogelijk door de goede busverbinding over de A6.

Leeuwarden
Voor de stad Leeuwarden en omliggende gebieden is de grootste afname van de vf-waarde op ritten verder dan 35km waarneembaar in de Bundeling 8x- en Afsluitdijkvariant (Figuren 29 en 30). Hierbij zijn in Leeuwarden ook twee gebieden waarbij de vf-waarde onder 1,25 uitkomt, hetgeen erop wijst dat voor dit gebied het OV ten opzichte van de auto voor bestemmingen >35km aantrekkelijk is. Bij de Zuidelijke variant is de afname van de vf-waarde aanzienlijk minder sterk (Figuur 31). In de Afsluitdijkvariant is tenslotte nog het gebied rondom het nieuwe station Witmarsum opvallend, waar een grote vermindering van de vf-waarde (< -0,5) zichtbaar is.

Assen
De Zuidelijke variant toont in Figuur 31 in en rondom Assen een vermindering van de vf-waarde voor ritten verder dan 35km. Bij andere varianten is er weinig tot geen effect. Het groene gebied ten westen van Stadskanaal is waarschijnlijk te verklaren door een goede overstap van een buslijn op de Lelylijn in Assen.

Kop van Noord-Holland
De Afsluitdijkvariant toont in Figuur 30 een afname van de vf-waarde op ritten langer dan 35km in een groot deel van de Kop van Noord-Holland door de Lelylijn.

4

Uitwerking basisalternatieven

4.1. Leidende ontwerpprincipes

Om richting te geven aan het vormgeven van de basisalternatieven hanteren we uitgangspunten (leidende ontwerpprincipes). Leidende ontwerpprincipes zijn een abstracte vertaling en samenvatting van verschillende belangen en richtlijnen die een rol spelen bij het inpassen van een basisalternatief.
Het doel is dan ook drieledig:

1. Richtinggevend: richting geven aan de tracé-ontwerpers bij het uitwerken en vormgeven van verschillende tracés van de Basisalternatieven.
2. Afwegen belangen: Stakeholders op een heldere en beknopte wijze laten zien welke uitgangspunten we hanteren en dat niet altijd aan alle belangen tegelijk voldaan kan worden bij een infrastructuurontwikkeling van de omvang van de Lelylijn.
3. Basis verankeren: We vragen uiteindelijk de Stuurgroep in te stemmen met voorliggende uitgangspunten. Dit geeft een basis voor de rapporten over bouwstenen, ontwerpkeuzes en de alternatieven inclusief kostenraming van deze fase (de MIRT-Onderzoeksfase).

Toepassing

In de volgorde van onderstaande uitgangspunten zit vooralsnog geen prioritering. De leidende ontwerpprincipes zijn gepresenteerd aan deelnemers van de Werksessie Uitgangspunten op donderdag 2 november 2023. Op basis van de discussie met elkaar, zijn de leidende ontwerpprincipes aangevuld en aangescherpt. In deze sessie werd ook duidelijk dat het enkel richtinggevende principes zijn en dat regelmatig bij de uitwerking zal blijken dat 1 of meer principes niet, dan wel niet gelijktijdig toegepast kunnen worden. Wanneer dit geval is, zal dit worden onderbouwd (waarom dit niet kan en waarom een afwijkende uitwerking is gehanteerd). Onder andere in de provincie-ateliers van eind november 2023 en begin december 2023 zijn we aan de slag gegaan met de basisalternatieven en werkten we met een brede groep van experts van provincies, gemeenten, waterschappen, RWS en ProRail verschillende bouwstenen per alternatief uit.

We zijn ervan overtuigd dat we met deze uitgangspunten gezamenlijk de belangrijkste kostendrivers in beeld hebben gekregen en op voldoende niveau hebben kunnen uitwerken. Ook zorgen deze uitgangspunten ervoor dat we komen tot plausibele alternatieven waarvoor we een realistische kostenraming kunnen maken.



Vigerende wet- en regelgeving

Onze ontwerpen voldoen aan **vigerende wet- en regelgeving**, waaronder de ontwerpvoorschriften van ProRail (bijvoorbeeld normen voor hellingen en goederenvervoer niet onmogelijk maken), RWS, NEN en EN-NEN, TSI's, enzovoorts.



Water en bodem sturend
Klimaatverandering

Water en bodem zijn sturend in het ontwerp (Kabinetsbrief van 25 november 2022 over WABOS) en we houden rekening met klimaatverandering. Dit vertaalt zich onder andere in minimalisering van grondbeslag en materiaalgebruik, zo min mogelijk verharde/versteende oppervlakken, anticiperen op veranderende regenbuien (korter, meer heviger), en andere (hogere) waterpeilen (bijvoorbeeld hoger waterpeil in het IJsselmeer vanwege het principe water vasthouden of ophogen waterpeilen in veengebieden).



Ruimtelijke kwaliteit stedelijk en landschappelijk

Ruimtelijke kwaliteit is een randvoorwaarde en bekrachtigd door de Stuurgroep. Ruimtelijke kwaliteit uit zich op verschillende manieren:

1. Aansluiten op landschappelijke en stedelijke structuren, identiteit en kwaliteit:
   a. Herkomstwaarde (o.a. de basis van het landschap, omliggende wijken en dorpen, hoe het is ontstaan);
   b. Gebruikswaarde;
   c. Belevingswaarde;
   d. Toekomstwaarde: de toekomstbestendigheid van gemaakte keuzes (onder andere energie, landbouw).
2. Minimale versnippering/doorsnijding van landschap en stedelijk gebied.
3. Afdoende aandacht voor kwaliteit van de directe leefomgeving/omwonenden.



Ruimtelijke versnippering voorkomen en zoveel mogelijk bundelen

Bij het inpassen van nieuwe infrastructuur voorkomen we zoveel mogelijk ruimtelijke **versnippering** en ambiëren we zoveel mogelijk te **bundelen** met bestaande infrastructuur of bebouwing.



Sober en doelmatig

We **ontwerpen sober en doelmatig**. Vanuit het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat wordt dit principe gehanteerd in MIRT-studies. Maar het is ook van belang oog te houden voor de bredere opgaven van overheden (natuur, leefbaarheid, etc), waarbij mogelijk kosten minder prominent beschouwd moeten worden, maar juist ook de baten en kwaliteit van de oplossing. Doelmatig is ook het voorkomen van afwisselende snelheden langs het tracé. Dus, houd bij een gekozen ontwerpsnelheid deze ook zo lang mogelijk vast langs het gekozen tracé. Daarbij geldt ook dat een spoorverbinding exploitabel moet zijn: het moet voor een vervoerder mogelijk zijn om een dienstregeling te rijden die redelijkerwijs uitvoerbaar is.



Meekoppelkansen signaleren

Meekoppelkansen signaleren we en presenteren we, maar werken we in deze fase niet uit. Sober en doelmatig werken kan versterkt worden door meekoppelkansen. Meekoppelkansen kunnen bijvoorbeeld zijn: barrièrewerking verminderen, achterstallig onderhoud infrastructuur bij kruispunten verhelpen, sloop (te amoveren woningen bijvoorbeeld) en nieuwbouw, de combinatie van snelweg en Lelylijn bij de kruising met het Ketelmeer. Meekoppelkansen kunnen echter ook de complexiteit en kosten van een project laten toenemen. In deze fase is het nog te vroeg om dit uit te werken, er zijn immers nog te veel onzekerheden, vandaar dat we ze nu alleen signaleren.



Effecten minimaliseren

We houden rekening met de volgende maatschappelijk, landschappelijk en economisch waardevolle gebieden/gebouwen die we in principe **niet mogen raken, doorsnijden, dan wel verstoren** en de effecten minimaliseren:

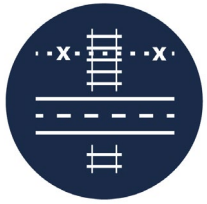
- Natura 2000-gebieden, NNN-gebieden en stiltegebieden,
- Waterwingebieden,
- Bestaande (woon)bebouwing,
- Planologisch vastgestelde plannen,
- Kabels en leidingen derden, zoals hoogspanningsmasten, transformatorstations, gas- en andere leidingen,
- Windturbines (niet al te oud),
- Begraafplaatsen.

Maar we weten ook dat in geval van de drie te onderzoeken basisalternatieven van de Lelylijn dit niet altijd mogelijk is.



Kruisende infra hanteren

De **functionaliteit van kruisende infra wijzigen we in principe niet**. Bijvoorbeeld: een provinciale N-weg met tweemaal 1 rijstrook met een naastliggend fietspad dat in twee richtingen bereden kan worden breiden we niet uit naar bijvoorbeeld tweemaal 2 rijstroken en een breder fietspad. Ook al is dat mogelijk een wens van de provincie en/of gemeente. Als de provincie en/of gemeente dit wenst, dan bestempelen we dit als meekoppelkans maar werken we deze in deze fase niet uit. Een ander voorbeeld: als door de komst van de Lelylijn meer treinen op een bestaand baanvak komen veranderen ook de dichtligtijden van beweegbare bruggen en overwegen. Doordat de Lelylijn de 'veroorzaker' is, worden in het kader van het project Lelylijn maatregelen getroffen om deze verminderde functionaliteit te compenseren.



Kleine infra combineren

Uitzondering op de vorige zijn relatief kleine wegen, kleine sloten en watergangen. Deze brengen we niet 1-op-1 terug, omdat we weten dat in een volgend stadium van planuitwerking de kruisende verbindingen mogelijk gecombineerd worden; maar hiervoor zijn ook dan parallel aan de nieuwe Lelylijn voorzieningen nodig; dus ook geld.

Dat geldt ook als bijvoorbeeld een huidige, gelijkvloerse overweg in een bestaande spoorlijn dicht moet; of misschien meer overwegen. En er komen minder ongelijkvloerse kruisingen voor terug. Dan neemt het project Lelylijn maatregelen om de bereikbaarheid te garanderen; bijvoorbeeld parallel aan het spoor wegen.



Maakbare, realistische ontwerpen

We maken **maakbare, realistische ontwerpen**, waarbij we rekening houden met het instand houden van ingebruik zijnde infrastructuur en deze slechts korte tijd buiten gebruik nemen om aanpassingen hieraan te verrichten.

Ook geldt hier dat door de komst de Lelylijn mogelijk kosten van beheer en onderhoud van aanpalende infrastructuur (bijvoorbeeld van waterschappen, Rijkswaterstaat, provincies en gemeenten) toenemen. Deze komen ten laste van de Lelylijn.

4.2. Toelichting begrippen

In de volgende paragrafen zijn de belangrijkste begrippen en werkwijzen nader uitgelegd. In Bijlage 3 geven we er meer toelichting bij.

4.2.1 Baanconcepten

4.2.1.1. Lage en hoge spoorbaan

We definiëren een lage en hoge baan voor de Lelylijn als volgt.

Lage spoorbaan
De Ontwerpvoorschriften Spoor van ProRail (OVS) schrijven bij een spoorbaan een drooglegging voor van minimaal 2,0 meter boven de hoogste grondwaterstand. Bij een spoorbaan, die tussen twee spoorsloten ligt, is dit het slootpeil met de opbolling van het grondwater in het grondmassief van de spoorbaan.

Met de aanname dat het waterpeil in de spoorsloten 0,5 meter onder het maaiveld is en de opbolling ongeveer 0,2 meter is, komt BS (Bovenkant Spoorstaaf) ongeveer op 1,7 meter boven maaiveld uit. Uiteraard kan dit niveau variëren afhankelijk van de door het waterschap gehanteerde polderpeilen. De lage baan of ook wel maaiveldligging duiden we in dit rapport ook vaak aan met '0' of '0-niveau'. Omdat het om relatief veel strekkende kilometers spoorbaan gaat hebben we dit uitgewerkt in een dwarsprofiel en zijn hier ook grondhoeveelheden voor de zandophoging voor bepaald. Deze hoeveelheden zijn exclusief zetting en/of grondverbetering. De totale breedte (inclusief talud en sloten) is ca. 45 meter.

Hoge spoorbaan
Een hoge spoorbaan is in theorie onbegrensd, maar leiden we af van de meest voorkomende situatie: het kruisen van lokale wegen. De weg met een drooglegging van ongeveer 1 meter ligt over het algemeen op maaiveld of juist iets daarboven. De minimale doorrijdhoogte is 4,6 meter. Vervolgens is er nog 1 tot 1,5 meter constructiedikte nodig voor een betondek en ballastspoor. Wat BS ongeveer op +6 meter boven maaiveld brengt. Het +6-dwarsprofiel gebruiken we dan ook voor het bepalen van de grondhoeveelheden voor een hooggelegen spoorbaan. De totale breedte (inclusief talud en sloten) is ruim 65 meter.

Aangezien de Lelylijn door relatief veel gebieden met slappe ondergrond gaat is dit ook het niveau waarop we de spoorbaan over laten gaan in een kunstwerk; bijvoorbeeld een eenvoudige plaatbrug. Vanuit kostenoverweging ligt de overgang aardebaan-kunstwerk tussen de 5 tot 8 meter boven maaiveld. Ofwel, de kans is groter dat bij die hoogtes een kunstwerk per strekkende meter goedkoper is dan een aardebaan met daaronder een grondverbetering. Ook andere aspecten spelen hierbij een rol zoals het lastiger worden van het inpassen van een hogere spoorbaan. Zeker in de nabijheid van kruisende infrastructuur. Dit leidt dan ook vaak tot het 'afsnuiten' van taluds met keerwanden, die ook relatief duur zijn.

4.2.1.2. Water en bodem sturend: Grondverbetering

De Nederlandse bodem kenmerkt zich door een afwisseling in draagkrachtige zandgronden en weinig draagkrachtige slappere klei- en veengronden. Een nieuwe spoorlijn bouwen op zandgronden is eenvoudiger en goedkoper in aanleg en onderhoud. Een groot deel van de Lelylijn ligt in gebieden met klei- en veengronden. Daarom is het van belang dat we aandacht besteden aan:

- in hoeverre aanvullende maatregelen nodig zijn bij aanleg van een nieuwe spoorbaan,
- of het onderzoeken zinvol is om de rijsnelheid van treinen op een bestaande spoorbaan te verhogen of juist aan te passen.

Eerst even wat uitleg: Wat is kritische treinsnelheid?
Een spoorbaan is opgebouwd uit zand. En in het geval een ondergrond van zand, dan is dit een zeer stabiele ondergrond, waar treinen met flinke snelheden overheen kunnen rijden. Maar in het geval van slappe klei- en/of veenlagen 'drijft' het baanlichaam op een – in de tijd – samengedrukt klei- en/of veenpakket. Zie de spoorbaan dan ook als een lange worst in een bak met dikke, Griekse yoghurt. Een trein met een zeker gewicht drukt al rijdend de worst iets naar beneden, waardoor zich een golf voor de trein vormt.

Vergelijkbaar met de boeggolf van een varend schip. Als de trein te snel rijdt dan kan dit leiden tot minder comfort voor de reizigers, of zelfs tot het ontsporen van de trein. Naarmate de trein zwaarder is, treedt dit probleem al op bij een lagere snelheid.
De kritische treinsnelheid is de snelheid waarbij de trein ongeveer even snel rijdt als de trillingsgolven (de boeggolf) in de bodem, die door de trein zelf worden opgewekt.

Landelijke Netwerkanalyse (LNA) ProRail
ProRail analyseert met vier ingenieursbureaus de stabiliteit en kritische treinsnelheid van alle spoorbanen in Nederland. Dit is ruim 3.000 kilometer spoorbaan. De analyse verloopt van grof naar fijn. Eind 2023 is Fase 1 afgerond. Resultaten hiervan heeft ProRail ter beschikking gesteld aan het project Lelylijn en we gebruiken deze dan ook dankbaar in combinatie met openbare gegevens over de opbouw van de Nederlandse ondergrond.

Bestaande spoorbanen
De resultaten van de analyse op kritische treinsnelheid presenteert ProRail in GIS. Er is een sterke correlatie tussen de kritische treinsnelheid en of de ondergrond uit zand of juist uit slappe klei- en/of veenlagen bestaat. Bij zandgronden is de kritische treinsnelheid ruimschoots voldoende; meer dan 200 km/u. In het geval van klei- en/of veenlagen onvoldoende. En zelfs onder bijvoorbeeld de geldende baanvaksnelheid van 140 km/u. Opgemerkt wordt dat deze discrepantie komt door de relatief grove (en conservatieve) berekening van de kritische treinsnelheid in Fase 1 van LNA. En dat deze bij een verfijndere berekeningsmethodiek in Fase 2 hoger is naar verwachting.

Voor bestaande spoorbanen concluderen we dan ook dat het zinvol kan zijn om te onderzoeken of de baanvaksnelheid verhoogd kan worden als er sprake is van een zandondergrond. Dit leiden we af uit de resultaten van LNA door de tracédelen waar de bepaalde kritische treinsnelheid gelijk of hoger is aan 200 km/u te bepalen. In het geval van slappe klei- en of veenlagen, is dit niet zinvol, omdat het zeer waarschijnlijk is dat dure grondverbeteringsmaatregelen toegepast moeten worden in een in gebruik zijnde spoorlijn. In zo'n geval moet vrijwel de gehele spoorbaan (waaronder spoorconstructie, bovenleiding, kabels en leidingen, kasten) afgebroken worden, vervangend busvervoer ingezet worden en nadien weer het gehele spoor opgebouwd worden. Mogelijk dat er in de toekomst wel technieken voorhanden zijn, waarbij de impact op de spoorbaan en de treindienst minder is.

Nieuwe spoorbaan Lelylijn
De redeneerlijn bij bestaande spoorbanen kunnen we ook vertalen naar de nieuwe spoorbaan voor de Lelylijn:

- Op zandgrond is geen (of vrijwel geen) grondverbetering nodig, hooguit een geringe mate van verstijving zoals toegepast bij HSL Zuid in het Brabantse deel (slabtrack), of zoals in Italië wordt toegepast: asfalt. Omdat we bij de constatering dat de nieuwe Lelylijn over zandgronden loopt niet helemaal zeker zijn of het zand ook de juiste kwaliteit heeft, rekenen in dit geval toch een geringe grondverbetering in de kostenraming. Aantonen van de juiste kwaliteit zand in de ondergrond vindt namelijk in een later stadium plaats met gespecialiseerd geotechniek veld- en laboratoriumonderzoek.
- Bij klei- en of veenlagen moeten we hoe dan ook een 'verstijving' van de slappe lagen toepassen. In dit stadium van het project heeft het geen zin om in te gaan op welke technische mogelijkheden van grondverbetering er zijn. Wel is het verstandig om voor de bepaling van de investeringskosten uit te gaan van:
  - Klasse 0 grondverbetering is een eenvoudige/lichte grondverbetering, waarbij de dikte van de klei en/of veenlagen minder 3 meter is;
  - Klasse A (lage baan) of B (hoge baan) grondverbetering: toegepast bij slappe lagen met een dikte van 3 tot 5 meter;
  - Klasse C (lage baan) of D (hoge baan) grondverbetering: 5 tot 10 meter;
  - Klasse E (lage baan) of F (hoge baan) grondverbetering is relatief zwaar en passen we toe bij diktes van de klei- en/of veenlagen groter dan 10 meter. De kans wordt dan ook groter dat het in deze gevallen goedkoper is een betonconstructie toe te passen, wat ook een voordeel met zich meebrengt dat deze constructie relatief minder ruimte in beslag neemt.

Praktisch gezien hebben we voor alle nieuwe tracés de locatie en dikte van de klei- en /of veenlagen bepaald. Met de kostenramers hebben we afgestemd met welke toeslag gerekend moet worden.

Risico
Nieuwe inzichten in baanstabiliteit en kritische treinsnelheid naar aanleiding van bijvoorbeeld de al genoemde ProRail-studie Landelijke Netwerkanalyse leidt tot een zwaardere grondverbetering.

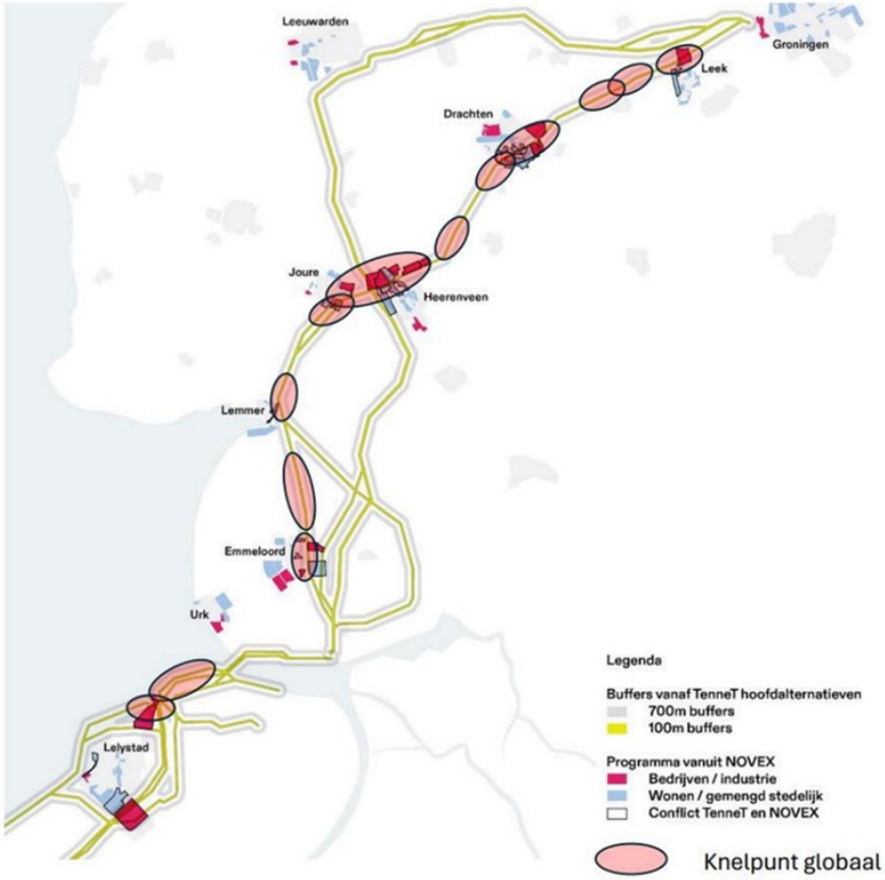
4.2.2. Relatie 380 kV en Lelylijn

Deze paragraaf beschrijft de situatie anno juni 2024. Beide projecten zijn in beweging, waardoor de situatie veranderlijk is.

De projecten Lelylijn en 380 kV (deeltrajecten Ens Vierverlaten & Ens Diemen) zijn beide in voorbereiding. Het 380 kV-project (MIEK-verkenning, MIEK staat voor Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie & Klimaat) loopt planning technisch voor op de Lelylijn (MIRT-Onderzoek). Binnen het 380 kV-project loopt Ens-Diemen een jaar vooruit op Ens-Vierverlaten. Zowel de projecten van de 380 KV als de Lelylijn beschouwen een bundeling met de bestaande rijkswegen A6/A7 als een mogelijke/kansrijke optie. Het Lelylijn project voert overleg met de projectorganisaties van beide delen van de 380 kV verbinding.

De genoemde projecten hebben als uitgangspunt dat ze de aanleg van het andere project niet onmogelijk willen maken. Bij een ongestoorde verdere voorbereiding van de 380 kV projecten is het waarschijnlijk dat de 380 kV tracés eerder in de planvormingsfase belanden dan de Lelylijn. Daarmee worden deze tracés een gegeven voor het project van de Lelylijn met alle bijbehorende consequenties. De mogelijkheid om de verschillende tracés goed onderling met elkaar in te passen is in die fase niet of nauwelijks meer aanwezig. Daarom moet dit vroegtijdig gebeuren om te voorkomen dat extra kosten van (mitigerende) maatregelen voor rekening komen van de Lelylijn. In de huidige fase van de projecten is het echter nog wel mogelijk om de inpassing van de verschillende tracés op elkaar aan te passen en gezamenlijk naar een meest optimale inpassing te streven.

Eind 2023 hebben de beide projecten door Movares een Quick Scan laten uitvoeren naar de (on)mogelijkheden van de combinatie van de hoogspanningsleiding en de spoorlijn. Dat was vooral een technische analyse. In vervolg daarop zijn op verzoek van het Lelylijn project door Arcadis en Studio Bereikbaar overzichten gemaakt van de knelpunten van de Lelylijn en 380 kV-tracés bij een gecombineerde bundeling met de A6/A7 en A32. Arcadis en Studio Bereikbaar hebben de knelpunten in beeld gebracht tussen de verschillende tracés (zie Figuur 32). Daarin zijn voor de vigerende 380 kV tracés langs de A6/A7/A32 in detail de knelpunten in beeld gebracht met de spoorlijn en de daaraan gekoppelde gebiedsontwikkeling.



Figuur 32. Knelpunten 380 kV met Lelylijn en NOVEX.

Rondom de spoorlijn zijn marges getekend van 100 en 700 meter ervan uitgaande dat buiten de 700 meter er geen knelpunt ontstaat tussen spoor- en elektriciteitsnetwerk en er binnen 100 meter grote complexiteit en (waarschijnlijk niet acceptabele) knelpunten ontstaan. Tussen de 100 en 700 meter moet per situatie bekeken worden welke maatregelen noodzakelijk zijn (en moet ook volgens de regelgeving aangetoond worden dat de combinatie mogelijk is). Ter hoogte van mogelijke treinstations is een bredere zone van 150 meter getekend. Op de kaart zijn daarnaast de beoogde en geplande gebiedsontwikkelingen ingetekend met daarbij aan weerszijde een afstand van 65 meter tot de 380 kV tracés.

De conclusie uit de knelpuntenanalyse van Arcadis en Studio Bereikbaar is dat er aanzienlijke knelpunten zijn in de combinatie van de 380 kV leiding en de Lelylijn, inclusief de daaraan gekoppelde gebiedsontwikkeling (zie Figuur 32). Deze analyses zijn met beide 380 kV projecten gedeeld. Over die analyses zijn de projecten het op hoofdlijnen ook eens. In het vervolgtraject is het noodzakelijk om nader onderzoek te doen naar de knelpunten en raakvlakken bij combinatie van beide projecten langs de A6/A7 en hierbij ook te kijken naar betere afstemming met verschuivingen van tracés en optimalisaties. Tevens dienen de effecten en beperkingen van combinatie in beeld te brengen, inclusief kosten, in beeld te worden gebracht.

4.2.3. Stationsconcepten en -typologieën

4.2.3.1. Stationsconcepten (spoor- en perronconfiguratie)

Om gevoel te krijgen wat de impact is op inpassing en kosten zijn verschillende spoor- en perronconfiguraties uitgewerkt:

- Variatie in midden- of eilandperron;
- Variatie in baanvaksnelheid van het spoor (160, 200 en 300 km/u).

Bij stations waar alleen stoptreinen halteren en intercity's doorrijden wordt ervan uitgegaan dat er passeersporen voor de intercity's zijn. In het geval van een eilandperron liggen deze aan de buitenzijde. Naarmate de baanvaksnelheid hoger is, is ook de lengte waarover deze passeersporen 'uitbuigen' langer: 1.170 meter bij 160 km/u, 1.330 meter bij 200 km/u en 1.890 meter bij 300 km/u. In een vervolgfase kan worden onderzocht of bij volledig autonoom rijden en afgesloten perrons met glazen deuren, deze passeersporen nog wel nodig zijn.

4.2.3.2. Stationstypologieën (voorpleinen)

Analyse

Voor elke stationslocatie hebben we de directe omgeving zorgvuldig geanalyseerd. Hierbij hebben we gekeken naar verschillende aspecten:

- Het aantal potentiële OV-gebruikers. Hierbij is het aantal inwoners binnen een straal van 2 km het belangrijkste criterium. Buiten deze straal neemt het aantal potentiële reizigers sterk af. Hiervoor zijn de CBS-data over aantal inwoners op buurtniveau geraadpleegd.
- De aard van de bebouwing in de omgeving, zoals woningen, industrie en bedrijven.
- Afstand tot (eventueel) bestaand busstation en buslijnen.
- De ligging van elke stationslocatie ten opzichte van grote wegen, rekening houdend met barrièrewerking en de potentie voor een hubfunctie.

Drie typologieën
Om een beter inzicht te krijgen in de verschillende soorten stationslocaties aan de Lelylijn, verdelen we ze onder in drie typologieën. In elke typologie zijn de interactie tussen het station, de stationsomgeving, de kenmerken van de stad, het dorp of het landschap en de aard en omvang van de verschillende vervoersstromen verschillend. Daarnaast speelt de nabijheid van belangrijke bestemmingen een rol. Zo heeft een stationsomgeving die voornamelijk wordt gebruikt door reizigers die met de auto arriveren een ander karakter dan een stationsomgeving waar een aanzienlijk deel van de reizigers met de fiets komt.

Met onder andere de 'Handreiking station en bestemming' uit het Stationsconcept[1] formuleren we de volgende 3 typologieën:

Landschap
Een station gelegen in het buitengebied met een belangrijke opstapfunctie voor omliggende dorpen. Een dergelijk station biedt soms ook recreatieve mogelijkheden, zoals aansluiting op fiets- en wandelroutes en natuurgebieden. Bus en fiets zijn belangrijke modaliteiten op deze locaties.

Buitenwijk
Dit type station ligt in buitenwijken of aan de rand van een stad of dorp. Ze dienen als knooppunten voor voor- en natransport naar de uiteindelijke bestemming. Busverbindingen en voldoende fiets- en autoparkeren zijn hier belangrijk.

Hub
Dit type station ligt aan een snel- of N-weg. Dit type vraagt om relatief veel P+R-voorzieningen.

Richtlijnen bepaling benodigde oppervlaktes
Fiets
Op basis van onze ervaringen in voorgaande projecten, hanteren we een gemiddelde van 1,6 vierkante meter per fiets. Hierin is een mix tussen enkel- en dubbellaags rekken voorzien.

Auto
Voor het creëren van een parkeerplaats in de openbare ruimte hanteren we gemiddeld een ruimtebeslag van ongeveer 25 vierkante meter. Dit omvat zowel het parkeervak zelf als de wegen en voorzieningen die naar de parkeerplaats leiden of op de parkeerplaats zelf.

Bus
Op basis van onze ervaringen in voorgaande projecten, hanteren we een gemiddelde voor een bushalte van per halte 300 vierkante meter tot 4 haltes, voor 4-6 haltes 400 vierkante meter per halte, en van 6-10 haltes 500 vierkante meter. Het extra aantal vierkante meters bij grotere busstations heeft te maken met aan- en uitrijdwegen voor bussen.

4.2.4. Ecologie en landschap versus tracering van de drie Basisalternatieven

Een leidend principe is het minimaliseren van de impact voor gebieden/ gebouwen met maatschappelijke en economische waarde (onder andere natuurgebieden). Tijdens de Provincie-ateliers in november en december 2023 werd zichtbaar hoe uitdagend het is om tracés uit te werken die geen inbreuk maken op ecologie en landschap. Tweetal voorbeelden, die we zijn tegenkomen:

- Met het Zuidelijke alternatief doorsnijden we het waardevolle cultuurlandschap in zuidwest Drenthe. Dit heeft een fijnmazige perceelstructuur. Daarnaast is het belangrijk om rekening te houden met de lagergelegen beekdalen, waar provincie en waterschap plannen hebben om de lagere gelegen delen te gebruiken om water vast te houden. Er is daarom door sommige stakeholders tijdens een provincie-atelier geopperd om toch door een Natura 2000-gebied te gaan met een viaduct op palen.
- Met betrekking tot Natura 2000 is de vraag in hoeverre deze al dan niet aangetast mogen worden (in hoeverre is doorsnijding mogelijk). Basisalternatief Afsluitdijk zou zelfs niet juridisch vergunbaar zijn. We passen immers de grens van het Natura 2000 IJsselmeergebied aan door aan de binnenkant van de Afsluitdijk een nieuwe spoordijk en/of viaduct aan te leggen. Het credo 'daar blijf je van af' betekent ook wat voor de doorsnijdingen van andere Natura 2000-gebieden in de tracés. Kunnen we daar (bijvoorbeeld bij Drents Friese Wold of Van Oordt's Mersken) nooit doorheen, maar moeten we daar altijd omheen of onderdoor?

De hierboven beschreven problematiek kan dan ook een grote rol gaan spelen bij de tracering en civieltechnische invulling van de basisalternatieven. Immers het is bij alle drie de basisalternatieven een feit dat Natura 2000-gebieden doorsneden worden. Of juist waardevolle landschappen, waaronder bijvoorbeeld fijnmazige kavelstructuur en beekdalen.

Voor een eventuele vervolgfase is het daarom verstandig om een quick scan 'vergunbaarheid' uit te voeren voor alle drie Basisalternatieven. Daarnaast verdient het aanbeveling om in een vervolgfase direct met landschapsarchitecten en ecologen tracés uit te werken, zodat een optimale afweging gemaakt kan worden tussen de tracering, landschap en ecologie.

Gebiedspaspoorten

Voor het Ontwikkelperspectief NOVEX Lelylijn zijn ook Gebiedspaspoorten ontwikkeld. Dit is opgesteld voor de volgende vier gebieden:

- Ketelmeer – IJsselmeer;
- Tsjûkemar;
- Van Oordt's Mersken – Bossen Beetsterzwaag;
- Leekstermeer – Matsloot/ Westpoort.

Hierin wordt dieper ingegaan op deze natuurgebieden en de aspecten die relevant zijn rond de Lelylijn. Het doel was om onderzoeksvragen te formuleren voor een eventuele vervolgfase (MIRT-Verkenningsfase) van de Lelylijn.

4.3. Basisalternatieven

In deze paragraaf worden de drie basisalternatieven in detail beschreven. Het gaat in op hele concrete elementen en de toon is stellig. Dit kan de indruk wekken dat het volledig is uitgewerkt en er al keuzes voor de toekomst gemaakt zijn. Dit is niet het geval. Goed om te vermelden dat dit versies zijn die voor deze MIRT-Onderzoeksfase zijn uitgewerkt om tot een plausibele kostenraming te kunnen komen. Het is niet gezegd dat dit de ontwerpen voor de toekomst zijn. In de komende fases wordt veel meer in detail naar inpassing gekeken. Veel later in het proces zullen keuzes over het tracé van de Lelylijn gemaakt worden en bijvoorbeeld over de locatie van een station. Voor nu was er een basis op hoofdlijnen nodig om een gedegen raming te kunnen maken.

In paragraaf 2.5 zijn de drie basisalternatieven geschetst die vertrekpunt vormen voor een nadere uitwerking van de verschillende varianten binnen deze basisalternatieven. In de paragrafen 4.3.1, 4.3.2 en 4.3.3 en beschrijven we dit respectievelijk voor:

1. Het Bundelingsalternatief: de bundeling A7/A6/A32 (werkhypothese NOVEX),
2. Het Afsluitdijkalternatief: via Noord-Holland en de Afsluitdijk naar Leeuwarden en daarna Groningen
3. Het Zuidelijk alternatief via Emmeloord naar het alternatief Assen en dan naar Groningen of Emmeloord en dan via bestaand spoor naar Heerenveen en Leeuwarden.

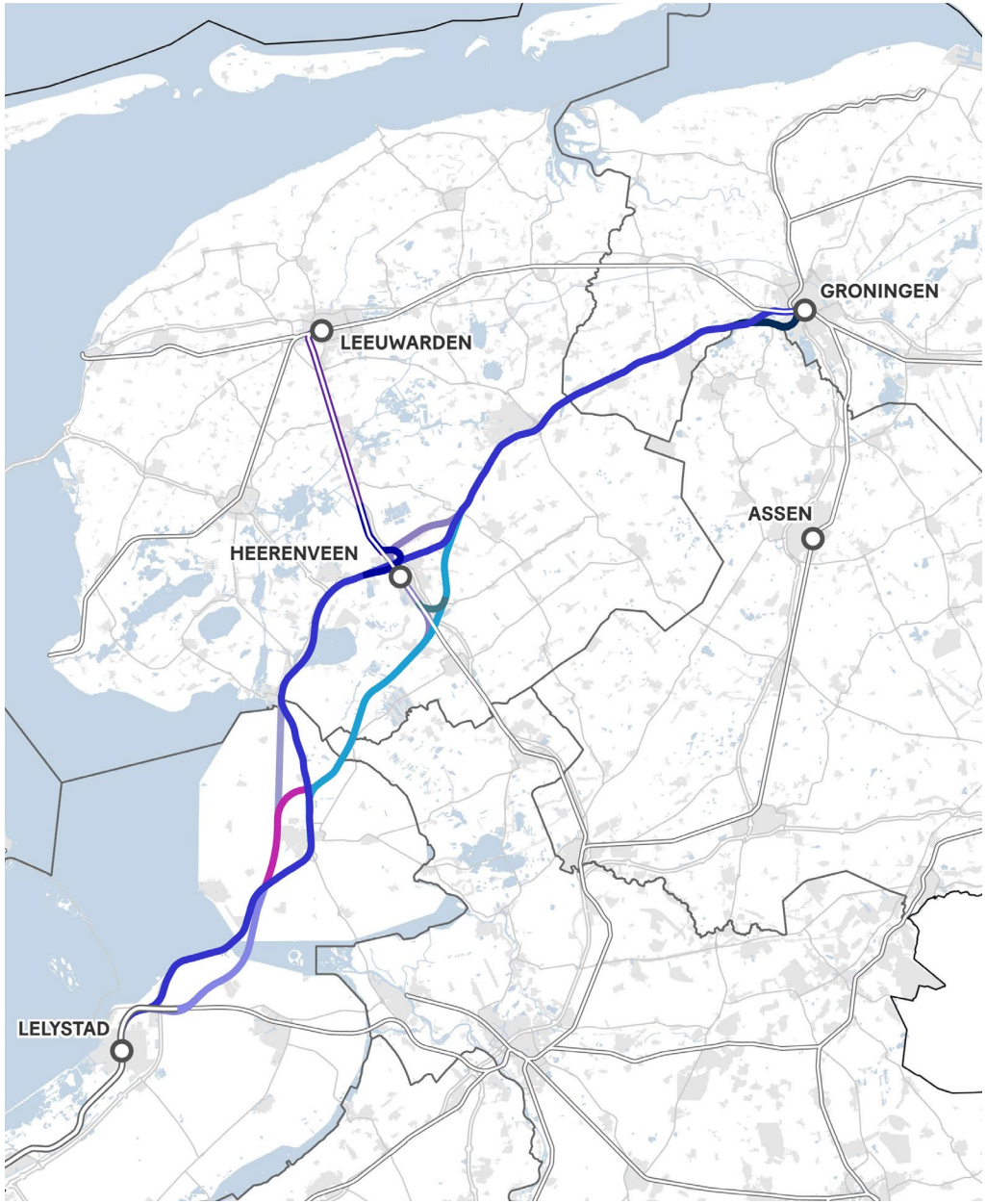


Figuur 33. Legenda van de kaarten in paragrafen 4.3 t/m 4.6.

4.3.1. Basisalternatief Bundeling A6/A7/A32

4.3.1.1. **Algemene beschrijving van basisalternatief**

Het verloop van het Bundelingsalternatief is weergegeven in Figuur 34. Voor dit basisalternatief wordt circa 123 km nieuwe spoorbaan aangelegd. De aftakking op het bestaande spoor van Heerenveen Noord naar Leeuwarden heeft een lengte van circa 28 km. Dit is het dubbelsporige en geëlektrificeerde baanvak Meppel-Leeuwarden. In de raming van kosten worden ook stations en het opstellen en servicen van extra treinen meegenomen. In de raming van het Bundelingsalternatief is uitgegaan van 4 stations. Dit geeft ruimte voor Emmeloord, Drachten, Heerenveen en een aanvullend (stoptrein) station. In het hoofdstuk over de ramingen wordt ook ingegaan op bandbreedtes voor stations (waar moet je ongeveer aan denken bij de ontwikkeling van een station). Hiermee kan een beeld verkregen worden over de kosten van het toevoegen van meer stations. Hieronder wordt per trajectdeel beschreven waar we voor de raming vanuit zijn gegaan. Verderop in het hoofdstuk staan mogelijke variaties beschreven die verder onderzocht moeten worden in de volgende fases.



Figuur 34. Overzicht Basisalternatief Bundeling A6/A7/A32.

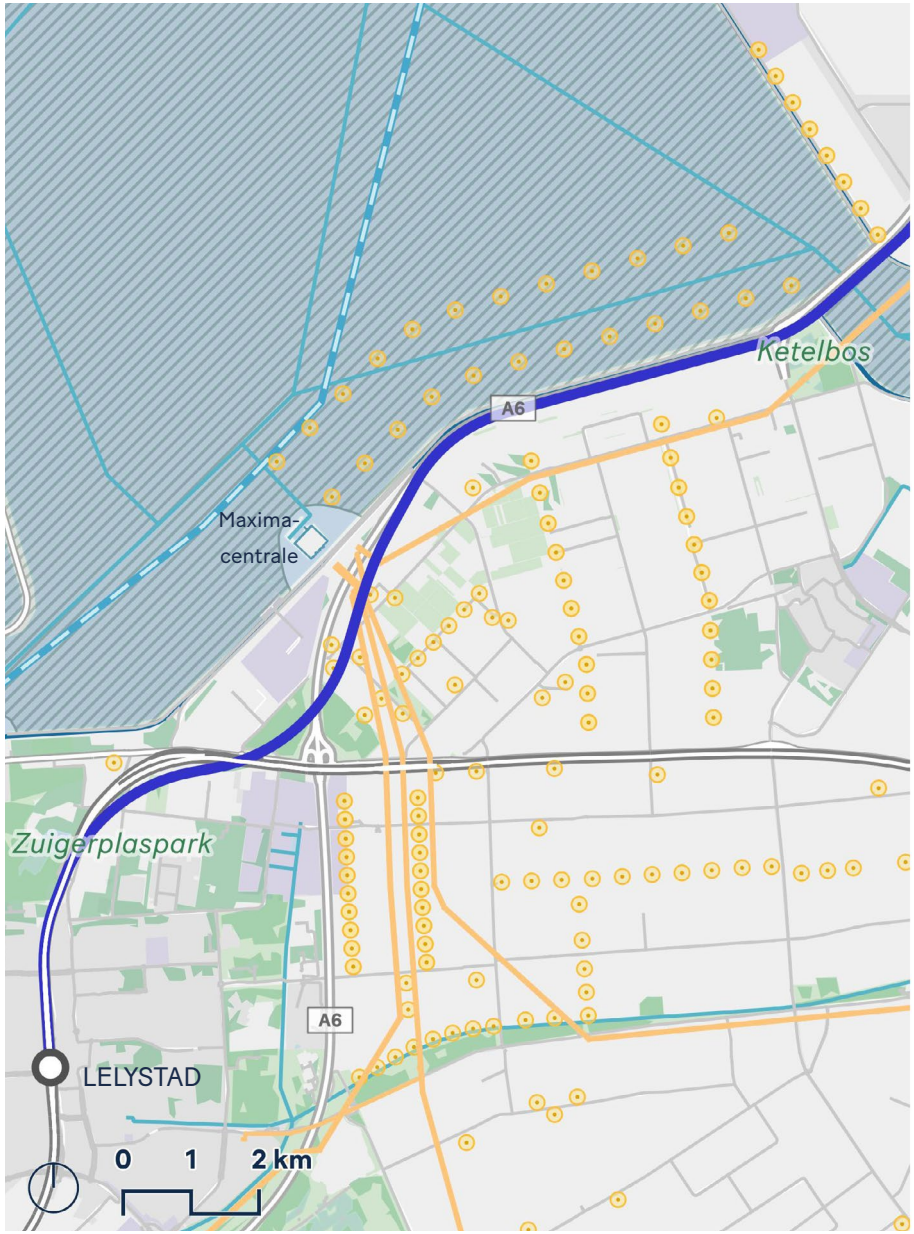
Lelystad-Bundeling A6 in Oostelijk Flevoland (lengte ca. 17 km inclusief bestaande baan)

De Lelylijn sluit aan op de middelste sporen van station Lelystad. De huidige keer-/opstelsporen direct achter het station verliezen daarbij hun functie. Richting de splitsing Hanzelijn en Lelylijn ter hoogte van km 3.0 wordt de spoorbaan verbreed van twee naar vier sporen. Daarvoor zijn aanpassingen aan het bestaande viaduct en de spoorbaan noodzakelijk.

De Lelylijn volgt enige tijd de binnenzijde van de boog van de Hanzelijn totdat bij km 6.2 de Hanzelijn, het opstelterrein en de Houtribweg met een relatief lang dubbelsporig viaduct met een lengte van ongeveer 1.200 meter op +1-niveau wordt gekruist. De functionaliteit van Lelystad Opstelterrein wordt niet geraakt. Het tracé blijft hoog tot en met de kruising met de A6 bij km 7.5. Vanaf dat punt daalt het tracé naar maaiveldniveau tot aan het begin van de tunnel Ketelmeer bij km 17.0. Vanaf km 11.0 is sprake van een strakke bundeling ten oosten van de A6. Een westelijke ligging tussen A6 en de IJsselmeerdijk zien wij niet als kansrijk omdat de ruimte zeer krap is en de hoogspanningslijnen zeer laag hangen bij de Maximacentrale (zie Figuur 35).

Tussen km 9.0 en km 10.0 worden een aantal hoogspanningsleidingen gekruist bij de Maxima-centrale. Hier moet verkend worden of er voldoende hoogte aanwezig is tussen de Lelylijn op maaiveld en de hangende leidingen. Zo niet, dan dienen de kabels verhoogd te worden, of moet de Lelylijn in een ondiepe bakconstructie aangelegd worden. Van die laatste optie is nu uitgegaan in de kostenraming.

Door de strakke ligging met de A6 is het aantal kruisingen met lokale wegen en vaarten gering (circa 10).



Figuur 35. Trajectdeel Lelystad-Bundeling A6 in Oostelijk Flevoland.

Kruising Ketelmeer (lengte van 2,7 km)

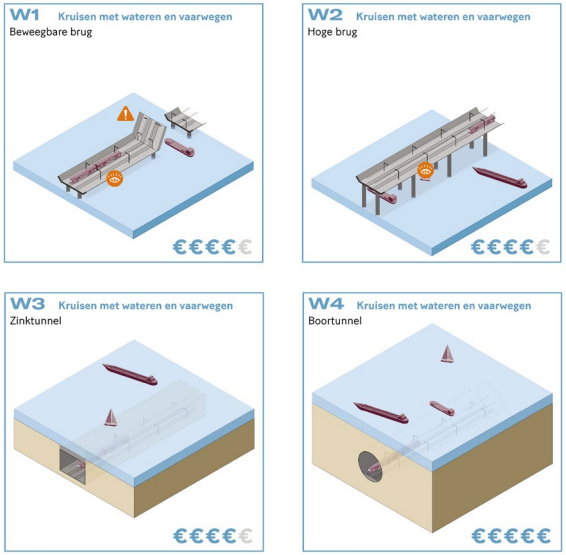
Het Kamperhoekbos/Ketelbos (NNN-gebied, daarnaast ook van een grote aardkundige/archeologische waarde) en Ketelmeer (Natura 2000-gebied Ketelmeer & Vossemeer) worden ongelijkvloers gekruist (zie Figuur 37). Voor de passage van het Ketelmeer zijn vier opties denkbaar:

1. Beweegbare brug: de maximale snelheid voor treinverkeer op een beweegbare brug bedraagt 140 km/u. Dit voldoet niet aan de minimale ontwerpsnelheid van de tracé-varianten (160-200-300 km/u) en valt af.
2. Vaste brug: de hoogte van de vaste brug is nog niet officieel vastgesteld maar als de Rijnvaarthoogte (+9,10 meter) of staande mastroutehoogte (+31 meter) wordt aangehouden ontstaat een hoge brug. In combinatie met harde wind kunnen mogelijk problemen ontstaan bij een hoge vaste brug (referentie HSL Zuid Hollands Diep).
3. Zinktunnel.
4. Boortunnel.

De opties van een lage of hoge brug vallen af. Een lage brug valt af, omdat deze voor de passage van scheepvaart (staande mastroute) een beweegbaar brugdek nodig heeft. Dit is vanuit ProRail-richtlijnen niet toegestaan voor snelheden hoger dan 140 km/u. Een hoge vaste brug heeft een grote impact op het landschap en geeft bij hogere windsnelheden beperkingen voor het treinverkeer.

Hiermee blijven een boor- en een zinktunnel over als opties. Op deze locatie volstaat een goedkopere afzinktunnel.

De totale lengte van de ongelijkvloerse kruising van het Ketelmeer en het natuurgebied is 2,7 kilometer en de afstand tot de bestaande Ketelbrug is circa 150 meter. Door het toepassen van een zinktunnel is de overlast op de naastgelegen natuurgebieden in de eindsituatie beperkt. Tijdens de realisatie van de tunnel is wel sprake van overlast voor de omgeving.



Figuur 36. Legostenen voor kruising waterlichaam.

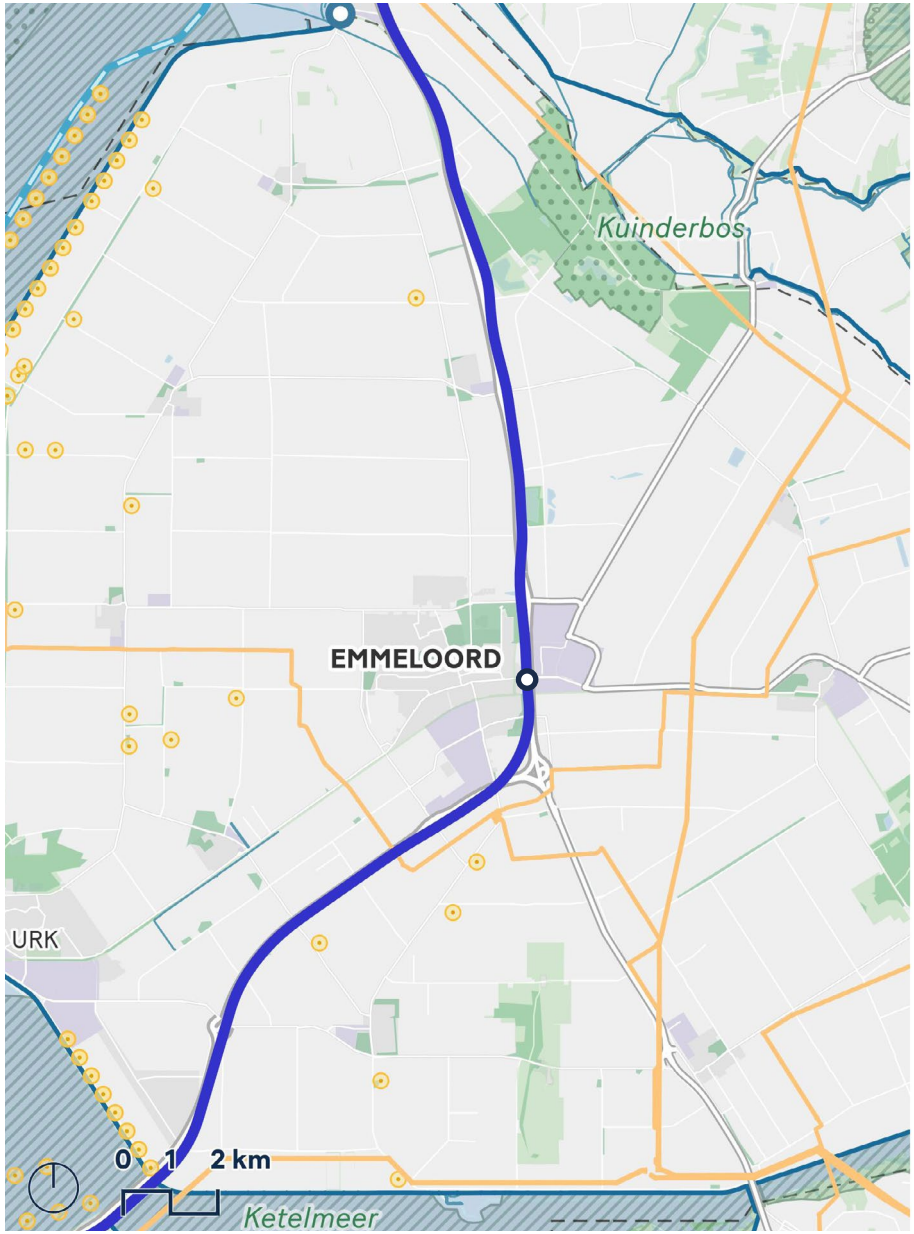


Figuur 37. Trajectdeel Kruising Ketelmeer.

Bundeling met A6 in Noordoostpolder, station Emmeloord (lengte ca. 29 km)

Vanaf de tunnelinrit bij km 19.7 tot aan het knooppunt Emmeloord A6–N50 km 30.5 ligt het tracé van de Lelylijn aan de zuidoostzijde van de A6, maximaal gebundeld en zoveel mogelijk op maaiveld en op gelijke hoogte als de A6 (zie Figuur 38).
Bij de op- en afrit naar Urk (afrit 13) ligt de Lelylijn hoger dan de A6, omdat het tracé over de op- en afrit gaat. Op korte afstand kruist de Lelylijn ook de N352 en de daarnaast gelegen Nagelervaart ongelijkvloers. Dit is 1 aaneengesloten dubbelsporig viaduct met een lengte van circa 720 meter. Bij km 30.5 snijden de A6, de N716 en de Lelylijn elkaar op één punt. Om te voorkomen dat de Lelylijn op grote hoogte erover heen moet, wordt in de uitwerking ervan uitgegaan dat de N716 in een onderdoorgang onder de A6 komt, zodat de Lelylijn op het +1-niveau erover heen kan. Hierna buigt de Lelylijn naar het noorden af om aan de westzijde van de A6 te liggen. Ter hoogte van de kruising met de Marknesserweg lijkt een goede locatie voor het nieuwe station Emmeloord. Voor en na het station splitst de Lelylijn in een gedeeltelijke 4-sporigheid met een eilandperron tussen de middensporen. Hier ligt (deels) al een gereserveerde ruimte voor de Lelylijn. Vanuit eerdere trajecten van onder andere de tijd van de Zuiderzeelijn hebben de lokale overheden een reservering gemaakt voor een treinspoor.

De Lelylijn volgt vervolgens de A6 aan de westzijde tot en met de aansluiting van de A6 op de N351. En kruist deze ongelijkvloers met een pergolaconstructie om vervolgens van west- naar oostligging te wisselen ten opzichte van de A6. Een duurdere optie (dan een pergolaconstructie) is om de Lelylijn in een dubbelsporige verdiepte bak de A6 te laten kruisen. Daar is in de raming nu niet vanuit gegaan. Tot aan Lemmer blijft het spoor in een strakke oostligging en doorsnijdt de Lelylijn over een lengte van ongeveer 1.800 meter het NNN-gebied Casteleynsplas en kruist de N715. De minder strakke bundeling met de rijksweg wordt losgelaten bij het tankstation en verzorgingsplaats Wellerzand. Ten noorden hiervan doorkruist de Lelylijn over een lengte van circa 1.800 meter het NNN-gebied Kuinderbos.
Op deze wijze kruist de Lelylijn ruim 20 wegen en vaarten in de Noordoostpolder.



Figuur 38. Trajectdeel Bundeling met A6 in Noordoostpolder, station Emmeloord.

Bundeling met A6 in Fryslân – ten westen van Heerenveen (lengte ca. 16 km)

Bij Lemmer is een strakke bundeling niet mogelijk. De boogstraal in de A6 voldoet hier niet aan de gewenste boogstraal bij een baanvaksnelheid van 200 km/u. Bovendien belemmert een hoogspanningsstation van TenneT een geringe bochtafsnijding. De Lelylijn ligt op maximaal 400 meter afstand van de A6.

Het Tsjûkemar en de aansluitingen van de N924 en N927 op de A6 worden op enige afstand – tot maximaal 600 meter – van de A6 ongelijkvloers gekruist met een vaste, lage brug. Tegenover de bestaande vaste brug in de A6 moet ook de Lelylijn op gelijke hoogte komen om de doorvaart van schepen te waarborgen. Het Tsjûkemar en het gebied ten noorden tot aan de hoogspanningslijn ervan is NNN-gebied. De totale doorkruising van NNN-gebied is ongeveer 6 km. Aanvullend voordeel van de deze optie is dat de aansluitingen van de snelweg en de aanwezige andere objecten niet ingrijpend (hoge kosten) aangepast hoeven te worden rond en op het meer, maar het spoor deze geheel ontwijkt en enkel een weg hoeft te kruisen. Een minder voor de hand liggende optie is om de Lelylijn strak te bundelen met de snelweg. Aan 1 zijde van de snelweg een grondlichaam aanbrengen voor de spoorbaan vraagt extra voorzieningen vanwege de relatief slappe bodem. En de aansluitingen en andere objecten moeten ingrijpend aangepast worden.

Vervolgens kruist de Lelylijn de Scharsterrijn ongelijkvloers met een aquaduct, zodat scheepvaart en treinverkeer elkaar niet hinderen. Een goedkopere oplossing is een beweegbare brug, maar deze is vanuit ProRail-regelgeving alleen geschikt voor snelheden lager dan 140 km/u. Ten oosten van de Scharsterrijn ligt de Lelylijn op een variërende afstand van de A6 overgaande in de A7 – tussen 150 en ruim 400 meter. Van een strakke bundeling is hier geen sprake, vanwege de noodzakelijke boogstralen voor 200 km/u. Hetzelfde geldt voor de passage van Joure; ook omdat de snelweg hier iets meer meandert. De spoorlijn moet een rechtere lijn volgen.

Zowel bij Lemmer als Joure is het waarschijnlijk technisch inpasbaar om een station te creëren. Voor beide locaties geldt dat het station iets van het dorp en aan de andere kant van de snelweg (en een stukje van snelweg af) ligt om een gewenste boogstraal voor 200 km/u te creëren (en elektriciteitsinfra bij Lemmer te ontwijken). Met alle voor- en nadelen die hierbij horen. In dit trajectdeel is een beperkt aantal kruisingen met (vaar)wegen en vaarten (minder dan 10).



Figuur 39. Trajectdeel Bundeling met A6 in Fryslân (ten westen van Heerenveen), station Lemmer.

Passage Heerenveen Noord (lengte ca. 7 km)

De passage in het noorden van Heerenveen tussen globaal kilometer 64 en 71 met een lengte van krap 7 km is complex. Het tracé loopt globaal van het halfklaverblad aansluiting 25 Oude Haske (aansluiting 25) tot het halfklaverblad Tjalleberd (aansluiting 26A). Het gebied is al dicht bebouwd, waardoor er niet direct ruimte is om bijvoorbeeld een dubbelsporige spoorlijn op maaiveld aan te leggen. Met ook nog een kruisingsstation ter hoogte van de spoorlijn Meppel-Leeuwarden, zouden ook 2 extra sporen en perrons ingepast moeten worden. De volgende elementen spelen hierbij een (beperkende) rol (zie ook Figuur 40):

- De rijksweg A7 met de al genoemde halfklaverbladen en ook knooppunt (klaverblad) Heerenveen (ongelijkvloerse kruising met A32) zelf. De hoogteligging van de A7 varieert van maaiveld (0-niveau) tot +1 bij de kruising met de Hearresleat en klaverblad Heerenveen. In het horizontale vlak is er vrijwel geen ruimte – zonder het verleggen van bijvoorbeeld de snelweg – om op maaiveld (of iets verhoogd) een dubbelsporige Lelylijn aan te leggen. Laat staan een (mogelijk) viersporig kruisingsstation.
- In het horizontale vlak wordt de inpassing van de Lelylijn extra belemmerd door aanwezige parallelle infrastructuur en (bedrijfs)bebouwing, een zonnepark en een rioolwaterzuiveringsinstallatie.
- Een extra complicerende factor is de aanwezige hoogspanningsinfrastructuur. Deze hoogspanningslijnen leiden allemaal naar het hoogspanningsstation Oudehaske (380 kV). Vijf hoogspanningslijnen leiden naar dit station, met als complicerende factor dat de lijnen relatief laag hangen. Hiermee is een +2-niveau ook al bezet. Een optie om met de Lelylijn de hoogte in te gaan lijkt hiermee uitgesloten om de volgende redenen: 1) hoge kosten vanwege het verleggen van hoogspanningslijnen en mogelijk ook een station van TenneT en 2) de druk vanuit de energietransitie deze cruciale infrastructuur niet voor langere tijd buiten gebruik te hebben, vanwege de al aanwezige krapte in het elektriciteitsnet.
- Het ongelijkvloers kruisen van de Hearresleat en de spoorlijn Meppel-Leeuwarden.

Welke oplossingen onderkennen we?

Optie 1: Verdichten van de bestaande infrastructuur/bebouwing (inbreiden)

Een optie is om de bestaande infrastructuur en bebouwing in het gebied te verplaatsen in het gebied zelf, zodat er ruimte ontstaat om minimaal een dubbelsporige Lelylijn naast de snelweg aan te leggen. Tussen Aansluiting 25 en ten westen van klaverblad Heerenveen volgt de Lelylijn globaal de hoogte van de snelweg. Het kruisen van het klaverblad moet op een -1-niveau of +2-niveau. Gezien de hoogspanningslijnen in het gebied is de kans groot dat de Lelylijn op een -1-niveau uitkomt.

Bij inbreiden in het gebied komt het volgende in het gedrang:

- Ruimte voor waterhuishouding;
- Toevoegen van ruimtelijke kwaliteit, waaronder bijvoorbeeld groenvoorzieningen (voorkomen van hittestress);
- Ruimte voor andere ruimtelijke ontwikkelingen, die we nu niet voorzien.

Daarnaast is het de vraag of voorpleinvoorzieningen een logische en sociaal veilige plek kunnen krijgen in relatie tot het kruisingsstation.

Optie 2: (Deels) Uitplaatsen van infrastructuur/bebouwing

Gezien de beperkingen die optie 1 met zich meebrengt beschouwen we ook globaal welke gevolgen het heeft als een deel van de infrastructuur en/of bebouwing buiten het gebied geplaatst wordt. Te denken valt dan bijvoorbeeld aan een nieuw tracé en ook nieuw klaverblad van snelweg A7 ten noorden van de huidige snelweg. En het verplaatsen van bijvoorbeeld de rioolwaterzuiveringsinstallatie en bedrijven. In essentie gaan we van een volledig bebouwd gebied (brownfield) naar een vrije zone (greenfield). Dit vraagt ingrijpende wijzigingen. Uitgangspunt hierbij is dat de noord-zuid-infrastructuur gehandhaafd blijft. Dit zijn de spoorlijn en de vaart. Deze moeten ongelijkvloers gekruist worden door de Lelylijn.

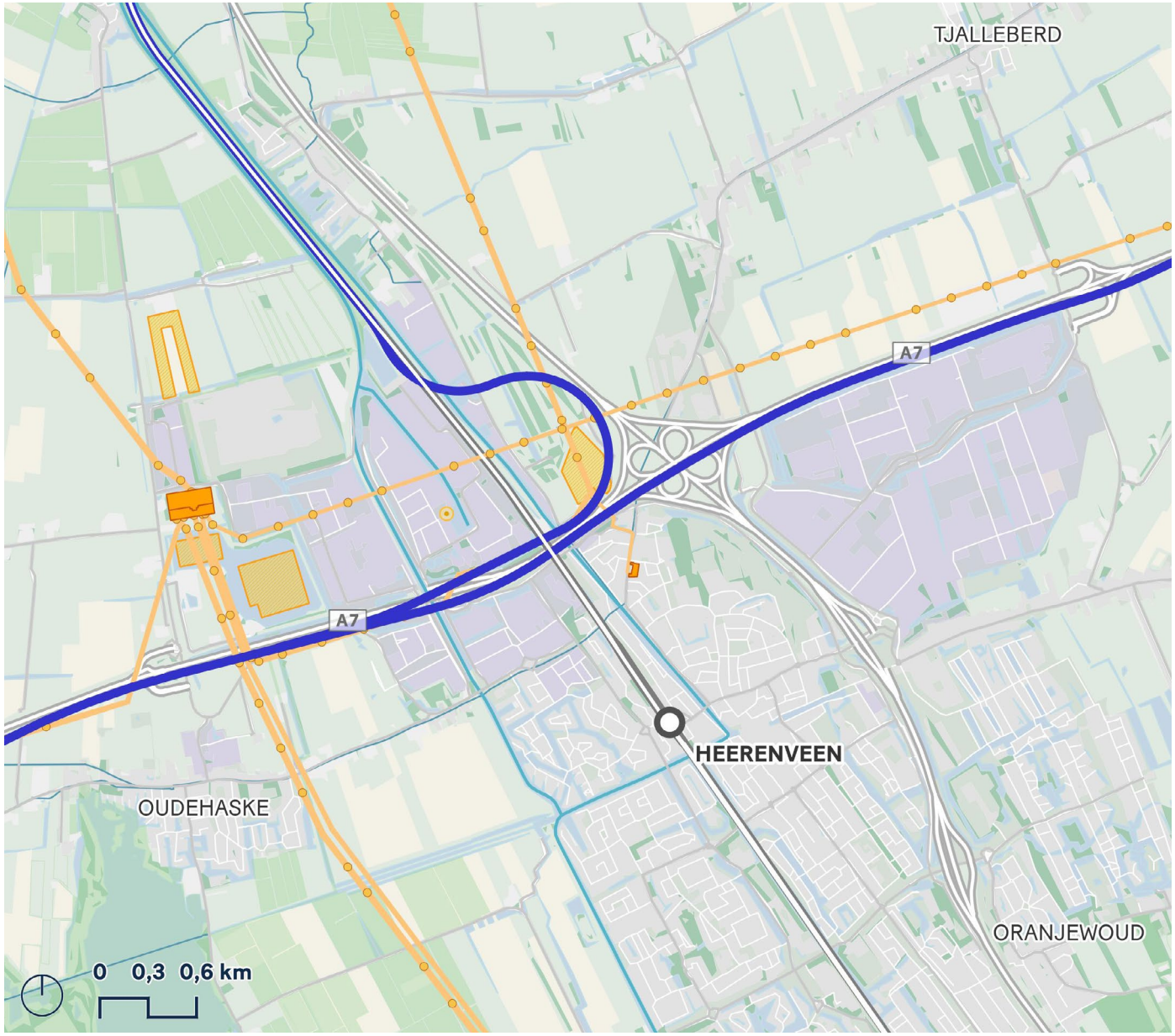
Globaal bezien kan dan een dubbelsporige Lelylijn op maaiveld aangelegd worden, lokaal ter plaatse van het kruisingsstation viersporig en ter plaatse van dat viersporige station ook ongelijkvloers kruisend met de spoorlijn en vaart. Ook voorzien we dat voorpleinvoorzieningen beter inpasbaar zijn en er zeer waarschijnlijk ook nog ruimte is voor andere functies.

Optie 3: Andere varianten
In paragraaf 4.3.1.3 beschrijven we twee alternatieve varianten, waarmee we de complexe inpassing in Heerenveen Noord weten te voorkomen (variant ten zuiden van Heerenveen en variant via het bestaande station Heerenveen).

Aandachtspunten
Het kruisingsstation wordt een concurrent van het huidige station in combinatie met het relatief grote busstation.

Investeringsraming
Optie 2 is uitgewerkt in de investeringsraming, maar gezien de hoge mate van onderheid en de complexiteit onzekerheden is hier uitgebreid onderzoek nodig in de vervolgfase.

Directe verbindingsboog richting Leeuwarden
De directe boog richting Leeuwarden is ook meegenomen in de ramingen. En is afhankelijk van de uiteindelijke oplossing voor het kruisstation een boog die geschikt is voor een relatief lage snelheid (80 km/u). Omdat de treinen – komend en gaand van en naar Leeuwarden – ook altijd zullen stoppen op station Heerenveen Noord is dit naar verwachting geen probleem. In een volgende fase van het project moeten verschillende verbindingsbogen onderzocht worden mede in relatie tot de integrale oplossing in het gebied.



Figuur 40. Trajectdeel Passage Heerenveen Noord.

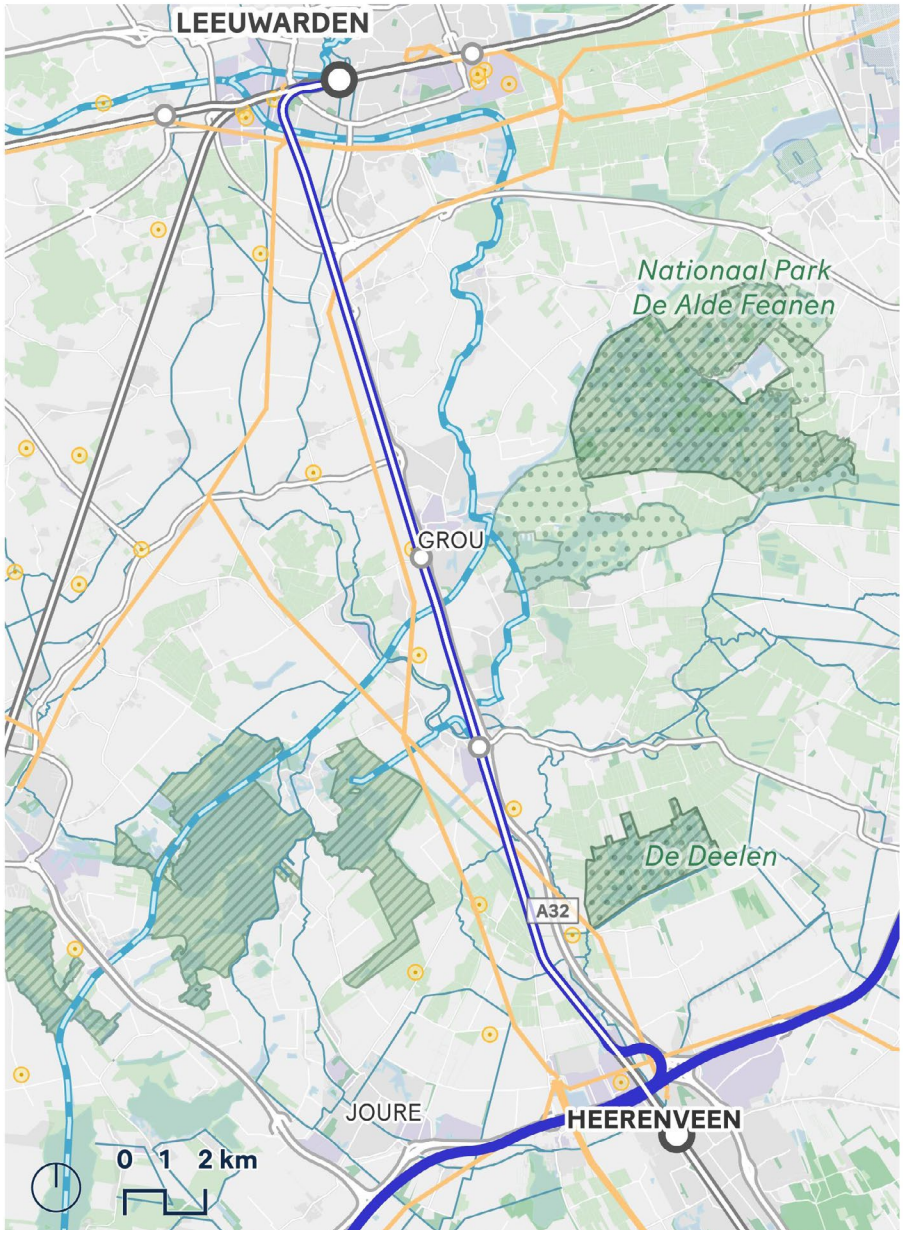
Bestaand spoor Heerenveen Noord-Leeuwarden (lengte ca. 28 km)

De in-/uittakking bevindt zicht globaal op km 131-132 van de bestaande spoorlijn Meppel-Leeuwarden. Het gehele baanvak is minimaal tweesporig en geëlektrificeerd. Daarom is geen sprake van delen die van enkelspoor naar dubbelspoor moeten worden omgebouwd, of van elektrificatie. Ook is de verwachting dat er geen extra onderstations moeten worden gebouwd of hoeven te worden verzwaard of dat schakelstations omgebouwd moeten worden tot onderstation. Door de frequentieverhoging op het bestaande spoor zijn wel maatregelen nodig aan overwegen en mogelijk ook maatregelen aan beweegbare bruggen en geluidmaatregelen. Gezien de verwachte toename van het aantal reizigers is ook de verwachting dat voorpleinvoorzieningen (fietsenstallingen) bij bestaande stations vergroot moeten worden.
Uit de Landelijke Netwerkanalyse, Fase 1 van ProRail blijkt dat de ondergrond ongeschikt is om de snelheid te verhogen. De ondergrond bestaat overwegend uit klei en/of veen. Dit betekent dat voor het verhogen van de snelheid ingrijpende en kostbare grondversterkende maatregelen noodzakelijk zijn.

Emplacement Leeuwarden

Emplacement Leeuwarden is in de periode 2023-2024 omgebouwd tot een kopstation met gescheiden corridors vanuit het westen: Harlingen Haven (enkelspoor), Stavoren (enkelspoor), Meppel (dubbelspoor) en oosten: Groningen (deels dubbelspoor, deels enkelspoor). In het project ERTMS Noordelijke Lijnen (ENL) wordt ERTMS ingevoerd waarbij globaal dezelfde snelheden blijven gehandhaafd.

In een vervolgstudie dient aandacht besteed te worden aan de wensen en ambities van de gemeente Leeuwarden. Deze zijn op het gebied van mobiliteit, gebiedsontwikkeling (waaronder station Leeuwarden Werpsterhoeke) en bijvoorbeeld ook de resultaten van de studie uitgevoerd door Sweco over het ongelijkvloers maken van overwegen ten oosten van station Leeuwarden richting Camminghaburen. Mogelijk dat hier meekoppelkansen zijn.



Figuur 41. Trajectdeel Bestaand spoor Heerenveen Noord-Leeuwarden.

De verwachting is dat aanlanding van de Lelylijn op station Leeuwarden mogelijk is, maar dit wel consequenties heeft voor de voorzieningen aan de zuidzijde van emplacement Leeuwarden: opstel- en serviceterrein inclusief het emplacement zelf en het parkeerterrein.

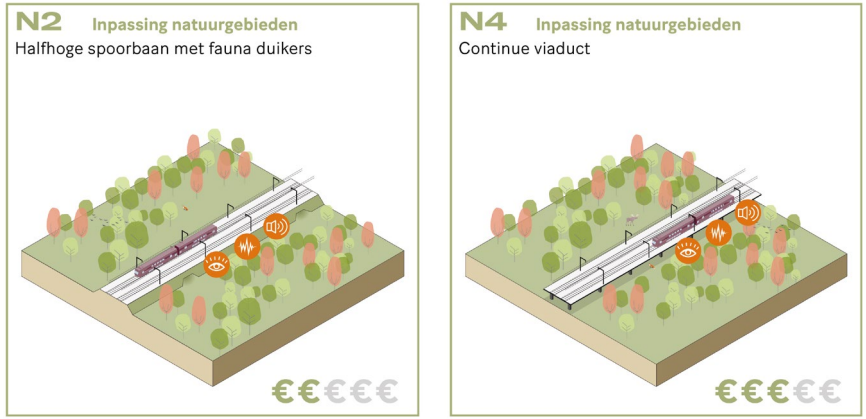
Bundeling met A7 in Fryslân – ten oosten van Heerenveen, station Drachten (lengte ca. 25,5 km)

Belangrijkste kenmerk van de bundeling met de A7 in Fryslân is dat de Lelylijn relatief strak gebundeld wordt met deze snelweg. Uitzondering hierop is ten zuiden van Drachten. Hier buigt de Lelylijn naar het zuiden af om door een gereserveerde strook grond in een bedrijventerrein te lopen. Hiermee voorkomen we een complexe doorsnijding van knooppunt Drachten, maar de ruimte is hier krap.

Een ander kenmerk is dat de Lelylijn Natura 2000-gebied Van Oordt's Mersken doorsnijdt over een lengte van 2.100 meter. Aandachtspunt is hoe de lijn goed ingepast kan worden in het natuurgebied Van Oordt's Mersken. Vanuit de sessies met de stakeholders kwamen een baanlichaam op maaiveld, een geboorde tunnel en een continue viaduct (licht verhoogd op palen) als mogelijke opties. Een afzinktunnel werd als zeer onwenselijke gezien, omdat het veel schade geeft aan de bodem en ecologie, en een barrière vormt voor de waterstromen. Een baanlichaam op maaiveld zal deels in natuurgebied liggen. Een geboorde tunnel is zeer kostbaar en een continue viaduct voor vogels een (gevaarlijk) obstakel en voor de omgeving een ingrijpende zichtbare barrière; In deze raming is gekozen voor een verhoogde ligging van de Lelylijn bij het kruisen van de Njie Feart en afrit 28 Beetsterzwaag, vanwege het ongelijkvloers kruisen van deze infrastructuur. Hiertussen is een lage ligging van de spoorlijn voorzien in de vorm van een baanlichaam met faunaduikers.

Plaatselijk bij station Drachten wordt de tweesporige Lelylijn uitgebreid met twee inhaalsporen, zodat snellere intercity's (eventueel) de stoptreinen ongehinderd kunnen passeren.

In dit trajectdeel kruist de Lelylijn circa 20 (vaar)wegen en vaarten.



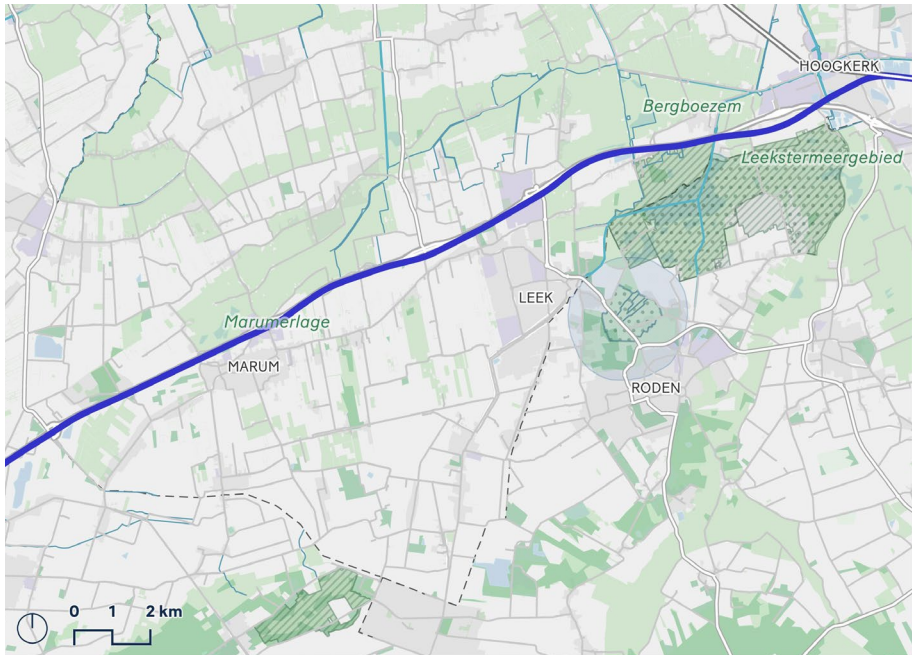
Figuur 42. Legostenen voor passeren van natuurgebied Van Oordt's Mersken.



Figuur 43. Trajectdeel Bundeling met A7 in Fryslân (ten oosten van Heerenveen), station Drachten.

Bundeling met A7 in provincie Groningen tot aan Hoogkerk (lengte ruim 20 km)

De bundeling met de A7 in provincie Groningen is ook relatief strak met de snelweg. Hiermee voorkomen we een te grote versnippering van land. Om een baanvaksnelheid van 200 km/u voor de Lelylijn te faciliteren wordt de snelweg over een lengte ca. 2 km naar het noorden verlegd. Het achterwege laten van deze maatregel verlaagd de kosten voor de aanleg van de Lelylijn en de hinder voor weggebruikers, maar zorgt voor rijtijdverlies door een lagere snelheid en een hoger energieverbruik door optrekken van de trein vanuit Groningen. Het tracé van de Lelylijn doorkruist een NNN-gebied ten oosten van aansluiting 34 Leek over een lengte van 900 m en het Leeksternmeergebied (Natura 2000-gebied) over een lengte van 1.600 meter.
In dit trajectdeel kruist de Lelylijn ca. 20 (vaar)wegen en vaarten.



Figuur 44. Trajectdeel Bundeling met A7 in provincie Groningen tot aan Groningen.

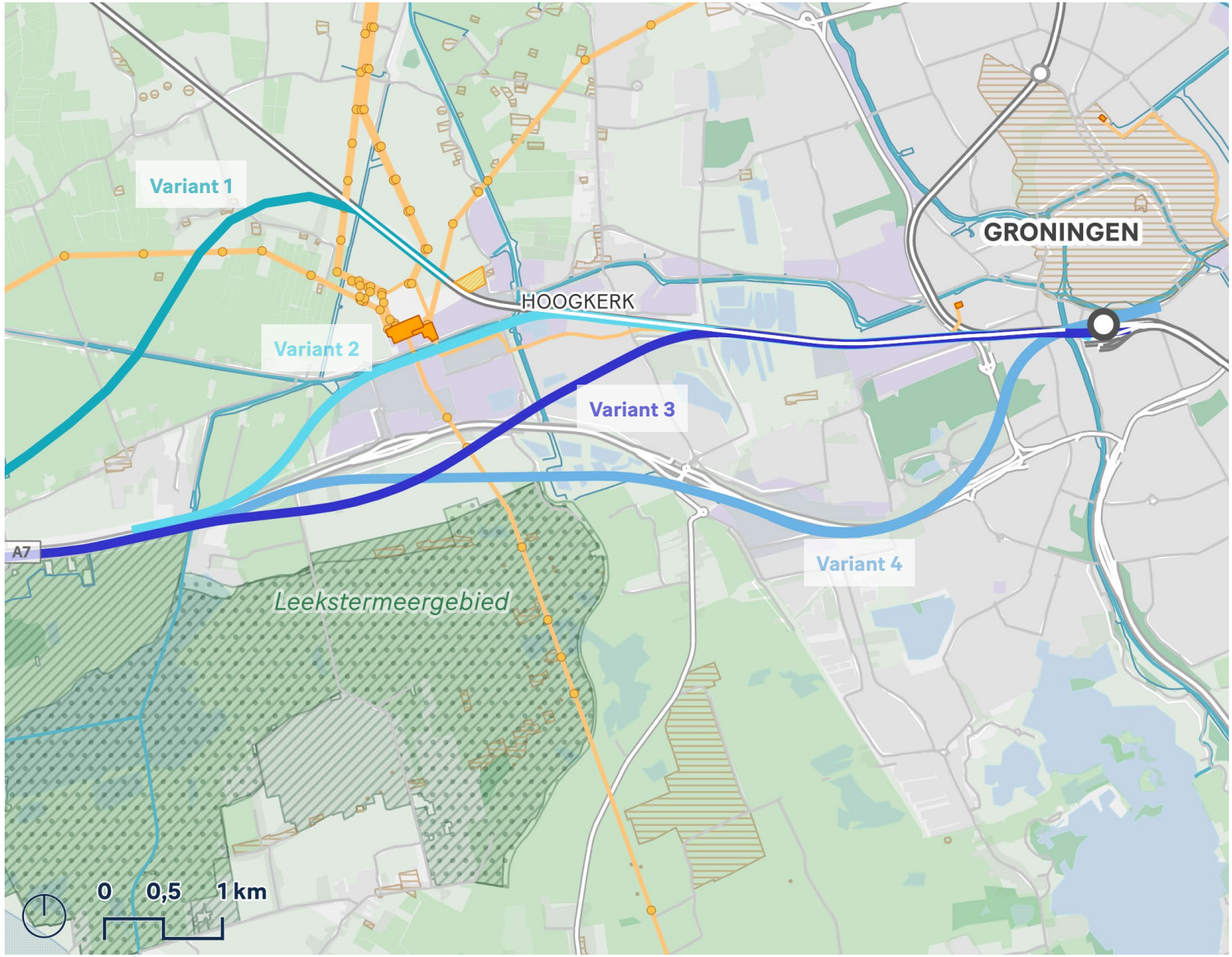
Entree Groningen (lengte ruim 6 km)

Varianten op hoofdlijnen

De situatie rondom Groningen is complex. Er zijn meerdere varianten uitgewerkt (zie Figuur 45):

- Variant 1: Vanuit de bundeling met rijksweg A7 kruist de Lelylijn deze rijksweg ongelijkvloers in noordelijke richting naar het TenneT-station Vierverlaten. Om vervolgens op het bestaande spoor Leeuwarden-Groningen in te takken en uiteindelijk aan te landen op Groningen Hoofdstation (HS). Het op zo'n korte afstand passeren van vier hoogspanningslijnen van TenneT - die relatief laag hangen, omdat ze aansluiten op het TenneT-station - is technisch complex. Ook wordt in de nabijheid van dit TenneT-station een datacenter ontwikkeld, waardoor het tracé nog meer naar het noorden moet uitbuigen.
- Variant 2 kruist de A7 en gaat langs het Hoendiep en sluit dan bij Hoogkerk aan op het bestaande spoor vanuit Leeuwarden. De gemeente Groningen heeft een aantal ruimtelijke reserveringen gedaan voor de komst van de Hoendiep-variant van de Lelylijn.
- Variant 3 betreft een variant waarbij vanaf de bundeling met rijksweg A7 Hoogkerk gepasseerd wordt met een boortunnel om vervolgens ter hoogte van het geplande station Suikerzijde weer op maaiveld uit te komen. Tussen globaal het viaduct Laan 1940-1945 en Groningen HS is het de uitdaging de Lelylijn in te passen in de huidige en toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen van de stad Groningen (hierover later meer in deze paragraaf).
- Variant 4 betreft een boortunnel vanaf de bundeling met rijksweg A7 onder Hoogkerk en Groningen HS door met een diepgelegen kruisstation op het voorplein van Groningen HS. Een kostbare oplossing met ook nadelen zoals langere overstaptijden voor reizigers. Alternatief hierop is een (tijdelijk) eindstation bij Hoogkerk P+R.

In de kostenraming is in eerste instantie variant 3 voor Entree Groningen verder uitgewerkt. Variant 2 is op een hoger abstractieniveau ook uitgewerkt (zie hoofdstuk 5). Voor variant 3 geldt dat deze vanaf de bundeling met rijksweg A7 met een (boor)tunnel onder Hoogkerk doorgaat, waarna deze tunnel vlak voor het beoogde station Suikerzijde weer op maaiveld komt



Figuur 45. Varianten Entree Groningen.

(trajectdeel A1, zie Figuur 46). Voor variant 2 geldt dat deze eerst de A7 kruist en langs het Hoendiep op maaiveld bij Hoogkerk aansluit op het bestaande spoor vanuit Leeuwarden (trajectdeel A2, zie Figuur 46). In beide varianten wordt van het bestaande spoor gebruik gemaakt om binnen te komen op Groningen HS (trajectdeel B, zie Figuur 46). Dit vergt wel aanpassingen en is daarom het meest uitdagende deel. Ook de planontwikkeling van station Suikerzijde omvat dit deel. Aandachtspunt is om hier tijdig af te stemmen met de partijen die betrokken zijn bij de planontwikkeling van station Suikerzijde en uiteraard ook de gebiedsontwikkeling.

Voor beide varianten en te onderscheiden trajectdelen geldt dat de haalbaarheid hiervan in de vervolgfase uitvoerig nader onderzocht moeten worden. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de kostenraming en de delta in kosten tussen variant 2 en 3 aangegeven

Trajectdeel A1: Ondertunneling Hoogkerk
Om zo veel mogelijk overlast in de omgeving te voorkomen wordt in de passage van Hoogkerk vooralsnog voorzien in een boortunnel. De boortunnel start ten westen van de A7. Deze volgt op hoofdlijnen de Bernhardlaan en komt juist weer op maaiveld ten westen van het toekomstige station Suikerzijde. Station Suikerzijde ligt op maaiveld (en behoort niet tot de scope van de Lelylijn). Na de boortunnel loopt het tracé van de Lelylijn nog 2,1 km met een spoorbaan op maaiveld.

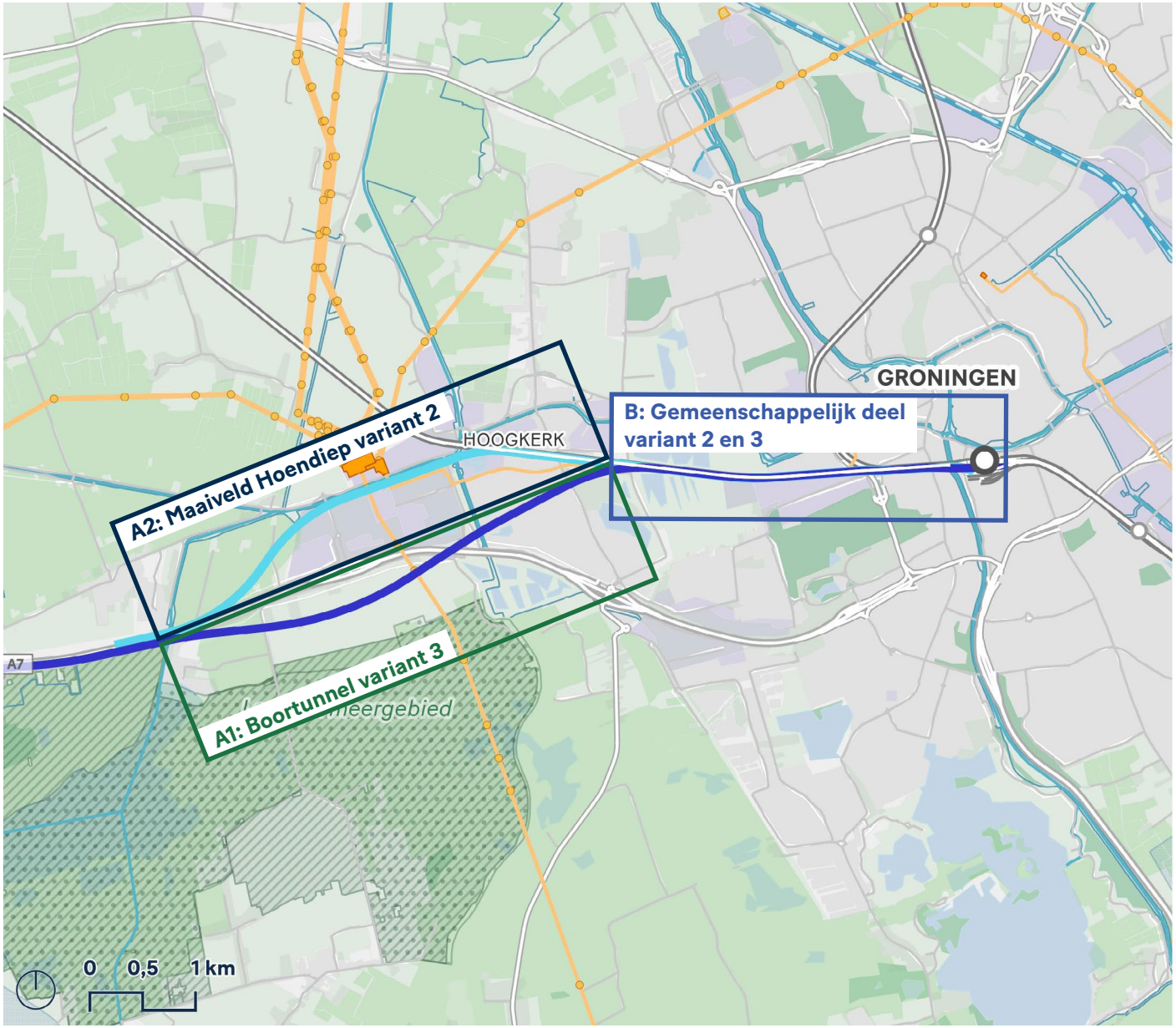
Een goedkoper alternatief is om de passage door Hoogkerk uit te voeren met een relatief ondiep gelegen tunnelbak, die ook de Bernhardlaan volgt. De inschatting is echter dat door de realisatie van deze tunnelbak woningen en appartementen gesloopt moeten worden om ruimte te maken voor de bouw van de tunnelbak.

Trajectdeel A2: Op maaiveld (langs Hoendiep)
Een entree van Groningen op maaiveld kruist de A7 en gaat langs het Hoendiep en sluit dan bij Hoogkerk aan op het bestaande spoor vanuit Leeuwarden. De gemeente Groningen heeft een aantal ruimtelijke reserveringen gedaan voor de komst van de Hoendiep-variant van de Lelylijn. Hiermee wordt een kostbare boortunnel onder Hoogkerk voorkomen, wat de entree van Groningen op dit onderdeel goedkoper maakt.

Het tracé via het Hoendiep is ongeveer even lang als het tracé van de boortunnel. Om de A7 te kruisen is naar verwachting een pergolaconstructie nodig, waarbij gedacht is dat het spoor bovenlangs de snelweg kruist. Na deze kruising daalt de Lelylijn naar maaiveld.

Het bestaande baanvakdeel tussen Hoogkerk aansluiting (km 76.8) tot Groningen is enkelsporig. Uitgangspunt is dat het spoor over de gehele tracé dubbelsporig wordt gemaakt, zoals ook is uitgewerkt voor het Afsluitdijkalternatief. Het afwikkelen van extra treinen van de Lelylijn bovenop deze treindienst vraagt nader onderzoek in een vervolgfase. Generiek leidt een spoorverdubbeling in een bebouwde omgeving met kruisende infrastructuur tot een krappe inpassing. Kruisende infrastructuur is onder andere: een brede vaart bij de werf De Poffert, de Westpoortboulevard, Roderwolderdijk, Koningsdiep, rioolwaterzuiveringsinstallatie en de Zuiderweg.. Aanpassingen aan en/of vervanging van deze kunstwerken op dit deel is zeer divers van aard en complex.

Opgemerkt wordt dat de ruimte tussen het Hoendiep en de Manchesterweg ten oosten van de Westpoortboulevard te krap is om een lage spoorbaan in te passen. Daarom wordt getwijfeld of de Lelylijn hier goed kan worden ingepast en of er voldoende ruimte is om deze ook te bouwen. Gezien de vele infrastructuur die ongelijkvloers gekruist moet worden moet in een volgende fase onderzocht wordt of de Lelylijn op een viaduct gelegd wordt of in een verdiepte bak, waardoor de complexe aanpassingen aan deze kunstwerken mogelijk voorkomen kunnen worden of geringer zijn.



Figuur 46. Trajectdeel Entree Groningen – Variant 2 en 3.

Trajectdeel B: Entree Groningen (1,1 km)
Entree Groningen betreft het trajectdeel tot aan de aanlanding bij Groningen HS, waarbij de aanlanding beoogd is op de 4 geëlektrificeerde perronsporen die momenteel in gebruik zijn door huidige hoofdrail-netvervoerder NS. Zoals hiervoor wordt voor het combineren van de treindiensten op Leeuwarden – Groningen en de treindiensten op de Lelylijn vanaf Suikerzijde tot aan Groningen HS uitgegaan van spoorverdubbeling. Dit leidt op verschillende plekken tot knelpunten met betrekking tot huidige kruisende infrastructuur en bestaande bebouwing.

De volgende punten zijn uit een knelpuntenanalyse naar voren gekomen:

- Het viaduct Laan 1940-1945 (Westelijke Rondweg) en het Emmaviaduct moeten waarschijnlijk worden aangepast en krijgen mogelijk een wijziging in functie (verkeerstructuur) of in het uiterste geval een verdiepte ligging. De redenen van aanpassen zijn divers van aard: beperkte doorrijhoogte voor treinen of kolommen die in de weg staan voor een goede spoorligging.
- De overweg Peizerweg moet waarschijnlijk gesaneerd worden en afhankelijk van de wensen van de gemeente (verkeerscirculatie) bijvoorbeeld een onderdoorgang voor langzaam verkeer of ook snelverkeer worden.
- Afhankelijk van de inpassing van de sporen over de onderdoorgang Paterswoldseweg bezien of de toekomstvastheid daadwerkelijk ook past of dat een meer kostbare overkluizing nodig is.
- Eindigende treinen op Groningen moeten ook keren. Dit kan op verschillende manieren. Momenteel keren de NS-treinen op de perronsporen. Dit heeft als nadeel dat dit perron tussentijds niet gebruikt kan worden. Er zijn ook andere oplossingen mogelijk, die zowel op de stedelijke inpassingen als de exploitatie impact hebben. We benoemen hiervan een aantal voorbeelden. In een volgende fase moeten deze opties met de gemeente Groningen, provincie Groningen, spoorvervoerder(s) en mogelijk andere belanghebbenden zorgvuldig afgewogen worden. Een voorbeeld, die waarschijnlijk grote stedelijke impact heeft, is het op korte afstand keren ten westen van Groningen HS (extra sporen en daarmee ruimte nodig). Deze versie is positief voor de exploitatie omdat dit onder andere gemakkelijk voor personeel te bereiken is en de treinen weinig rijtijd hebben van en naar het station. Hiervoor moet mogelijk de busbaan en andere objecten langs het spoor aangepast worden. Maar andere oplossingen voor het keren van de treinen zijn ook denkbaar, zoals keren op locaties verder van Groningen HS zoals de Vork, Assen, Suikerzijde of Drachten.
- Het aansluiten van de sporen van de Lelylijn op de vier NS-sporen bij Groningen HS is een complexe opgave. Mogelijke beperkingen voor de inpassing van de Lelylijn zijn de huidige ombouw van Groningen HS (betonconstructie van een onderdoorgang, de fietsenkelder en een deel van de perrons beperken de ruimte voor de sporen), de Verkeersleidingspost, nieuwbouw aan de Koeriersterweg (wijkvernieuwing Grunobuurt-Noord/NELF-terrein) en een beweegbare brug over het Hoornsediep.

De aanlanding op het Hoofdstation Groningen is een zeer complexe opgave. Geadviseerd wordt om bij een vervolgfase van het project een aparte studie te maken van de gehele knoop, waarbij ook de ligging en positie van de regionale treindiensten op het station worden meegenomen om binnen de beschikbare ruimte tot een zo'n efficiënt mogelijke en haalbare oplossing te komen. Hierbij dienen in ieder geval de nu onderzochte varianten 2 en 3 bij te worden betrokken.

4.3.1.2. **Basisalternatief bundeling A6/A7/A32 – In cijfers**

In Tabel 26 tot en met Tabel 31 karakteriseren we Basisalternatief Bundeling A6/A7/A32 in cijfers.

Lengte nieuw [km]	Lage baan [km]	Hoge baan [km]	Kunstwerk [km]
122,98 (119,47) [1)]	67,17 [2)]	29,97 (29,46) [1)]	21,02 [2)]

Tabel 26. Hoofdkarakteristieken Basisalternatief Bundeling A6/A7/A32.

1) Exclusief bestaand spoor Flevolijn ten noorden van station Lelystad.

2) Of maximaal 6,82 km langer, afhankelijk van oplossing in Heerenveen Noord.

Onderdeel	Lengte [km]
De ondergrond bestaat uit slappe lagen met een dikte variërend van:	
0 tot 3 meter	58 tot 60
3 tot 5 meter	18 tot 20
5 tot 10 meter	26 tot 30
Meer dan 10 meter (en soms zelfs meer dan 20 meter)	6 tot 10
Lage spoorbaan Met grondverbetering:	56 tot 60
0 tot 3 meter	35 tot 39
3 tot 5 meter	12 tot 16
5 tot 10 meter	15 tot 19
Meer dan 10 meter	4 tot 6
Hoge spoorbaan Met grondverbetering:	26 tot 30
0 tot 3 meter	9 tot 13
3 tot 5 meter	4 tot 6
5 tot 10 meter	3 tot 5
Meer dan 10 meter	1

Tabel 27. De spoorbaan in cijfers – Basisalternatief Bundeling A6/A7/A32.

Ligging Lelylijn	Wat kruist	Aantal	Hoe?
Laag	Weg	10	Vervangend of nieuw viaduct (+1) over rijksweg en/of Lelylijn, Deklengtes variëren van circa 95 tot 275 meter Met (deel)s nieuwe taluds
Maaiveld	Weg	4	Onderdoorgang voor langzaam- en snelverkeer, lengtes van 250 tot 300 meter
Laag	Weg	3	Fiets-/voetgangersonderdoorgang verlengen met 50 meter
Laag	Weg	1	Verlegging rijksweg, 2x2 rijstroken, lengte 1.750 meter + Twee rijkswegviaducten
Laag	Weg	1	Kwart klaverblad ombouwen naar halve Haarlemmermeeraansluiting
Laag	Water	8	Dubbelsporig dek Deklengtes tussen 20 en 50 meter: totale lengte = 220-250 meter
Laag	Water	1	Aquaduct, lengte circa 1.350 meter (Scharsterrijn)
Laag	Elektra	1	Half verdiepte bak, lengte is circa 250 meter
Laag	Water	1	Zinktunnel met toeritten (Ketelmeer)
Laag	Weg	1	Boortunnel met toeritten (Hoogkerk)
Laag/Hoog	Weg	4	Stations met spoordekken (of een onderdoorgang)
Half hoog/ Hoog	Weg	1	Onderdoorgang, lengte circa 250 meter
Hoog	Weg, water	41	Dubbelsporig dek Deklengtes van 20 tot 100 meter: 27 stuks Deklengtes van 100 tot ruim 450 meter: 9 stuks Deklengtes van 700 tot ruim 5.500 meter: 5 stuks, waarvan 1.000 meter plaatbrug en 5.100 meter bouwen in water totale lengte = 12.500 tot 13.000 meter
Hoog	Weg	2	Dubbelsporige aanbrug (plaatbrug) met een dubbele pergolaconstructie (kruising met A6 ten noorden van Emmeloord)
n.v.t.	Weg	11	Verleggen/ aansluiten/ opbreken bestaande weg

Tabel 28. Kruisingen met (vaar)wegen en wateren (niet uitputtend) in cijfers – Basisalternatief Bundeling A6/A7/A32.

Natuurgebied	Compensatie [ha]
NNN-gebieden:	
Nabij Houtribtocht	1,5 tot 2
Visvijverbos	7 tot 8
Kamperhoekbos/Ketelbos	Ongelijkvloers gekruist met een tunnel
Casteleynsplas	4 tot 5
Kuinderbos	5 tot 6
Tsjûkemar	28 tot 32
Ten noorden van Van Oordt's Mersken	7 tot 10
Ten oosten van aansluiting 34 Leek	4 tot 5
Totaal	**58 tot 65**
Natura 2000-gebieden:	
Ketelmeer & Vossemeer	Ongelijkvloers gekruist met een tunnel
Van Oordt's Mersken	9 tot 12
Leekstermeergebied	7 tot 9
Totaal	**17 tot 20**

Tabel 29. Natuurgebieden en oppervlakte compensatie in cijfers – Basisalternatief Bundeling A6/A7/A32.

Vastgoed	Aantal	Oppervlakte [ha]
Aantallen:		
Percelen	850 tot 950	
(woon)Huizen [1)]	80 tot 120	
Boerderijen	45 tot 55	
Bedrijfspanden [2)]	1 tot 3	
Gronden:		
Lage baan [3)]		260 tot 300
Hoge baan [3)]		180 tot 210
Extra aankoop percelen		450 tot 550
Toeritten tunnel		6 tot 10
Plaatbrug		9
Aquaduct		8
Watercompensatie [1)]		4
Natuurcompensatie		80
Totaal	**1.200 tot 1.300**	

Tabel 30. Vastgoed in cijfers – Basisalternatief Bundeling A6/A7/A32.

1) Betreft een appartementencomplex in Groningen met circa 100 appartementen.

2) Aantal bedrijfspanden is exclusief de inpassing Heerenveen Noord.

3) Exacte vierkante meters lage of hoge baan is mede afhankelijk van de uiteindelijke inpassing Heerenveen Noord. Zo ook de watercompensatie bij Heerenveen Noord.

Onderdeel	Oppervlakte [m²]	Lengte [km]
Stations- en transfervoorzieningen:		
Extra oppervlakte parkeren auto	1.000 tot 1.400	
Extra oppervlakte parkeren fiets	600 tot 900	
Extra oppervlakte bushalte	300 tot 600	
Geluidmaatregelen:		
Raildemper in 2 sporen		4 tot 6
Geluidscherm		1 tot 2

Tabel 31. Stations- en transfervoorzieningen aan bestaande stations en geluidvoorzieningen in cijfers - Basisalternatief Bundeling A6/A7/A32.

Ter hoogte van Emmeloord, Lemmer en Joure ligt het spoor relatief ver van (woon)bebouwing af. Daarom verwachten we hier geen geluidmaatregelen toe te hoeven passen. Gezien de afstand tot geluidgevoelige bebouwing (waaronder woningen) en de aanwezigheid van bedrijfsgebouwen tussen het Bundelingsalternatief en deze woningen is de kans klein dat geluidmaatregelen toegepast moeten worden in Heerenveen in geval de Lelylijn op maaiveld wordt ingepast.

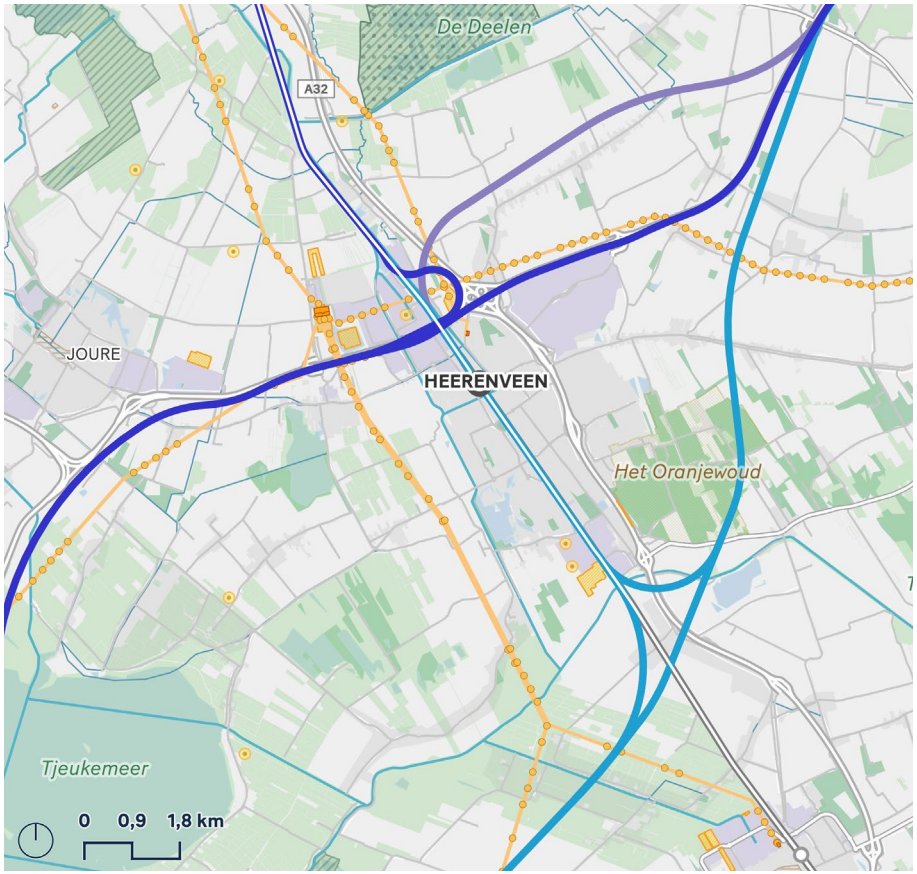
4.3.1.3. **Variaties op dit basisalternatief**

Variant: Via Lelystad Airport
Een variant waarbij de Lelylijn via Lelystad Airport loopt is niet nader uitgewerkt. Omdat het tracé langer is en station Lelystad Centrum niet aandoet, terwijl de gemeente Lelystad juist in de nabijheid van het station wil gaan verdichten.

Variant: Zuidelijk van Heerenveen met aantakking op Heerenveen/ Leeuwarden
Een alternatief voor de complexe passage via de noordzijde van Heerenveen, is een tracé langs de zuidzijde van Heerenveen. Ten opzichte van de Bundelingsvariant zoals in paragraaf 4.3.2.1 beschreven, buigt deze alternatieve variant ten noorden van Emmeloord af in oostelijke richting om in een vrijwel rechte lijn richting Heerenveen Zuid te gaan. Hier zorgt een verbindingsboog tussen de Lelylijn en de spoorlijn Leeuwarden–Meppel ervoor dat er treinen rechtstreeks tussen Lelystad en Leeuwarden kunnen rijden. Na de kruising met de A32 buigt dit alternatieve tracé weer af in noordelijke richting om via Het Oranjewoud richting Luxwoude te gaan om vanaf hier weer de bundeling met de A7 aan te houden.

Het loslaten van de bundeling met de A6 en de A7 rondom Heerenveen zelf biedt een aantal voordelen:
- De lengte van de nieuwe spoorbaan is zo'n 5 km korter.
- Het traject tussen Lelystad en Groningen kent geen stop op het bestaande station van Heerenveen. Gezien de ligging (op behoorlijke afstand van de kern) lijkt het niet voor de hand liggen om ten zuiden van Heerenveen een extra station in te passen. Voordeel voor bepaalde reizigers is dat het de reistijd tussen Groningen en Emmeloord verkort. Een optie is om een extra directe boog vanaf Groningen zuidelijk Heerenveen binnen te laten gaan naar bestaand station Heerenveen. Hiermee verbind je niet alleen Groningen/Drachten met Heerenveen, maar maak je ook extra dienstregelingsconcepten mogelijk (rondje Noord-Nederland).
- Leeuwarden krijgt een directeaansluiting op de Lelylijn met een verbindingsboog via het bestaande station van Heerenveen.

- Station Heerenveen (Centrum) blijft het belangrijkste station van Heerenveen.
- Het Tsjûkemar wordt niet meer doorkruist door de Lelylijn.
- De Scharsterijn en de Engelenfeart worden niet meer overbrugd door de Lelylijn.
- De complexe bundeling met de A7 ter hoogte van afrit Heerenveen-West wordt vermeden.
- De kruising van Knooppunt Heerenveen wordt vermeden.



Figuur 47. Alternatieven voor Basisalternatief Bundeling A6/A7/A32 bij Heerenveen.

Er zitten echter ook nadelen aan deze alternatieve variant:
- De plaatsen Lemmer en Joure liggen niet aan dit tracé (en kunnen dus niet bediend worden);
- Natuurgebied Kuinderbos wordt gekruist;
- Natuurgebied Het Oranjewoud wordt gekruist.

Emmeloord–Heerenveen Zuid

Vanaf Lelystad tot aan Emmeloord is het tracé van de alternatieve aansluiting Heerenveen gelijk aan dat van de Basisalternatief – Bundeling A6/A7/A32. Ten noorden van afrit 15 Emmeloord kruist de Lelylijn de A6 met een pergola-constructie. Voorbij de Casteleynsplas buigt het tracé ten opzichte van de variant via Heerenveen Noord af in meer oostelijke richting. Hier kruist het tracé achtereenvolgens de Kuindervaart en de Oosterringweg (N715) om vervolgens uit te komen bij het Kuinderbos. Onderweg worden ook enkele kleinere lokale wegen en sloten gekruist. Op dit tracédeel kan de Lelylijn op maaiveldniveau het landschap doorkruizen. Op de Kuindervaart vindt geen scheepvaart plaats en dus kan deze vaart ook op maaiveldniveau worden gekruist. De N715 zal de Lelylijn verhoogd of verdiept kunnen kruizen. Lokale wegen dienen waar mogelijk omgelegd te worden.

Het Kuinderbos wordt op zijn smalste punt, ter hoogte van de T-splitsing Hopweg / Schansweg, doorkruist. De strook waar de Lelylijn doorheen loopt is relatief onbegroeid waardoor er weinig gekapt hoeft te worden. Wel dient er naar alle waarschijnlijkheid compensatie plaats te vinden voor de vervallen natuur. Ook dient er mogelijk een faunapassage te komen om de natuur aan beide kanten van de Lelylijn weer met elkaar te verbinden. Mocht een doorkruising van het Kuinderbos op maaiveldniveau om verschillende redenen een no-go zijn, dan kan een korte verdiepte spoorbak mogelijk een oplossing bieden. Een alternatief om het natuurgebied te ontwijken door hier ten oosten of ten westen langs te gaan is niet onderzocht, aangezien dit voor een langer tracé zorgt.

Voorbij het Kuinderbos loopt het tracé verder in noordoostelijke richting om kort via Overijssels grondgebied naar de provinciegrens tussen Overijssel en Fryslân te gaan. Hier kruist de Lelylijn opeenvolgend de Worstdijk, de Bij of Tusschenlinde en vervolgens de Zeedijk aan de zijde van Fryslân. Vanaf hier volgt het tracé een kaarsrechte lijn min of meer parallel aan De Gracht.

De Jonkers- of Helomavaart wordt rond km 52.6 gekruist op maaiveldniveau. Vanaf hier loopt de Lelylijn parallel aan het hoogspanningstracé van TenneT, op een afstand van circa 100 meter. Verschillende lokale wegen en sloten worden door het tracé gekruist. Ter hoogte van km 55.4 kruist de Lelylijn ook het eerdergenoemde hoogspanningstracé, voordat het verder gaat in de richting van de spoorlijn Leeuwarden–Meppel.

Verbindingsboog Lelylijn-Heerenveen/Leeuwarden
Rond km 57.4 takt de Lelylijn uit in een 4-sporigheid, waarbij de binnensporen het doorgaande tracé richting Drachten vormen en de buitensporen verbindingsbogen zijn naar Heerenveen/Leeuwarden. Deze 4-sporigheid kruist allereerst nog de Schipsloot op een +1-niveau, omdat er ook scheepvaart is op dit kanaal. Hierna dalen de sporen weer naar maaiveldniveau, met uitzondering van het meest oostelijke spoor (de buitenboog). Dit spoor blijft op +1-niveau om op hoogte de doorgaande sporen van de Lelylijn te kunnen kruisen. Hierna blijft deze buitenboog het +1 niveau volgen om de Kooiweg en vervolgens ook de spoorlijn Leeuwarden–Meppel op hoogte te kruisen. Hierna volgt de buitenboog het tracé van deze bestaande spoorlijn. Het meest westelijke spoor (de binnenboog) takt van de Lelylijn af op maaiveldniveau. De binnenboog blijft dit maaiveldniveau ook volgen. De Kooiweg moet deze binnenboog onderlangs of bovenlangs kruisen. Vanaf km 62.0 volgt de binnenboog het tracé van de bestaande spoorlijn Leeuwarden–Meppel om even verderop de Tjonger of Kuinder te kruisen met een middelhoge vaste brug. Voorbij de rivier kunnen de verbindingssporen intakken op de bestaande spoorlijn richting station Heerenveen en om vervolgens verder te gaan in de richting van Leeuwarden.

Heerenveen Zuid–Tijnje inclusief tunnel Oranjewoud
Vanaf km 59.55 zakken de doorgaande sporen van de Lelylijn van maaiveldniveau naar een -1-niveau. Vanaf hier begint de zuidelijke toerit van de boortunnel onder NNN-gebied Oranjewoud, waarvan 585,3 hectare vanaf 2012 een van rijkswege beschermd dorpsgezicht is. Het op maaiveldniveau kruizen van een beschermd dorpsgezicht zal vanuit de omgeving als meer dan onwenselijk worden beschouwd. Er is dan ook gekozen een geboorde tunnel onder het natuurgebied en dorp door te maken, die op voldoende diepte ligt zodat de natuur geen negatieve gevolgen kan ervaren van deze tunnel. Rond km 60.30 begint het geboorde deel van de tunnel welke (op volgorde) de volgende sporen, wegen en waterwegen kruist: de spoorlijn Leeuwarden–Meppel, de Heerenveenseweg (lokale weg), de A32 inclusief verzorgingsplaats, de Stelweg (lokale weg), het Tjongerpad (lokale weg), het Tjongerkanaal, de N380 (Schoterlandseweg), NNN-gebied Oranjewoud, de Molenlaan (lokale weg), de Weversbuurt (lokale weg), de Ds. Veenweg (lokale weg) en de Skoatterlânske Kompanjonsfeart. De totale tunnellengte is circa 7 km, zodat de Lelylijn pas voorbij de lintbebouwing langs de Skoatterlânske Kompanjonsfeart weer op maaiveldniveau komt. Voorbij de Skoatterlânske Kompanjonsfeart loopt de Lelylijn op maaiveldniveau weer verder in de richting van de A7. Ter hoogte van Tijnje volgt het tracé van de alternatieve passage Heerenveen weer de Bundelingsvariant zoals in paragraaf beschreven.

Variant: via bestaand station door Heerenveen

Als variant op het hierboven beschreven tracé van de alternatieve, zuidelijke passage Heerenveen is er ook gekeken naar een Lelylijn-tracé via bestaand station Heerenveen (Centrum). Tot aan Heerenveen Zuid volgt dit tracé hetzelfde tracé als hierboven beschreven. Ter hoogte van Heerenveen Zuid loopt het doorgaande Lelylijn-spoor echter niet via de doorgaande binnensporen, maar vormen de verbindingsbogen richting de spoorlijn Leeuwarden–Meppel het doorgaande tracé. Door Heerenveen heen wordt een 4-sporigheid gerealiseerd (uitgangspunt bij S-Curve variant) waarbij de binnensporen de doorgaande sporen tussen Leeuwarden en Meppel vormen en de buitensporen voor de Lelylijn zijn. Uitgangspunt is dat de complete spoorbundel op maaiveldniveau blijft liggen. De inpassing van een 4-sporige doorsnijding van Heerenveen verdient uitgebreid nader onderzoek. Bekeken moet worden of een oplossing op maaiveld realistisch is, of dat een (deels) ondergrondse of in een (half)verdiepte tunnelbak over een bepaalde lengte liggend tracé meer gewenst is/beter inpasbaar is. De passage van Heerenveen is een zeer complexe opgave. Geadviseerd wordt om bij een vervolgfase van het project een aparte studie te maken van de gehele knoop, waarbij de verschillende varianten langs of door Heerenveen uitgebreid worden onderzocht en afgewogen om binnen de beschikbare ruimte een zo'n efficiënt mogelijke en haalbare oplossing te komen.

Op station Heerenveen (Centrum) dienen er twee eilandperrons te worden gerealiseerd zodat er een cross-platform overstap mogelijk is tussen de twee spoorlijnen. Ten noorden van Heerenveen buigen de Lelylijn-sporen weer af in oostelijke richting om vanaf hier weer aan te sluiten op het Bundelingsalternatief richting Drachten en Groningen. Het voordeel van deze variant is een snelle cross-platform overstap van de Lelylijn op de spoorlijn richting Leeuwarden en dat station Heerenveen (Centrum) het belangrijkste station van de plaats blijft. Het nadeel van deze variant is dat een snelle verbinding tussen Groningen en de Randstad via Heerenveen moet 'slingeren', wat voor extra rijdtijd zorgt. Ook is de boog ter hoogte van Heerenveen Noord lastig inpasbaar in verband met de korte afstand tussen het viaduct van de A7 en de te kruizen Hearresleat.

4.3.2. Basisalternatief Afsluitdijk

4.3.2.1. **Algemene beschrijving basisalternatief**

Het verloop van het Afsluitdijkalternatief is weergegeven in Figuur 48. Voor dit Basisalternatief wordt circa 84 km nieuwe spoorbaan aangelegd. De lengte over bestaand spoor van Schagen-Schagen uittakking en Leeuwarden-Groningen is circa 54 km. Het bestaande spoor vanaf Amsterdam tot aan Schagen is minimaal tweesporig en geëlektrificeerd. Het bestaande spoor tussen Leeuwarden en Groningen is deels enkel- en deels dubbelspoor en niet geëlektrificeerd.

In dit basisalternatief is 1 nieuw station geraamd (het is aannemelijk dat dit station ergens in het westen van Fryslân zou komen te liggen). Gezien het landelijke karakter bij dit basisalternatief fungeert dit station waarschijnlijk als station voor een dorp zelf en heeft het ook een hubfunctie voor omliggende dorpen en steden. Het station, met een landschappelijk karakter, kan goed verbonden worden met het bestaande busnetwerk. Bovendien biedt het station mogelijkheden voor koppeling met recreatieve functies, waardoor het een aantrekkelijke bestemming wordt voor zowel reizigers als bezoekers van de regio.

Ook houden we voor dit basisalternatief rekening met een terrein voor het opstellen en servicen van de extra treinen. De locatie hiervan is nog niet bepaald, maar wel kosten meegenomen in de ramingen.

In deze paragraaf geven we een kort overzicht van de verschillende traject-delen met hun (inpassings)problematiek.



Figuur 48. Tracés Basisalternatief Afsluitdijk.

Bestaand spoor: Amsterdam -Alkmaar/ Heerhugowaard/ Schagen

In deze fase is nog niet onderzocht in hoeverre upgrades van bestaand spoor noodzakelijk zijn. Als blijkt uit de vervoerwaarde berekeningen dat de treinen onvoldoende capaciteit voor het aantal reizigers zullen hebben, dan zal hier nadere analyse van gedaan moeten worden.
Tussen Alkmaar en Schagen In-/Uittakking is een analyse uitgevoerd voor overwegen (19 stuks), voorpleinvoorzieningen (station Almaar en Alkmaar Noord),bestaande stations en geluidvoorzieningen. Dit trajectdeel is integraal dubbelsporig en geëlektrificeerd.

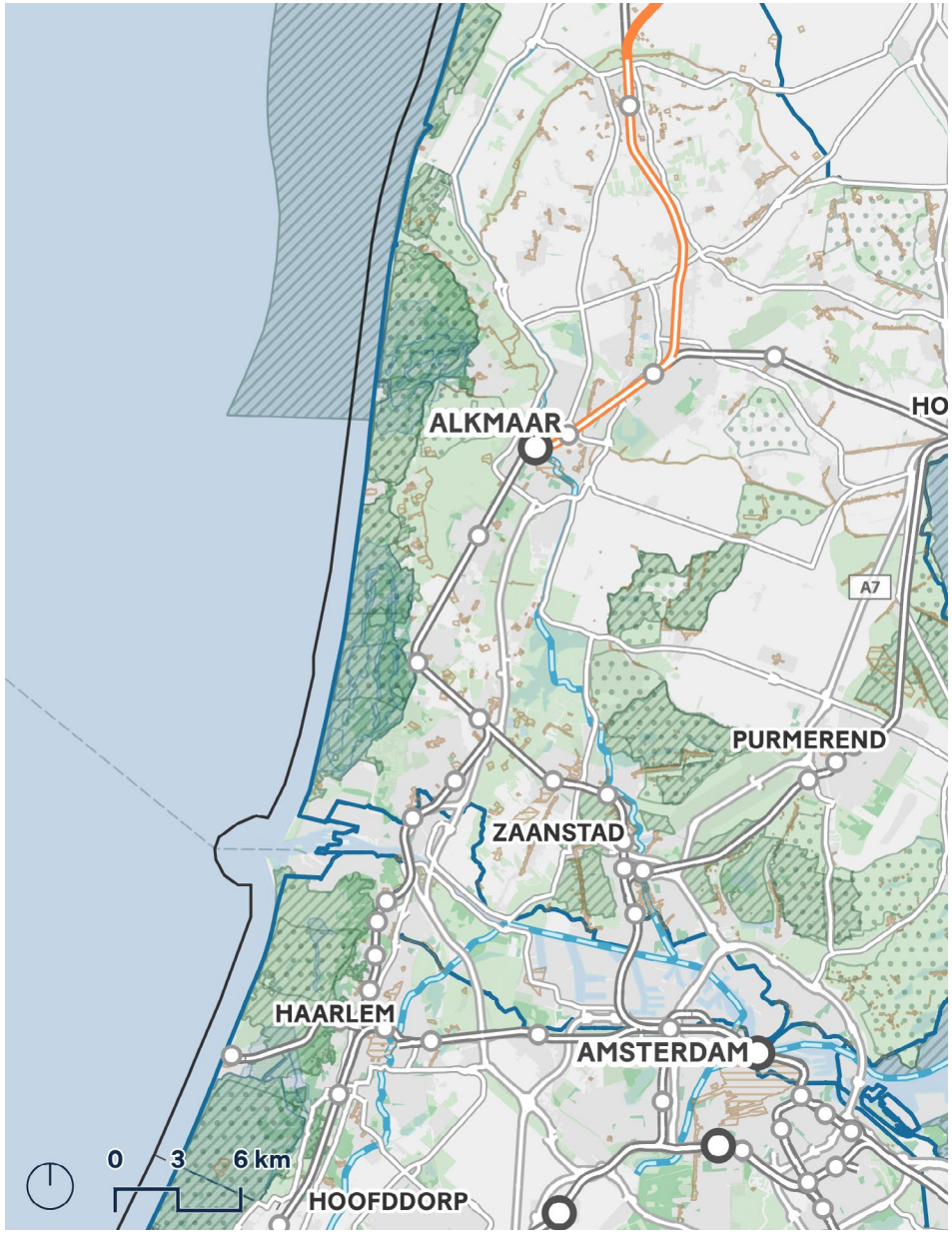
Vanaf bestaand spoor naar Afsluitdijk

Noord-Holland is in vergelijking met andere provincies redelijk volgebouwd met windturbines (Windpark Wieringermeer, gebouwd vanaf 2018). Uitgangspunt is om geen windturbines te raken. Als aanname is gehanteerd dat de Lelylijn minimaal 100 meter vanaf een windturbine wordt getraceerd. Daarnaast is geprobeerd zoveel mogelijk opstallen te ontzien. Als aanname is gehanteerd dat de Lelylijn minimaal 50 meter vanaf opstallen wordt getraceerd.

Schagen – In-/uittakking Schagen (lengte 2 km)

Bij deze variant rond Schagen dient het bestaande enkelspoor vanaf station Schagen verdubbeld te worden tot aan de in-/uittakking 2 km ten noorden van station Schagen. Het bestaand spoor ligt op een dijkje met aan beide zijden forse watergangen. Opgemerkt wordt dat in november 2023 het bestaande gedeelte dubbelspoor ten noorden van Schagen gewijzigd is naar enkelspoor. Het enkelsporige baanvak is al geëlektrificeerd. Het tweede spoor dient ook geëlektrificeerd te worden. Naar verwachting hoeft een onderstation of schakelstation niet verzwaard te worden. Twee enkelsporige kunstwerken op dit trajectdeel moeten worden verdubbeld.

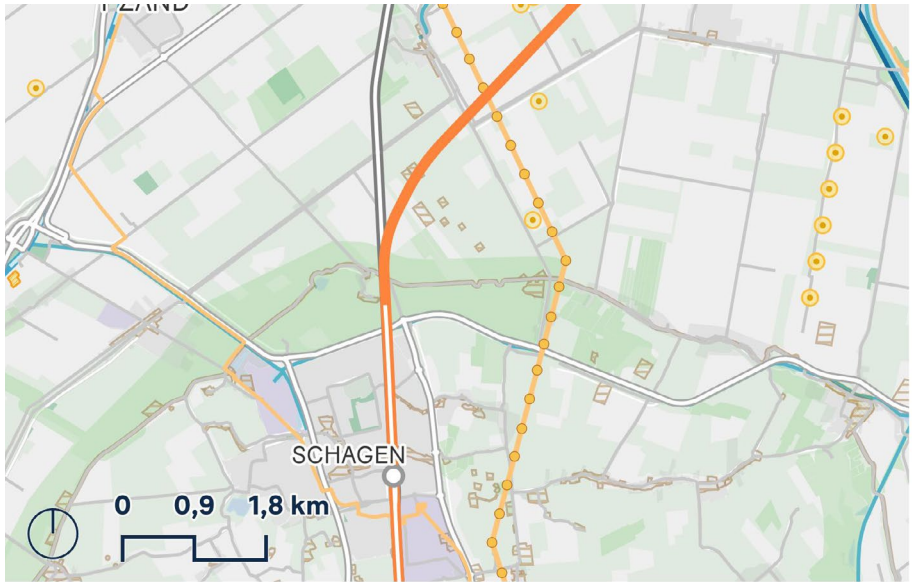
Voor dit trajectdeel is een sub-alternatief uitgewerkt die uiteindelijk niet is opgenomen in de raming: uittakken ten noorden van Heerhugowaard (zie paragraaf 4.3.3.3) of ten noorden van Schagen. Een derde sub-alternatief (uittakken nabij Anna-Paulowna) is niet uitgewerkt, omdat in dit sub-alternatief langer over bestaand spoor gereden wordt met lagere



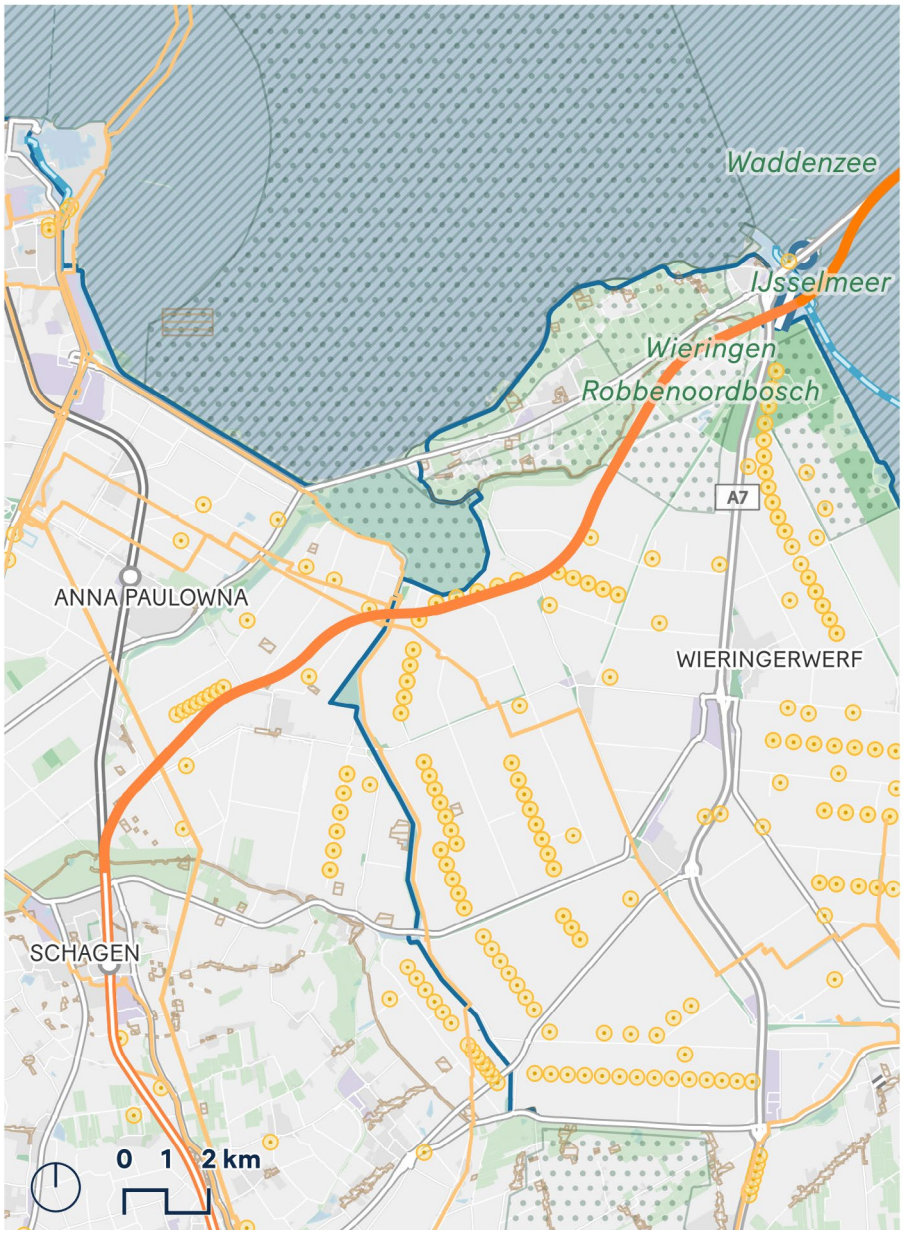
Figuur 49. Bestaand spoor: Amsterdam-Alkmaar/Heerhugowaard/Schagen.

snelheid (140 km/u), dit spoor verdubbeld moet worden en het nieuwe tracé vanaf de uittakking lastig inpasbaar is (passage Balgzandkanaal, passage Amsteldiepdijk/Amstelmeer en bundeling N99 (passage bedrijventerreinen en passage lintbebouwing Hippolytushoef zuidzijde N99).

In-/uittakking Schagen–Afsluitdijk (lengte ruim 20 km)
Buiten de bebouwde kom van Schagen buigt de Lelylijn af richting de Afsluitdijk. Het bestaande spoor richting Den Helder takt daarvoor gelijkvloers uit. Direct na het uitbuigen van het tracé en de aftakking richting Den Helder kan de snelheid verhoogd worden van 140 km/u naar 200 km/u en volgt het tracé al slingerend zijn weg tussen windturbines en opstallen door. Indien mogelijk wordt de Lelylijn enigszins gebundeld met een rij windturbines. In de vervolgfase dient een afweging te worden gemaakt of het handhaven van windturbines of het handhaven van opstallen de voorkeur heeft. Richting de Afsluitdijk wordt polder Waard-Nieuwland doorsneden. Deze polder is een stiltegebied. Circa 16 wegen en vaarten passeert de Lelylijn.



Figuur 50. In-/uittakking Schagen.



Figuur 51. In-/uittakking Schagen–Afsluitdijk.

Afsluitdijk (lengte ruim 35 km, inclusief overgangen land-water)

Het IJsselmeer is een Natura 2000-gebied. Elke fysieke uitbreiding van de Afsluitdijk of doorsnijding van het IJsselmeer betekent feitelijk een aantasting van het Natura 2000-gebied. Ten oosten van de Lorentzsluizen bevindt zich eiland Makkumer Noordwaard (Natuur Netwerk Nederland) wat omgeven is door een uitgestrekt stiltegebied.

Aanlanding westzijde

Komende vanaf Schagen wordt op het vasteland de rijksweg A7 gepasseerd met op korte afstand kruisingen van een waterweg, een weg en aan de IJsselmeeroever een weg op de dijk. Op het IJsselmeer wordt de Stevinsluis gepasseerd inclusief bijbehorende spuisluizen. Aan de zuidzijde van het tracé ligt een jachthaven. De Stevinsluis is geen officiële staande mastroute, maar in de wegen op de Afsluitdijk bevinden zich beweegbare bruggen. Naar verwachting wordt de sluis ook gebruikt door schepen die een hoge doorvaarthoogte vergen.

Voor de passage van de Stevensluis zijn een viertal opties denkbaar:

- Beweegbare brug: de maximale snelheid voor treinverkeer op een beweegbare brug bedraagt 140 km/u. Dit voldoet niet aan de minimale ontwerpsnelheid van de tracévarianten (160-200-300 km/u) en valt af.
- Vaste brug: de hoogte van de vaste brug is nog niet officieel vastgesteld maar als de Rijnvaarthoogte (+9,10 m) of staande mastroutehoogte (+31 m) wordt aangehouden ontstaat een hoge brug. In combinatie met de te verwachten harde wind aan de kust kunnen mogelijk problemen ontstaan bij een hoge vaste brug (referentie HSL Zuid Hollands Diep).
- Zinktunnel.
- Boortunnel.

Aandachtspunten/ beperkingen bij een zinktunnel zijn:

- Grote stroomsnelheden direct bij de spuisluizen, waarbij uitvoering als (gedeeltelijke) zinktunnel veel complexiteit gedurende de bouw met zich meebrengt;
- Spuisluizen worden met regelmaat gebruikt waardoor geen lange perioden beschikbaar zijn om tunnelelementen af te zinken;
- Mogelijke diepe bodemniveau's direct bij spuisluizen (-15 m NAP direct nabij de sluis, -6 m NAP verder van de sluis af);
- Maken zinksluif ingewikkeld (taluds 1:5 of combiwanden) dicht op de spuisluizen en grote stroomsnelheden;
- Kruising met afvoerkanaal (36 betonnen kokers van 30 m lengte) in de bodem van de jachthaven welke de afwatering vormen van gemaal Leemans richting de Waddenzee.

De keuze voor een boortunnel lijkt daarom noodzakelijk. Het tracé dient zo ver mogelijk van de spuisluizen afgelegd te worden om ongewenste waterbouwkundige effecten te voorkomen. Vooralsnog is een tracé gekozen door de ligplaatsen aan de binnenzijde van de schutsluis en door de jachthaven. De kruising van het afvoerkanaal van gemaal Leemans is een complicerende factor bij deze keuze. Een mogelijk alternatief is een zuidelijker gelegen tracé dat ten zuiden van de jachthaven en gemaal Leemans aan wal komt en dat dwars door natuurgebied het Robbenoordbos loopt.

De tunnel dient, na passage van de ligplaatsen bij de schutsluis, over grotere lengte (circa 900 m) diep te liggen om ongewenste stromingseffecten te voorkomen ter hoogte van de spuisluizen. Op de plek waar de tunnel weer boven water komt wordt een kunstmatig eiland gerealiseerd, waar de tunnel over gaat in een brugconstructie boven water.

Daar waar het tracé nog niet strak gebundeld ligt met de Afsluitdijk wordt een kunstwerk op palen boven het water gerealiseerd omdat aanleg van een nieuwe (afbuigende) dijk vanaf de Afsluitdijk naar het kunstmatige eiland als onwenselijk wordt gezien in verband met onder andere waterberging.

In deze fase van het project is gekozen voor toepassing van een boortunnel met twee enkelspoor-tunnelbuizen en onderlinge dwarsverbindingen.

Bundeling Afsluitdijk (18,44 km)
Voor het grootste gedeelte van de Afsluitdijk kan gekozen worden voor een strakke bundeling met de dijk. Er zijn in de basis twee oplossingen mogelijk:

- Uitbreiding van het dijklichaam van de Afsluitdijk aan de binnenzijde van de dijk.
- Een nieuw kunstwerk op kolommen in het water dicht tegen de bestaande Afsluitdijk.

Uitgezonderd de beide passages van de sluiscomplexen aan de uiteinden van de Afsluitdijk zijn er nog twee locaties waarop ingezoomd moet worden en waar de strakke bundeling mogelijk niet doorgezet kan worden: passage Vlietermonument en passage Breezanddijk. Het Vlietermonument wordt gerenoveerd en uitgebreid. Passage van het monument is niet mogelijk zonder grote impact op het monument. Op het werkeiland Breezanddijk bevinden zich de volgende functies:

- Verzorgingsplaats/tankstation;
- Kleinschalige industrie met haven;
- Proeflocatie Energiewinning Blue Energy (wordt uitgebreid naar een grotere centrale);
- Kampeerplaats 'Het Wad';
- Transformatorstation (voor Windpark Fryslân).

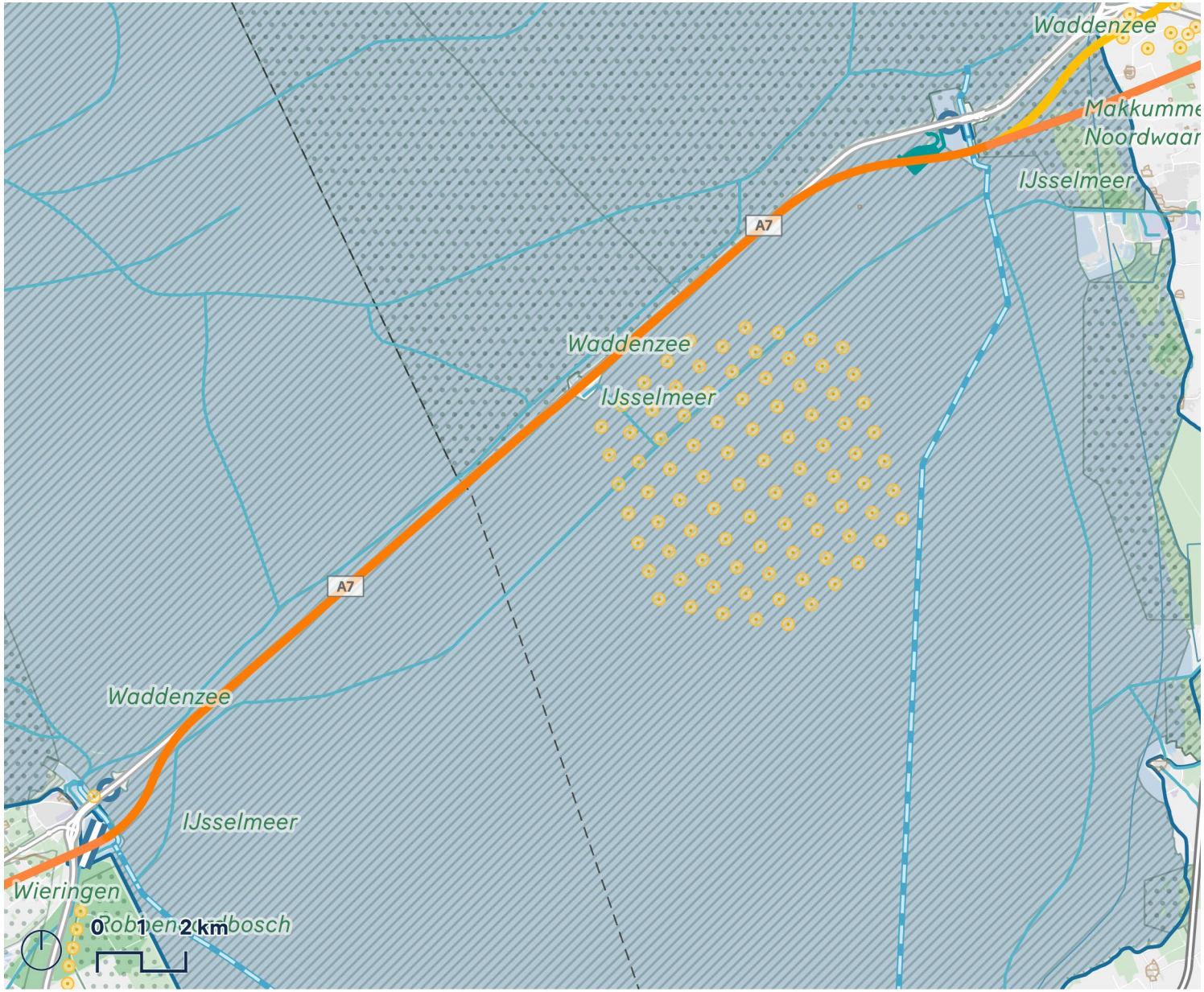
Aandachtpunten bij een bundeling met de Afsluitdijk zijn:

- Kruiend ijs vanaf het IJsselmeer;
- Kabeltracé 2x110 kV van Breezanddijk naar Kornwerderzand: tracé ligt aan de buitenzijde van de dijk (uitgezonderd aansluiting bij EV-station Breezanddijk en passage Lorentzsluizen);
- Onderhoudbaarheid spoor (onderhoudsweg tussen bestaande weg en nieuw spoor;
- Calamiteitsvoorzieningen (vluchtmogelijkheid) vanaf het spoor (speelt met name bij de optie van een kunstwerk).

De exacte eisen en wensen op het gebied van onderhoud en calamiteitenbestrijding zijn in dit stadium nog niet bekend, omdat nog geen afstemming heeft plaatsgevonden met de toekomstige assetmanager van het spoor en de veiligheidsregio. Vanwege deze onzekerheid is hiertoe een risico opgenomen in het risicodossier.

Aanlanding oostzijde (8,92 km)
De aanlanding aan de oostzijde is enigszins vergelijkbaar met de westzijde, maar ook weer niet.
De problematiek van de kruising van de Lorentzsluis is vergelijkbaar met die van de Stevinsluis. Verschil is wel dat de Lorentzsluis deel uitmaakt van de staande mastroute. De problematiek van het afvoerkanaal van gemaal Leemans is aan deze zijde van de Afsluitdijk niet aanwezig. Wat wel een complicerende factor is, is de ontwikkeling van een nieuwe vismigratierivier die ten westen van de Spuisluizen is gerealiseerd en die tot ver in het IJsselmeer rijkt. Het beoogde tracé van de Lelylijn doorkruist deze vismigratierivier.

Een ander verschil is de afstand tussen sluis en land. Daar waar de Stevinsluis op circa 900 m vanaf het land ligt, ligt de Lorentzsluis circa 3.650 m vanaf het land met in het midden eiland Makkumer Noordwaard (Natuur Netwerk Nederland en stiltegebied). Door vanuit de zuidelijke passage van de sluis in een rechte lijn naar het land te gaan wordt het eiland net geraakt door het tracé. Voor dit rechte tracé is gekozen om een zo kort mogelijke doorsnijding over water te maken door de beschermde natuurgebieden (d.m.v. boortunnel).



Figuur 52. Afsluitdijk.

Afsluitdijk–Leeuwarden

Via bestaand spoor (baanvak Meppel-Leeuwarden) naar Leeuwarden (lengte ruim 30 km)

In dit deel van het basisalternatief is er nog veel schuifruimte in de inpassing (meer of minder noordelijk richting Franeker en dergelijke is goed mogelijk). Wat geen grote impact heeft op de kosten.

Voor de aantakking op bestaand spoor zijn twee verschillende varianten aan de orde geweest (die intakken op het bestaande baanvak Meppel-Leeuwarden). De ene variant haakte ten noorden van de beoogde locatie van het nieuwe station Werpsterhoeke in. Op aangeven van deelnemers aan de provincie-ateliers is deze aantakking meer naar het zuiden gelegd om station Werpsterhoeke te kunnen aandoen. Baanvak Meppel-Leeuwarden is al dubbelsporig en geëlektrificeerd. Om deze reden is intakken op dit baanvak logischer dan op bijvoorbeeld het enkelsporige baanvak Harlingen Haven-Leeuwarden (zie paragraaf 4.3.3.3). In dit baanvak ligt ook een beweegbare brug in het Van Harinxmakanaal, maar er lopen onderzoeken naar de mogelijkheid om deze brug te vervangen door een aquaduct (verdiepte ligging) onder het Van Harinxmakanaal door. De locatie van de intakking houdt rekening met de benodigde lengte van het eventueel toekomstige aquaduct en ligt daardoor zuidelijker nabij De Zuidlanden. De Lelylijn passeert op dit trajectdeel bijna 50 (vaar)wegen en vaarten. Voor de raming gaan we uit van de variant die het station Werpsterhoeke aan doet. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de financiering en realisatie van dit station in een ander project wordt gerealiseerd.



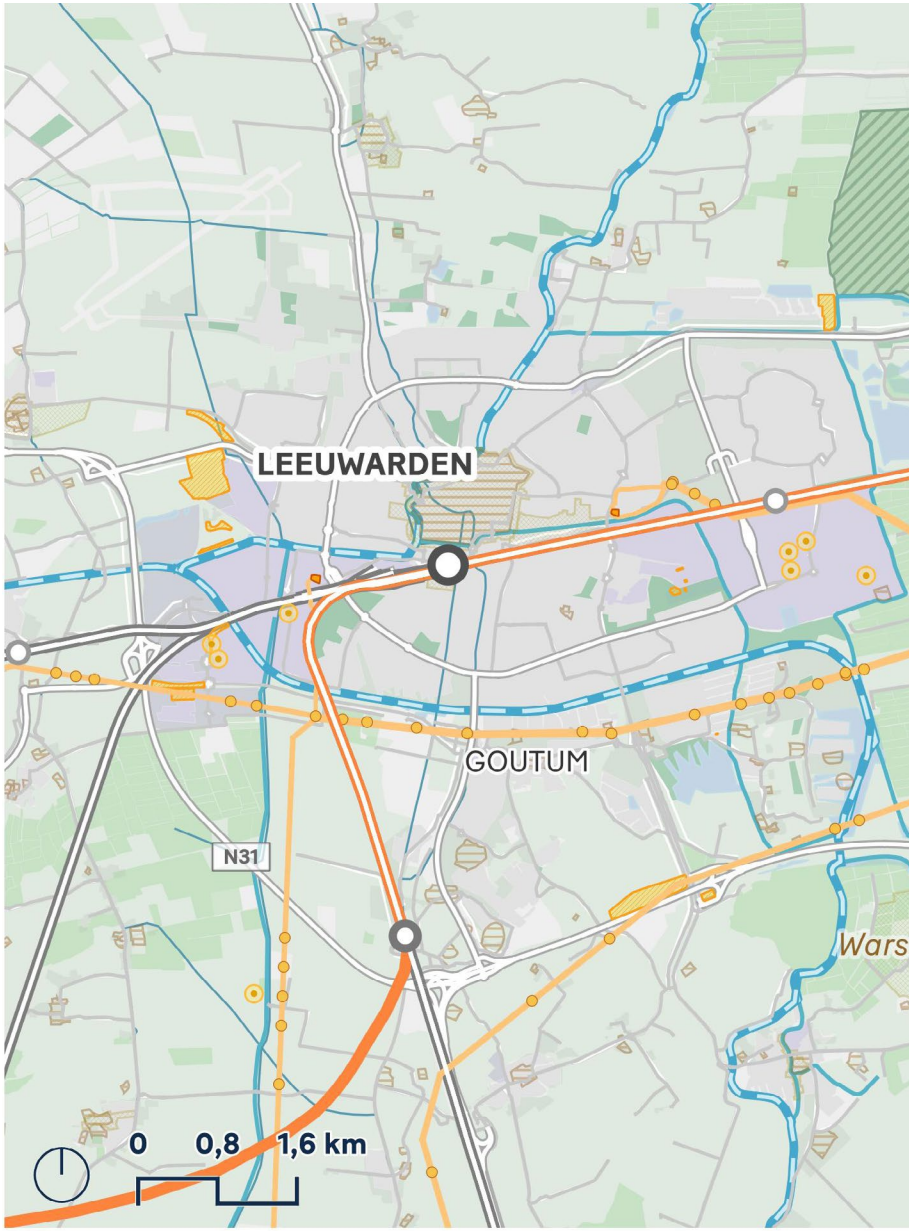
Figuur 53. Afsluitdijk–Leeuwarden.

Emplacement Leeuwarden

Emplacement Leeuwarden is in de periode 2023-2024 omgebouwd tot een kopstation met gescheiden corridors vanuit het westen: Harlingen Haven (enkelspoor), Stavoren (enkelspoor), Meppel (dubbelspoor) en oosten: Groningen (deels dubbelspoor, deels enkelspoor). In het project ERTMS Noordijke Nevenlijnen (ENL) wordt ERTMS ingevoerd waarbij globaal dezelfde snelheden blijven gehandhaafd.

Het doortrekken van de Lelylijn naar Groningen houdt in dat op het oostelijk deel van emplacement Leeuwarden het oostelijke eilandperron versmald moet worden, zodat er ruimte komt om een extra spoor (dubbelsporigheid) te bouwen.

Aanlanding van de Lelylijn op station Leeuwarden is mogelijk, maar dit heeft wel consequenties voor de voorzieningen aan de zuid- en oostzijde van emplacement Leeuwarden: opstel- en serviceterrein inclusief het emplacement zelf en het parkeerterrein, versmallen eilandperron en extra spoor.



Figuur 54. Emplacement Leeuwarden.

Leeuwarden–Hoogkerk (lengte ruim 50 km)

Het bestaande spoor tussen Leeuwarden en Groningen (Hoogkerk aansluiting, km 76.8) is deels enkelspoor en deels dubbelspoor. Uitgangspunt is dat het spoor over het gehele tracé dubbelsporig wordt gemaakt. Het gehele baanvak dient daarnaast geëlektrificeerd te worden. De bestaande spoorafstand op de dubbelsporige gedeelten bedraagt 3,90 meter tot 4,25 meter. Dit voldoet niet aan de nieuwbouwnormen van 4,50 meter. Aangezien het baanvak nog niet geëlektrificeerd is, bestaat het risico dat bij elektrificatie gevraagd wordt de spoorafstand te vergroten. Dit kan ruimtelijke inpassingsknelpunten opleveren en vergt ook aanpassing van alle kunstwerken en overwegen. Dit risico wordt nu niet meegenomen in de kostenraming, omdat het vrij uitzonderlijk is om bij elektrificatie van een baanvak ook grootschalige baanwerkzaamheden te verrichten. Met als belangrijkste redenen 1) lastige inpassingen in bebouwde gebieden en 2) daarom ook hoge investeringskosten.

Er zijn specifieke inpassingsknelpunten, waaronder bijvoorbeeld:

- Woningen in meerdere dorpen langs het tracé, die relatief dicht op het spoor staan.
- Idem, bedrijven.
- Een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) met leidingbruggen over het huidige spoor.
- Een jachthaven.

Aandachtspunt is ook in hoeverre het mogelijk en realistisch is de snelheid op dit trajectdeel te verhogen, mede in relatie tot de relatief slappe ondergrond.
Omdat uitgegaan wordt van een frequentieverhoging op het bestaande spoor zijn ook maatregelen aan overwegen (40 stuks), mogelijk ook aan (beweegbare) bruggen (totaal 41 stuks, waarvan 1 beweegbaar) en geluidmaatregelen nodig. Trillingen nemen toe door meerdere treinen. De werkzaamheden voor de Lelylijn zullen er voor zorgen dat er gedurende langere periode geen treinverkeer mogelijk is tussen Leeuwarden en Groningen. Gezien de verwachte toename van het aantal reizigers is ook de verwachting dat voorpleinvoorzieningen bij bestaande stations aangepast moeten worden.



Figuur 55. Leeuwarden–Hoogkerk.

Entree Groningen (lengte 3,3 km)

Het bestaande baanvakdeel tussen Hoogkerk aansluiting (km 76.8) tot Groningen is enkelsporig. Uitgangspunt is dat het spoor over de gehele tracé dubbelsporig wordt gemaakt. De treindienst Leeuwarden-Groningen is doorgekoppeld met de stoptrein naar Veendam. Het afwikkelen van extra treinen van de Lelylijn bovenop deze treindienst vraagt nader onderzoek in een vervolgfase. Generiek leidt een spoorverdubbeling in een bebouwde omgeving met kruisende infrastructuur tot een krappe inpassing. Kruisende infrastructuur is onder andere: Johan van Zwedenlaan, een vaart, Laan 1940-1946, Paterswoldseweg en Noord-Willemskanaal. Aanpassingen aan en/of vervanging van deze kunstwerken op dit deel is zeer divers van aard en is opgenomen in de investeringsraming.



Figuur 56. Entree Groningen.

4.3.2.2. **Basisalternatief Afsluitdijk – In cijfers**

In Tabel 32 tot en met Tabel 37 karakteriseren we Basisalternatief Afsluitdijk in cijfers.

Lengte nieuw [km]	Lage baan [km]	Hoge baan [km]	Kunstwerk [km]
84,47	35,00	12,97	37,23

Tabel 32. Hoofdkarakteristieken Basisalternatief Afsluitdijk.

Onderdeel	Lengte [1] [km]	Lengte [2] [km]
De ondergrond bestaat uit slappe lagen met een dikte variërend van:		
0 tot 3 meter	2 tot 3	15 tot 17
3 tot 5 meter	10 tot 12	15 tot 17
5 tot 10 meter	36 tot 40	12 tot 14
Meer dan 10 meter (en soms zelfs meer dan 20 meter)	29 tot 31	7 tot 9
Lage spoorbaan Met grondverbetering:	34 tot 36	19 tot 21
0 tot 3 meter	1 tot 2	5 tot 7
3 tot 5 meter	5 tot 7	5 tot 7
5 tot 10 meter	13 tot 15	4 tot 6
Meer dan 10 meter	12 tot 14	2 tot 4
Hoge spoorbaan Met grondverbetering:	10 tot 14	-
0 tot 3 meter	-	-
3 tot 5 meter	0 tot 1	-
5 tot 10 meter	6 tot 8	-
Meer dan 10 meter	4 tot 6	-

Tabel 33. De spoorbaan in cijfers – Basisalternatief Afsluitdijk.

1) exclusief overgangen land-water Afsluitdijk en bestaand spoor Leeuwarden-Groningen.

2) Leeuwarden-Groningen, waarbij lengte waarover grondverbetering wordt toegepast alleen die delen waar enkelspoor dubbelspoor wordt.

Ligging Lelylijn	Wat kruist	Aantal	Hoe?
Maaiveld	Weg	12	Ongelijkvloers op +1 (verkeers-viaduct)
Maaiveld	Water	15	Dubbelsporig dek Deklengtes van 16 tot 70 meter totaal 400-450 meter
Maaiveld	Fietspad	2	Onderdoorgang langzaam verkeer
Hoog	Weg of water	19	Dubbelsporig dek Deklengtes van 18 tot ruim 150 totaal 900-1.100 meter
Hoog	Spoor	1	Enkelsporige trogbrug over bestaand dubbelspoor, lengte = 140 meter
n.v.t.	Weg	13	Verleggen/ aansluiten/ opbreken bestaande weg

Tabel 34. Kruisingen met (vaar)wegen en wateren (niet uitputtend) – Basisalternatief Afsluitdijk (exclusief Leeuwarden-Groningen).

Natuurgebied	Compensate [ha]
NNN-gebieden:	
Waard-Nieuwland (stiltegebied)	24 tot 28
Totaal	**24 tot 28**
Natura 2000-gebieden:	
IJsselmeer, inclusief Makkummer Noordwaard (stiltegebied)	150 tot 175
Totaal	**150 tot 175**

Tabel 35. Natuurgebieden en oppervlakte compensatie in cijfers – Basisalternatief Afsluitdijk.

Vastgoed	Aantal [1]	Aantal [2]	Oppervlakte [1] [ha]	Oppervlakte [2] [ha]
Aantallen:				
Percelen	500-600	90-110		
(woon)Huizen	2-6	18-24 [3]		
Boerderijen	20-28	-		
Bedrijfspanden	-	-		
Gronden:				
Lage baan [1]			180-220	60-70
Hoge baan [1]			100-120	-
Extra aankoop percelen			200-240	-
Open toeritten boortunnel			26-30	-
Werkeiland			40-80	-
Watercompensatie			6-10	-
Natuur compensatie			180-220	-
Totaal			**800-100**	**60-70**

Tabel 36. Vastgoed in cijfers – Basisalternatief Afsluitdijk

1) Nieuw spoor.

2) Leeuwarden-Groningen.

3) Schatting, maar mogelijk ook op te lossen door andere maatregelen, dus misschien nu dubbel in raming.

Onderdeel	Oppervlakte [1] [m²]	Oppervlakte [2] [m²]	Lengte [1] [km]	Lengte [2] [km]
Stations- en transfervoorzieningen:				
Extra oppervlakte parkeren auto	600-700	14.000-16.000		
Extra oppervlakte parkeren fiets	150-175	6.000-7.500		
Extra oppervlakte bushalte	250-350	5.000-6.000		
Geluidmaatregelen:				
Raildemper in 2 sporen			1-2	14-16
Geluidscherm			0-1	9-11

Tabel 37. Stations- en transfervoorzieningen aan bestaande stations en geluidvoorzieningen in cijfers - Basisalternatief Afsluitdijk.

1) Nieuw spoor.

2) Bestaand spoor.

4.3.2.3. **Variaties op dit basisalternatief**

Heerhugowaard–Afsluitdijk (bundelen met N242 en A7)

Het initiële kaartje van Basisalternatief Afsluitdijk toont vanaf Alkmaar een nieuw tracé richting de Afsluitdijk. Omdat de bebouwde omgeving van Alkmaar en Heerhugowaard in elkaar overlopen is het niet reëel om vanaf Alkmaar een nieuw tracé te ontwerpen. Daarom is Heerhugowaard gekozen als eerst mogelijk punt waarop de Lelylijn aftakt vanaf bestaand spoor. Dit tracé kenmerkt zich door bundeling met de N242 en de A7.

Gezien de impact op meerdere locaties lijkt een keuze voor dit sub-alternatief niet logisch. Niet uitputtend worden de volgende knelpunten genoemd:

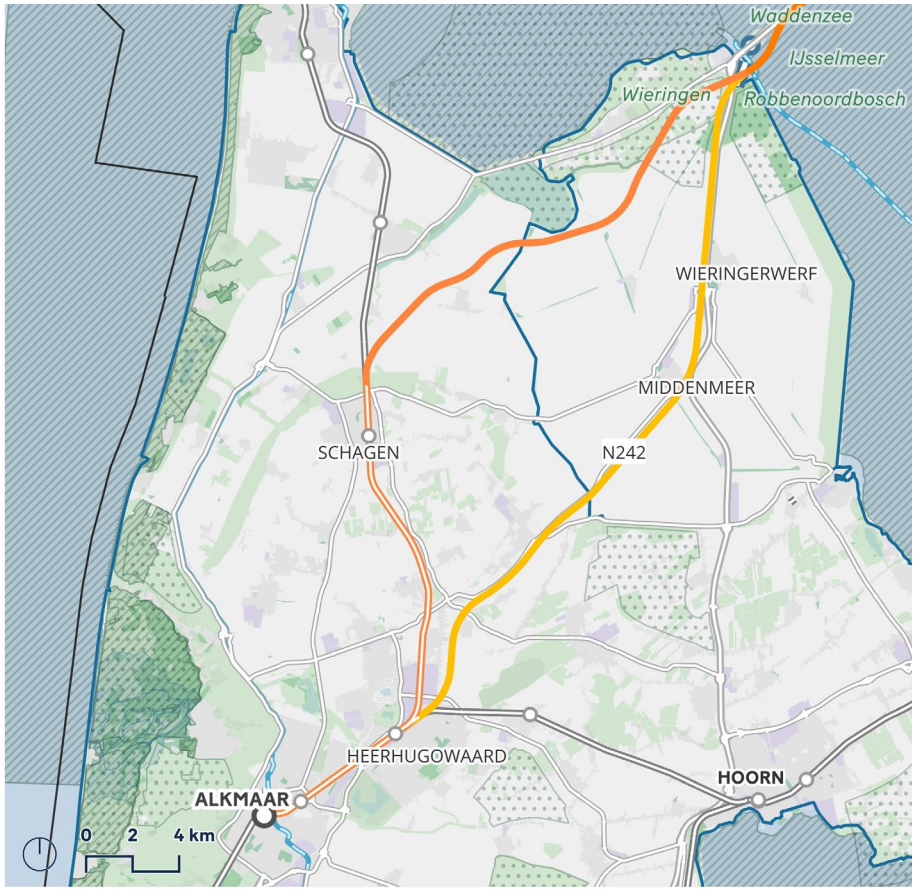
- Bij Heerhugowaard vormen het te ontwikkelen bedrijventerrein "De Vaandel" direct ten zuiden van de N194 en de doorsnijding van het dichtbebouwde kassengebied "De Noord" knelpunten.
- Direct langs de N242 (tussen het Groetkanaal en Middenmeer) liggen meerdere opstallen. Door (strakke) bundeling met de N242 wordt de gehele rij opstallen doorsneden. Een minder strakke bundeling betekent een doorsnijding van de grote percelen ten zuiden van de N242 die mogelijk bij de opstallen behoren.
- Ter hoogte van Middenmeer waar de N242 en de A7 samenkomen wordt bedrijventerrein (Hoornseweg, Middenmeer) doorsneden. Om dat te voorkomen dient de A7 tweemaal gekruist te worden waarbij het bundelingsprincipe lokaal losgelaten moet worden.
- Ten noorden van Middenmeer ligt Wieringerwerf-Zuid met bedrijventerrein Robbenplaat. Door strakke bundeling aan de westzijde met de A7 wordt het bedrijventerrein middendoor gesneden. Een oostelijke bundeling met de A7 doorsnijdt zowel Wieringerwerf als Wieringerwerf-Zuid en is daardoor niet reëel.

Intakken bij Werpsterhoeke

Er is ook gekeken naar een variant waarbij de intakking op de spoorlijn Meppel-Leeuwarden verschoven wordt naar het zuiden. Hiermee wordt ten zuiden van het nieuwe station Werpsterhoeke ingetakt waardoor treinen van de Lelylijn ook op station Werpsterhoeke zouden kunnen stoppen.
Het alternatieve tracé wijkt ten westen van Mantgum af van het oorspronkelijke tracé om Mantgum via de zuidzijde te passeren in plaats van via de noordzijde. Het alternatief is globaal uitgewerkt. Het alternatief is qua kosten/inpassing vergelijkbaar met als voordeel dat de Wammerterpolder (onderdeel van Natuur Netwerk Nederland) niet wordt doorsneden.

Nieuw spoor Groningen–Leeuwarden via Drachten

Voortbordurend op het zojuist beschreven alternatief is een tweede alternatief benoemd waarbij de Lelylijn vanuit de richting Harlingen niet meer aanlandt in Leeuwarden maar na Dronryp afbuigt in zuidelijke richting en bij nieuw station Werpsterhoeke de spoorlijn Meppel-Leeuwarden kruist (dus een kruisstation). Vanaf Werpsterhoeke volgt de Lelylijn een nieuw tracé (gebundeld met de N31) ten zuiden van Leeuwarden via Drachten-noord en een bundeling langs de A7 richting Groningen. Dit tracé is zeer globaal uitgewerkt. In het hoofdstuk over de kostenramingen wordt hiervoor een kosteninschatting gegeven.



Figuur 57. Heerhugowaard–Afsluitdijk.

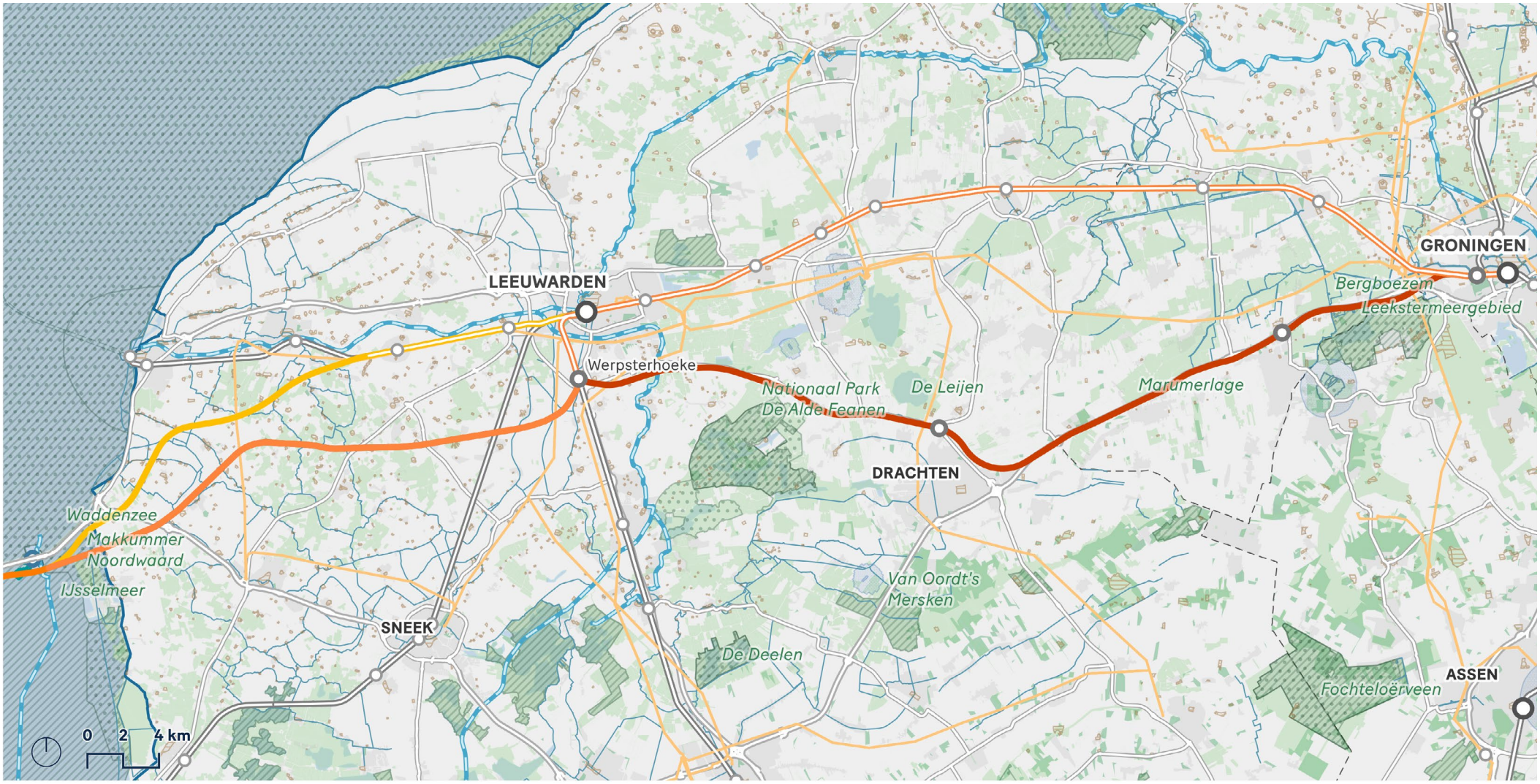
Via bestaand (geüpgraded) spoor (baanvak Harlingen Haven-Leeuwarden) naar Leeuwarden
De kortste route vanaf de Afsluitdijk naar Leeuwarden, gebruikmakend van zoveel mogelijk bestaand spoor, is via het bestaande baanvak Harlingen Haven-Leeuwarden. Dit is een niet-geëlektrificeerd, enkelsporig baanvak met dubbelsporigheid bij de stations Harlingen, Franeker en Dronryp.

Intakken ten westen van Franeker lijkt niet handig, omdat het realiseren van een 4-sporig station Franeker (twee doorgaande sporen en twee perronsporen) qua inpassing en wissels niet mogelijk lijkt. Intakken tussen Franeker en Dronryp ter hoogte van km 13.3 is logischer aangezien het spoor na deze intakking tot aan Leeuwarden recht is (uitgezonderd de binnenkomst in Leeuwarden). Het bestaande spoor vanaf km 13.3 tot Leeuwarden is enkelsporig met uitzondering van station Dronryp. Dit spoor dient verdubbeld te worden. Ook dient het baanvak geëlektrificeerd te worden. Er bevinden zich enkele kunstwerken op het baanvak waarbij het grootste kunstwerk de beweegbare brug over het Van Harinxmakanaal is. Verdubbeling van de kleinere bruggen is mogelijk, maar de brug over het Van Harinxmakanaal is een dubbele draaibrug (gecombineerd met baanvak Stavoren-Leeuwarden) waar geen uitbreiding meer mogelijk is. Het Van Harinxmakanaal is onderdeel van de staande mastroute. Een hoge vaste brug of verdiepte ligging wordt qua inpassing niet haalbaar geacht. De beweegbare brug blijft daarmee een obstakel in de dienstregeling, wat groter wordt als er meer treinen bijkomen door de Lelylijn. Het combineren van de twee bestaande enkelsporige baanvakken tussen het Van Harinxmakanaal en Leeuwarden tot een dubbelsporigheid waarbij het spoor komende uit Stavoren gelijkvloers in-/uittakt kan een oplossing zijn. Het realiseren van de gelijkvloerse in-/uittakking van het spoor naar Stavoren kan lastig inpasbaar zijn gezien de aanwezigheid van de wegen rondom afrit 24 van de N31. Dit is niet nader uitgewerkt.

Voor het doortrekken van de Lelylijn vanuit het westen via emplacement Leeuwarden naar Groningen is een aankomst vanuit de richting Harlingen Haven niet logisch. Op Leeuwarden komen drie gescheiden corridors vanuit het westen binnen. Van noord naar zuid zijn dat Harlingen Haven, Stavoren en Meppel. Alle drie de corridors eindigen als kopspoor op station Leeuwarden. Het spoor naar Groningen is ook een kopspoor aan de oostzijde. Gezien de lay-out van emplacement Leeuwarden (na de ombouw van 2023-2024) ligt het doortrekken van de meest zuidelijke corridor (eventueel met uitbreiding van perroncapaciteit aan de zuidzijde) het meest voor de hand. Als binnengekomen wordt op de noordelijke corridor vanuit Harlingen Haven (met samenloop met Stavoren) dient de corridor uit Meppel gekruist te worden. Een ongelijkvloerse kruising aan de westzijde van Leeuwarden is niet inpasbaar.

Dit alternatief heeft om bovengenoemde redenen niet de voorkeur.

Alternatief
Naar aanleiding van het provincie-atelier in Leeuwarden is een alternatief geopperd waarbij vanaf de Afsluitdijk een noordelijker tracé gevolgd wordt waarbij dichter bij Harlingen aangesloten wordt op de bestaande spoorlijn. Een nieuwe halte op deze locatie zorgt dan voor een betere overstap richting Harlingen en de veerdienst richting de Waddeneilanden. Dit alternatief is niet verder uitgewerkt.



Figuur 58. Tracévarianten in Fryslân.

4.3.3. Basisalternatief Zuidelijk

4.3.3.1. **Algemene beschrijving basisalternatief**

Het Zuidelijke alternatief is tussen Lelystad en Emmeloord gelijk aan het Bundelingsalternatief. Het gebied tussen Emmeloord en Assen kenmerkt zich als een landelijk, grotendeels agrarische omgeving, maar er liggen ook een aantal grote natuurgebieden, waaronder De Weerribben, De Wieden en het Drents-Friese Wold & Leggelderveld. Als er een rechte lijn wordt getrokken tussen Emmeloord en Assen doorsnijdt deze zowel De Weerribben als het Drents-Friese Wold & Leggelderveld. Er dwars doorheen is onwenselijk, om deze reden zijn twee tracés uitgewerkt, een noordelijke en zuidelijke, waarbij het noordelijke tracé ten noorden van de natuurgebieden gaat en het zuidelijke tracé tussen De Weerribben en De Wieden door en ten zuiden van het Drents-Friese Wold & Leggelderveld.

In de raming van dit basisalternatief is rekening gehouden met 1 nieuw station.

Ook houden we voor dit alternatief rekening met een terrein voor het opstellen en servicen van de extra treinen. De locatie hiervan is niet bepaald.

In deze paragraaf geven we een kort overzicht van de verschillende trajectdelen met hun (inpassings)problematiek.



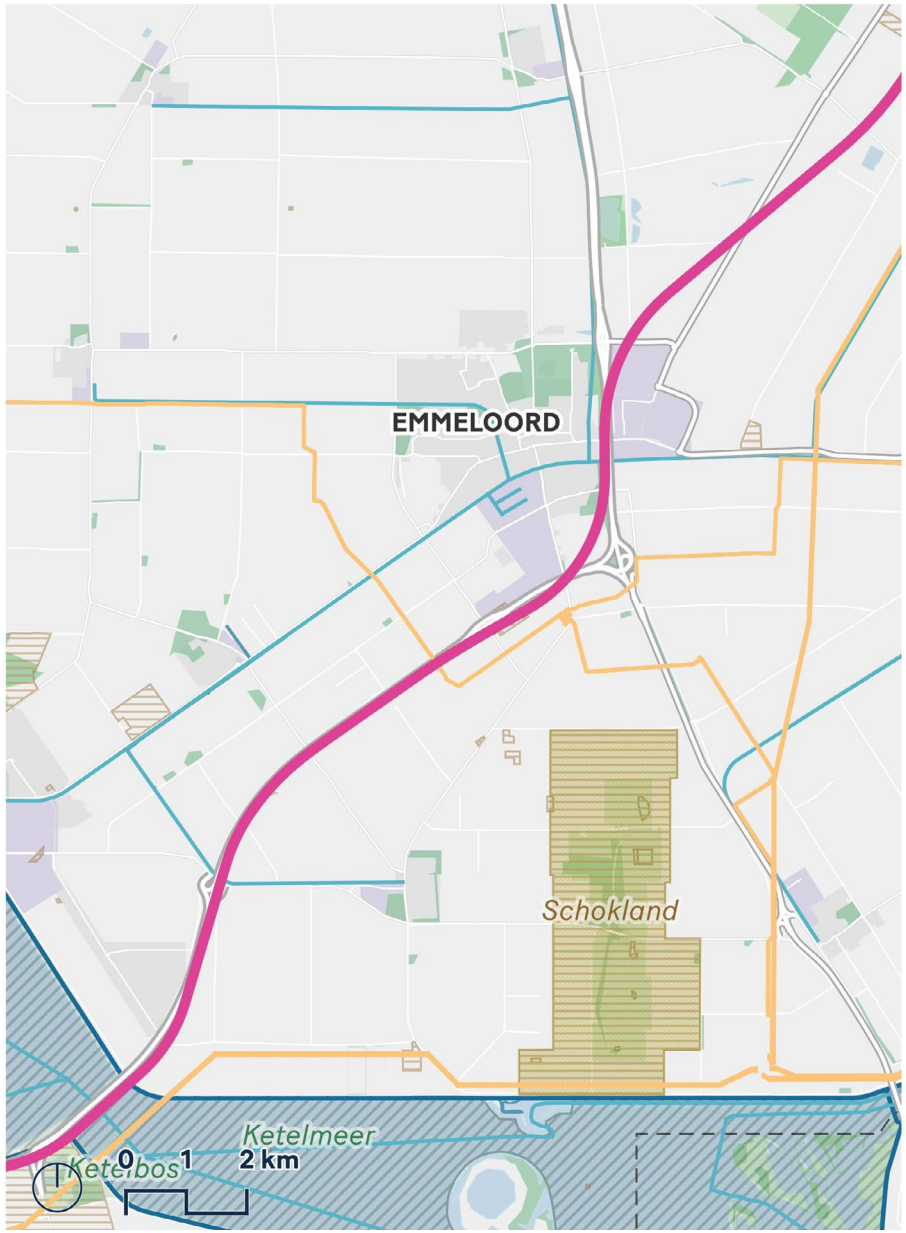
Figuur 59. Basisalternatief Zuidelijk.

Bestaand spoor Amsterdam-Lelystad, Lelystad-Bundeling A6 in Flevopolder en Kruising Ketelmeer

Zie paragraaf 4.3.1.1/4.3.1.3.

Bundeling met A6 in Noordoostpolder, station Emmeloord (lengte ruim 14 km)

Vanaf Lelystad, langs Ketelmeer en tot aan het mogelijke station Emmeloord volgt dit alternatief hetzelfde tracé als het Bundelingsalternatief. Direct na station Emmeloord buigt dit alternatief af naar het oosten (zie Figuur 60).



Figuur 60. Bundeling met A6 in Noordoostpolder en station Emmeloord.

Emmeloord-Wolvega (noordelijk tracé, lengte ruim 22 km)

Vanaf Emmeloord volgt de Lelylijn een noordoostelijke richting door de Noordoostpolder. Aandachtspunten zijn:

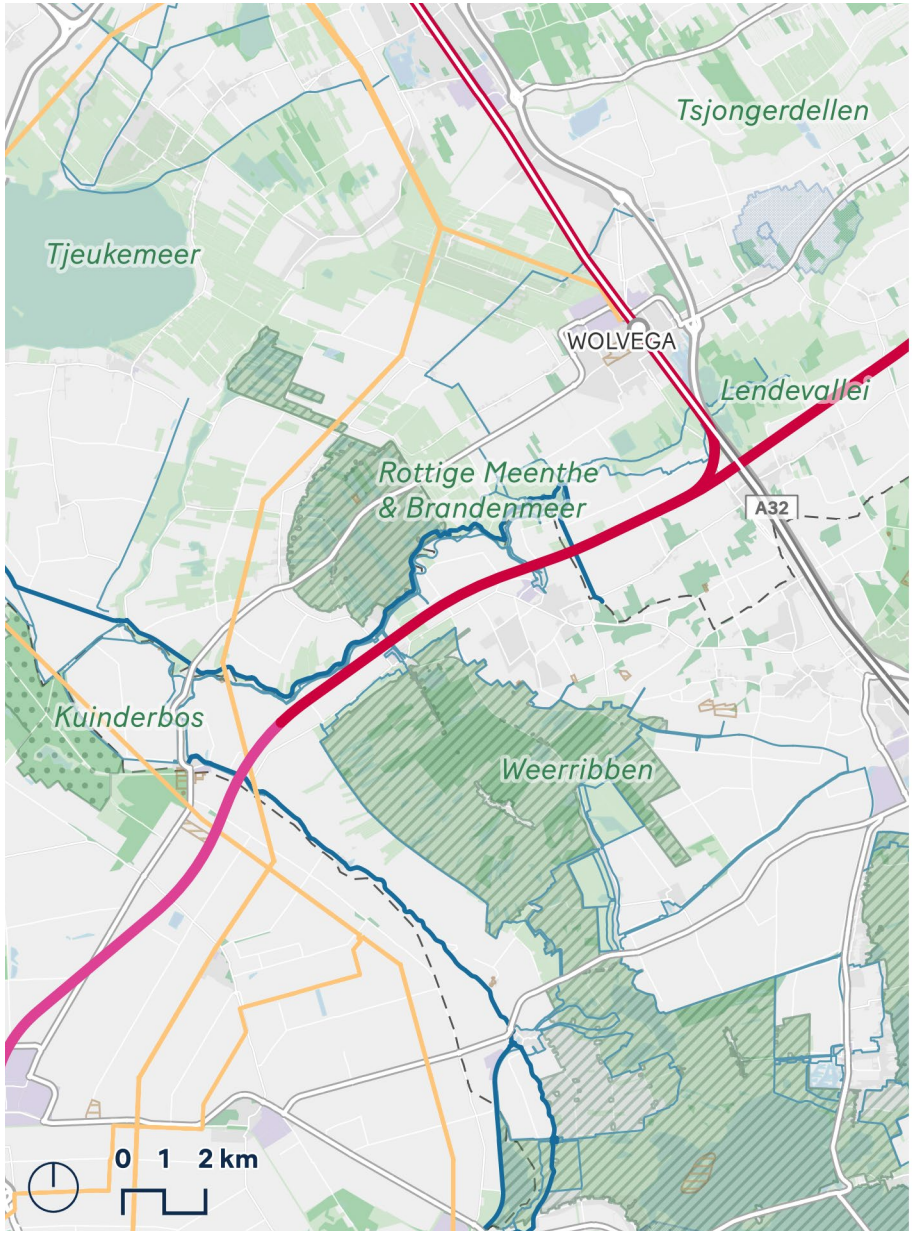
- Bij Emmeloord, in het gebied tussen de A6, Muntweg en Kuinderweg is op dit moment een nieuw bedrijventerrein in ontwikkeling of wordt al gerealiseerd. De Lelylijn doorsnijdt deze ontwikkeling.
- Bij voorkeur moet de Lelylijn meer met de bestaande kavelstructuur meelopen. Bij voorkeur aan de achterzijde van de kavels, ter plaatse van watergangen. Om op deze manier de bestaande landschappelijke structuur zo min mogelijk aan te tasten en versnippering van het landschap te voorkomen.

Beide punten moeten verder onderzocht en uitgewerkt worden in een latere fase.

Tussen Emmeloord en Wolvega loopt de Lelylijn door grotendeels landelijk, agrarisch gebied. Getracht is om met het ontwerp zoveel mogelijk opstallen te sparen. Daarnaast is waar mogelijk getracht om met bestaande elementen in het landschap te combineren, bijvoorbeeld door de Lelylijn parallel aan bestaande watergangen te leggen, om zo de impact op de omgeving te beperken.

De Lelylijn loopt tussen de natuurgebieden de Weerribben en Rottige Meenthe & Brandemeer door. Op het smalste deel zit er circa 1,2 km tussen beide natuurgebieden. De twee gebieden zijn wel verbonden door een relatief smalle strook natuurgebied, onderdeel van het Natuur Netwerk Nederland. De Lelylijn doorsnijdt deze verbinding. Hiervoor zijn maatregelen nodig.

Ten zuiden van Wolvega is een natuurgebied – onderdeel van Natuur Netwerk Nederland – aanwezig. Gekozen is om de Lelylijn onder dit gebied te leggen, ten noorden van De Blesse en Oldemarkt. Ter hoogte van De Blesse kruist de Lelylijn de bestaande spoorlijn Meppel–Leeuwarden. Via een verbindingsboog sluit de Lelylijn hierop aan, waarmee de mogelijkheid wordt geboden om rechtstreekse treinen te rijden tussen Amsterdam en Leeuwarden via de Lelylijn. Het bestaande station Wolvega op de spoorlijn Leeuwarden-Meppel blijft intact en kan bediend worden door treinen van/naar de Lelylijn. Een station op de Lelylijn bij Wolvega is niet voorzien.



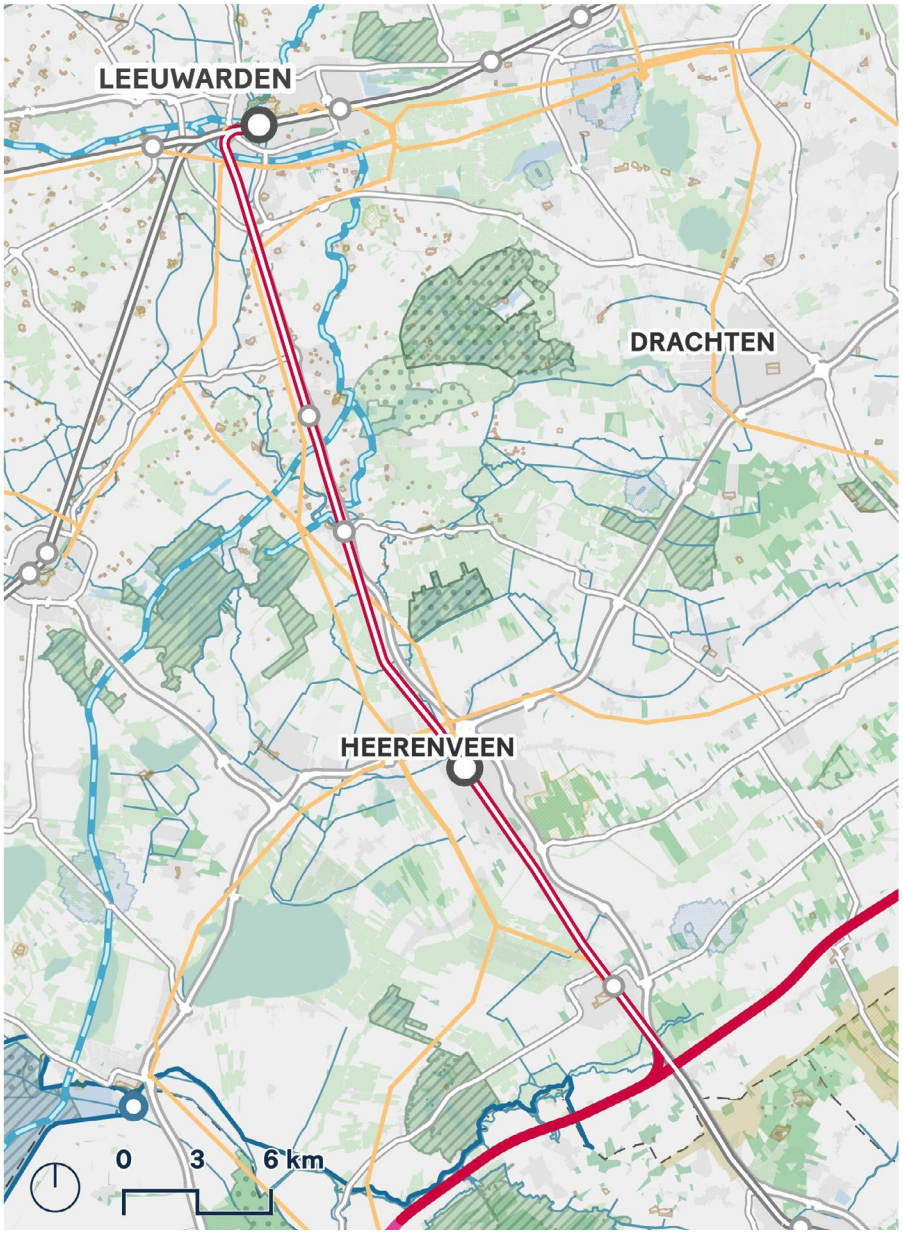
Figuur 61. Emmeloord-Wolvega.

Gezien de afstand tot Wolvega is het op deze locatie ook niet realistisch.

In een vervolgfase kan gekeken worden of een eventueel station in de omgeving van Wolvega inpasbaar en interessant is.

Bestaand spoor Wolvega-Leeuwarden (lengte ruim 43 km) inclusief aftakking naar Leeuwarden

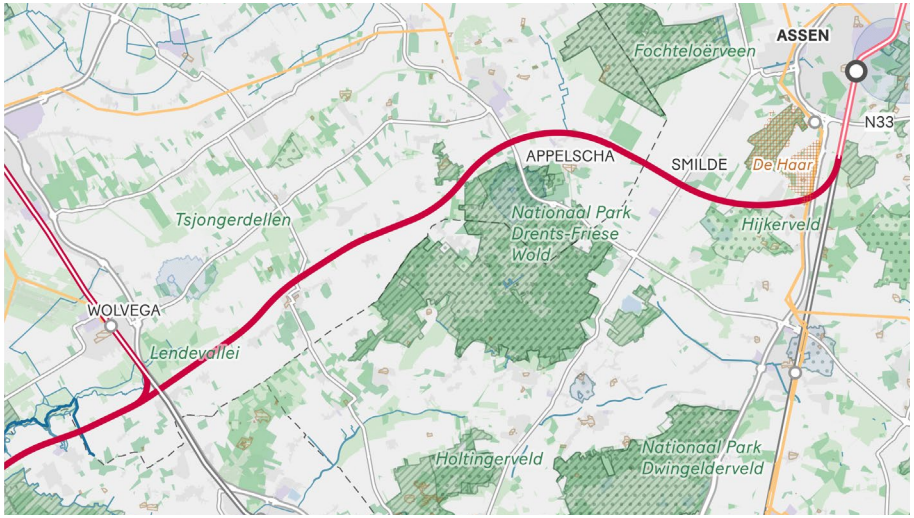
De Lelylijn kruist de bestaande spoorlijn Meppel–Leeuwarden nabij de Blesse (globaal op km 125 van de bestaande spoorlijn Meppel-Leeuwarden), waarbij een tweesporige verbindingsboog is voorzien voor de verbinding van en naar Leeuwarden. Tussen de aansluiting op de Lelylijn en station Leeuwarden wordt gebruikgemaakt van de bestaande spoorlijn. Het gehele baanvak is minimaal tweesporig en geëlektrificeerd. Daarom is geen sprake van delen die van enkelspoor naar dubbelspoor moeten worden omgebouwd. Of dat het baanvak geëlektrificeerd moet worden. Ook is de verwachting dat er geen extra onderstations moeten worden gebouwd of verzwaard of dat schakelstations omgebouwd moeten worden tot onderstation. De huidige baanvaksnelheid verhogen vraagt dure maatregelen om de ondergrond te verbeteren, omdat de ondergrond grotendeels uit relatief slappe klei- en/of veenlagen bestaat. Dit blijkt uit een door ProRail uitgevoerde studie. Omdat uitgegaan wordt van een frequentieverhoging op het bestaande spoor zijn ook maatregelen aan overwegen, mogelijk ook aan beweegbare bruggen en geluidmaatregelen nodig. Gezien de verwachte toename van het aantal reizigers is ook de verwachting dat voorpleinvoorzieningen bij bestaande stations aangepast moeten worden.



Figuur 62. Bestaand spoor Wolvega-Leeuwarden inclusief aftakking naar Leeuwarden.

Nieuw spoor Wolvega-Assen (lengte ruim 41 km) inclusief in-/uittakken ten zuiden van Assen

Vanaf Wolvega volgt de Lelylijn een noordoostelijke route, door grotendeels landelijk, agrarisch gebied. Getracht is om met het ontwerp zoveel mogelijk opstallen te sparen. Waar mogelijk is een minimale afstand van 50 meter tussen het hart van de Lelylijn en opstallen aangehouden. Daarnaast is waar mogelijk getracht om met bestaande elementen in het landschap te combineren, bijvoorbeeld door de Lelylijn parallel aan bestaande watergangen te leggen, met als doel om de impact op de omgeving te beperken. Tot het Drents-Friese Wold blijft de Lelylijn een grotendeels noordoostelijke route volgen. Na het Drents-Friese Wold buigt de Lelylijn af, om Appelscha heen, richting Assen. Bij Smilde is een lange strook zuidwest-noordoost lopende lintbebouwing. De Lelylijn kruist dit direct ten zuiden van de bebouwde kom van Smilde. Hierbij wordt de Drentse Hoofdvaart gekruist. Langs de vaart zijn parallelwegen aanwezig met lintbebouwing. De omgeving van de Drentse Hoofdvaart is een kwetsbaar landschap. De bodem is hier geschikter/stabieler dan bij de andere alternatieven (door aanwezigheid zandgronden) en daardoor hoeft bij het Zuidelijke alternatief minder grondverbetering plaats te vinden.



Figuur 63. Nieuw spoor Wolvega-Assen.

Na Smilde loopt de Lelylijn met een boog om de zuidkant van het militair oefenterrein de Haar door. Er zijn plannen om het militair oefenterrein te vergroten, waarbij het in de toekomst onder andere gebruikt kan worden voor oefenen met drones en of lage hoogte vliegen met helikopters. Ook gezien de diverse kruisende grote infra in het gebied (hoogspanningstracé, A28 en de spoorlijn Meppel–Groningen) is het advies om in een vervolgfase een integrale oplossing te onderzoeken.

Het bestaande station Assen ligt aan de spoorlijn Meppel–Groningen. Deze spoorlijn loopt grotendeels noord-zuid door Assen ten zuiden van het station. Aan de zuidzijde van Assen ligt de N33, deze vormt de zuidelijke grens van de bebouwde kom. Gezien de beschikbare ruimte is de in-/uittakking van de Lelylijn op het bestaande spoor buiten de bebouwde kom en daarmee ten zuiden van de N33 voorzien.

Bestaand spoor Assen-Groningen

Vanaf het punt van in-/uittakken ten zuiden van Assen is het gehele baanvak Assen-Groningen tweesporig en geëlektrificeerd. Daarom is geen sprake van delen die van enkelspoor naar dubbelspoor moeten worden omgebouwd of elektrificatie. Ook is de verwachting dat er geen extra onderstations moeten worden gebouwd of verzwaard of dat schakelstations omgebouwd moeten worden tot onderstation. Er zijn geen beweegbare bruggen op het traject Assen-Groningen. En voor de overige vaste kunstwerken gaan we ervan uit dat hier geen aanvullende maatregelen voor moeten worden getroffen.

Onderzocht is in hoeverre het zinvol is de snelheid op het baanvak Assen-Groningen te verhogen. Een snelheidsverhoging tot 160 km/u is mogelijk over een lengte van ruim 16 km (tussen km 52.50 en 68.65) met geringe aanpassingen aan de ligging van het spoor en overwegen.
Een snelheidsverhoging tot 200 km/u is mogelijk, maar heeft een grotere impact op de spoorbaan en omgeving. Te noemen zijn onder andere:

- Het vergroten van de spoorafstand over een lengte van circa 14 km met een verbreding van de spoorbaan tot gevolg.
- Op een aantal locaties forse aanpassingen aan bogen in de spoorbaan.
- 10 overwegen moeten ongelijkvloers worden.
- 3 kunstwerken moeten vervangen dan wel aangepast worden.

Het huidige bovenleiding systeem tussen Assen en Groningen is een vast systeem, waarbij de draagconstructie grotendeels bestaat uit betonportalen. Dit systeem is geschikt voor een maximale snelheid van 140 km/u. Voor eventuele snelheidsverhogingen dient het systeem volledig vervangen te worden. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het huidige systeem einde levensduur is en er een landelijk programma bestaat om de betonnen bovenleidingsportalen te vervangen.

Momenteel liggen er in dit trajectdeel 20 overwegen. Uit overleg met de Vakspecialist Overwegen van ProRail regio Noord en het NABO-project blijkt dat er voorlopig alleen plannen zijn om de twee niet actief beveiligde overwegen op te heffen. Daarmee blijven er 18 actief beveiligde overwegen over. Conform de regelgeving geldt dat de overwegveiligheid niet mag verslechteren (stand still-principe). Op basis van de voorgestelde wijzigingen en de benchmark van vergelijkbare wijzigingen in andere projecten, moet voor de treinfrequentieverhoging door de intakking van de Lelylijn uitgegaan worden van tenminste de volgende maatregelen op hoofdlijnen:

- 1 overweg met Ahob (overweg met automatische halve overwegbomen) nabij een station opheffen en deze vervangen door een onderdoorgang.
- Op circa 9 overwegen kleinschalige maatregelen (verbeteren overweginrichting en/of nabijgelegen weginrichting).

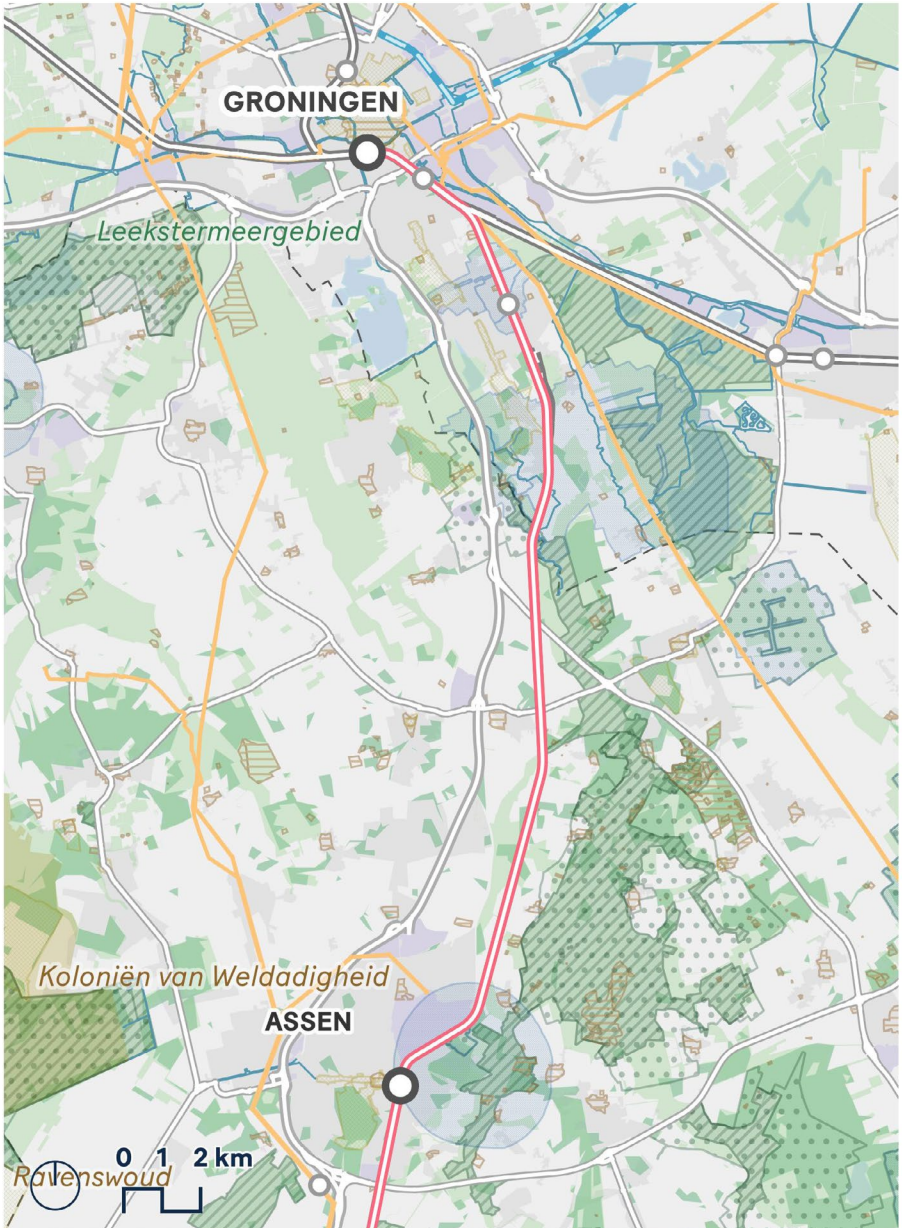
Een in de vervolgfase te maken risicoanalyse overwegveiligheid bestaand spoor met uitwijzen welke maatregelen daadwerkelijk noodzakelijk zijn.

Entree Groningen

Omdat de Lelylijn over bestaand spoor vanuit Assen Groningen HS binnenrijdt en daar ook weer van vertrekt zijn er hoogstwaarschijnlijk geringe spoorse maatregelen nodig.
Afhankelijk van de eisen en wensen van vervoerders en de uiteindelijke dienstregeling kunnen wel maatregelen benodigd zijn, waaronder:

- Eén of meerdere sporen ten westen van Groningen HS te realiseren. Om zo kerende treinen op korte afstand van Groningen HS niet langs de perronsporen te laten keren.

Om deze tailtrack in te passen zijn lokaal mogelijk nog aanpassingen nodig aan bijvoorbeeld het Emmaviaduct, de beweegbare burg over het Hoornsediep, de busbaan en de onderdoorgang Paterswoldseweg.



Figuur 64. Bestaand spoor Assen-Groningen.

4.3.3.2. **Basisalternatief Zuidelijk – In cijfers**

In Tabel 38 tot en met Tabel 43 karakteriseren we Basisalternatief Zuidelijk in cijfers.

Lengte nieuw [km]	Lage baan [km]	Hoge baan [km]	Kunstwerk [km]
98,40 (94,89) [1)]	76,03	14,90	7,47

Tabel 38. Hoofdkarakteristieken Basisalternatief Zuidelijk.
1) Exclusief bestaand spoor Flevolijn ten noorden van station Lelystad.

Onderdeel	Lengte [km]
De ondergrond bestaat uit slappe lagen met een dikte variërend van:	
0 tot 3 meter	40 tot 45
3 tot 5 meter	14 tot 16
5 tot 10 meter	30 tot 34
Meer dan 10 meter (en soms zelfs meer dan 20 meter)	-
Lage spoorbaan Met grondverbetering:	74 tot 78
0 tot 3 meter	44 tot 46
3 tot 5 meter	15 tot 17
5 tot 10 meter	10 tot 12
Meer dan 10 meter	-
Hoge spoorbaan Met grondverbetering:	13 tot 15
0 tot 3 meter	6 tot 8
3 tot 5 meter	2 tot 3
5 tot 10 meter	1 tot 2
Meer dan 10 meter	-

Tabel 39. De spoorbaan in cijfers – Basisalternatief Zuidelijk.

Ligging Lelylijn	Wat kruist	Aantal	Hoe?
Laag	Weg	24	Vervangend of nieuw viaduct (+1) over rijksweg en/of Lelylijn, Deklengtes variëren van circa 40 tot 95 meter Met (deel)s nieuwe taluds
Maaiveld	Weg, spoorweg, water	10	Dubbelsporig dek Deklengte van 18 tot 36 meter (totale lengte = 220-250 meter)
Laag	Elektra/ weg	1	Half verdiepte bak, lengte 250 meter Kort verdiept bakje, lengte 50 meter
Laag	Snelweg	1	2 kunstwerken met lengte 34 meter, 1 per rijbaan
Laag	Water	1	Zinktunnel met toeritten (Ketelmeer)
Laag/Hoog	Weg	1	Station met spoordekken (of een onderdoorgang)
Half hoog/ Hoog	Weg	1	Onderdoorgang, lengte circa 250 meter
Hoog	Weg, snelweg, spoorweg, water/ vaart	28	Dubbelsporig dek Deklengtes van 20 tot 250 meter Deklengte eenmaal 720 en 1.200 meter totale lengte = 3.500 tot 4.000 meter
Hoog	Weg	2	Dubbele pergolaconstructie over de A6: 24 x 270 meter en 24 x 180 meter, dubbelsporig dek lengte = 450 meter
Hoog	Weg	1	Waterdichte bak voor de weg met lengte circa 100 meter
Hoog	Spoor	2	Pergolaconstructie, lengte 120 tot 130 meter
n.v.t.	Weg	30	Verleggen/ aansluiten weg Opbreken bestaande weg

Tabel 40. Kruisingen met (vaar)wegen en wateren (niet uitputtend) – Basisalternatief Zuidelijk.

Natuurgebied	Compensate [ha]
NNN-gebieden:	
Nabij Houtribtocht	16 tot 20
Visvijverbos	70 tot 80
Kamperhoekbos/Ketelbos	Ongelijkvloers met tunnel
Totaal	**85 tot 100**
Natura 2000-gebieden:	
Ketelmeer & Vossemeer	Ongelijkvloers met tunnel
Totaal	**-**

Tabel 41. Natuurgebieden en oppervlakte compensatie in cijfers – Basisalternatief Zuidelijk.

Vastgoed	Aantal [1]	Aantal [2]	Oppervlakte [1] [ha]	Oppervlakte [2] [ha]
Aantallen:				
Percelen	700 tot 800	-		
(woon)Huizen	-	-		
Boerderijen	30 tot 40	-		
Bedrijfspanden	2 tot 8	-		
Gronden:				
Lage baan [1]			350 tot 450	-
Hoge baan [1]			75 tot 125	-
Extra aankoop percelen			350 tot 450	
Watercompensatie			1 tot 3	-
Natuurcompensatie			90 tot 110	-
Totaal			**900 tot 1.100**	**-**

Tabel 42. Vastgoed in cijfers – Basisalternatief Zuidelijk.
1) Nieuw spoor.
2) Bestaand spoor.

Onderdeel	Oppervlakte [1] [m²]	Oppervlakte [2] [m²]	Lengte [1] [km]	Lengte [2] [km]
Stations- en transfer-voorzieningen:				
Extra oppervlakte parkeren auto	4.500 tot 5.500	16.000 tot 17.500		
Extra oppervlakte parkeren fiets	1.400 tot 1.800	2.400 tot 3.000		
Extra oppervlakte bushalte	800 tot 1.000	6.000 tot 7.500		
Geluidmaatregelen:				
Raildemper in 2 sporen			-	
Geluidscherm			-	

Tabel 43. Stations- en transfervoorzieningen aan bestaande stations en geluidvoorzieningen in cijfers - Basisalternatief Zuidelijk.
1) Nieuw spoor.
2) Bestaand spoor.

Ter hoogte van Emmeloord ligt het spoor relatief ver van (woon)bebouwing af. Daarom verwachten we hier geen geluidmaatregelen toe te hoeven passen. Ook op de trajectdelen Emmeloord-Wolvega en Wolvega-Assen verwachten we hoogstwaarschijnlijk geen geluidmaatregelen te moeten treffen, om dat deze trajectdelen niet vlak langs dorpen of steden lopen.

4.3.3.3. **Variaties op dit basisalternatief**

Variant: Emmeloord–Assen langs Steenwijk
Vanuit gebruik en inpassing ligt de noordelijke variant (van dit Zuidelijke alternatief) meer voor de hand. Uit een eerste inschatting dat het verschil tussen beide tracés qua ondergrond beperkt is. Het noordelijke tracé ligt circa 50% op zandgrond en het zuidelijke tracé circa 53%. Voor beide opties is gerekend vanaf Emmeloord. Vanwege inpasbaarheid wordt het zuidelijke tracé als minder kansrijk gezien. Het tracé wordt wel beschreven, echter een complete analyse van kruisende infra is niet uitgevoerd.

Emmeloord
Het uitgangspunt is dat de Lelylijn ten westen van Emmeloord aan de zuidzijde van de A6 ligt. De Lelylijn blijft aan de zuidzijde van de A6 tot het knooppunt Emmeloord. De Lelylijn gaat op +1 over het knooppunt heen, waarbij de Lelylijn direct ten zuiden blijft van de kunstwerken van de A6 over de N50.
De Lelylijn kan Emmeloord ook aan de westzijde passeren, waar ook een station geprojecteerd kan worden. Het voordeel hiervan is dat het station beter bereikbaar is vanuit Urk en zo de twee kernen evenwichtiger bedient. Deze tracering heeft als nadeel dat deze veel landschappelijke impact heeft op het wederopbouwgebied.

Nieuw spoor Emmeloord–Steenwijk
Vanaf Emmeloord volgt de Lelylijn een oostelijke richting door de Noordoostpolder, zoveel mogelijk de bestaande kavelstructuur volgend en waar mogelijk aan de achterzijde van kavels. De Lelylijn verlaat direct ten noorden van Blokzijl de Noordoostpolder.

Ten oosten van Blokzijl loopt de Lelylijn tussen de Natura 2000-gebieden De Weerribben en De Wieden door. Beide natuurgebieden liggen tegen elkaar. Wel loopt de provinciale weg Blokzijlseweg N333 tussen beide gebieden door. De Lelylijn wordt zo strak mogelijk gebundeld met de N333. Voor de doorsnijding van de natuurgebieden zijn een aantal opties mogelijk:

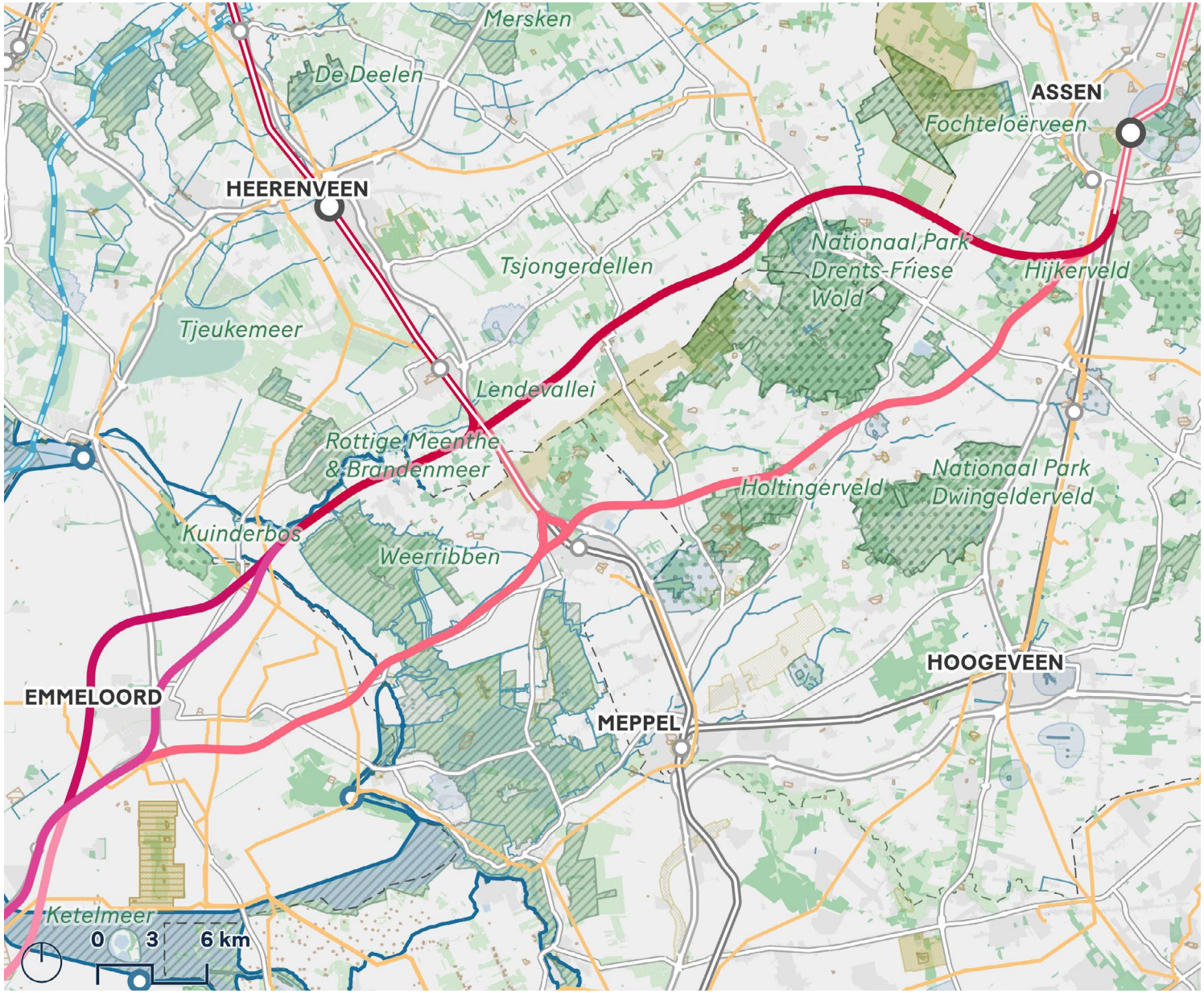
- Doorsnijding op maaiveld waarbij de Lelylijn op gelijke hoogte ligt met de N333. Met faunapassages worden de beide natuurgebieden met elkaar verbonden.
- Lelylijn op een laag kunstwerk. Door de Lelylijn iets boven maaiveld te brengen is de fysieke scheiding van beide natuurgebieden minder. Met een bundeling, waarbij de N333 ook op een kunstwerk wordt gelegd, wordt de scheiding verder verminderd.
- Lelylijn in een landtunnel. Hiermee is de impact van de Lelylijn het kleinst. Door de N333 ook in de landtunnel te brengen kan de verbinding tussen beide natuurgebieden verder versterkt worden.

Tussen de Weerribben en Steenwijk volgt de Lelylijn het Steenwijkerdiep. Op het punt waar het Kanaal Steenwijk-Ossenzijl en het Steenwijkerdiep bij elkaar komen kruist de Lelylijn beide wateren net buiten de splitsing. Het advies is om het Steenwijkerdiep te verleggen zodat er maar 1 kunstwerk nodig is.

Aftakking naar Leeuwarden
De aansluiting op de bestaande spoorlijn Meppel–Leeuwarden bevindt zich ter hoogte van Tuk. Voor de aansluiting zijn twee mogelijkheden. Of via een tracé ten westen van Tuk, dit tracé is langer, maar geschikt voor 140 km/u of direct voorbij Tuk, waarbij eerst de bestaande spoorlijn haaks wordt gekruist. Om de verbindingsbogen in te passen tussen de bestaande spoorlijn en rijksweg A32 is het noodzakelijk om krappe bogen toe te passen, waardoor de snelheid beperkt blijft tot 80 km/u. Ruimtelijk gezien heeft de westelijke optie als grote nadeel dat Tuk volledig ingeklemd wordt in een sporendriehoek bestaande uit de Lelylijn in het zuiden, de verbindingsboog in het westen en de bestaande spoorlijn Meppel–Leeuwarden in het oosten.

Voor het vervolg van de Lelylijn via de bestaande spoorlijn Meppel–Leeuwarden, zie paragraaf 4.3.3.1 (Figuur 62).

Nieuw spoor Steenwijk–Assen
De Lelylijn loopt tussen Tuk en Steenwijk door. Tussen beide plaatsen is een bedrijventerrein aanwezig. De exacte doorsnijding dient in een vervolgfase uitgezocht te worden. Om de impact te minimaliseren kan bijvoorbeeld gekozen worden voor een verdiepte ligging. Ten oosten van Steenwijk loopt de Lelylijn in oostelijke ligging. Hierbij gaat de Lelylijn tussen Wapserveen en het Holtingerveld door, deze route is gekozen



Figuur 65. Variant: Emmeloord–Assen Zuidelijke tracé.

vanwege de ondergrond die hier voornamelijk uit zandgrond bestaat. Tussen Steenwijk en Wapserveen loopt de Lelylijn langs de Woldbergen het Eesermeer. Hier is geprobeerd om de impact op de natuur (De Woldberg) en bebouwing bij het Eesermeer te minimaliseren. Aan de oostzijde van het Holtingerveld loopt de Lelylijn een klein stuk door Natura 2000-gebied. Het volledig vermijden van dit natuurgebied is alleen mogelijk door het tracé aan de andere zijde van de lintbebouwing van Wapserveen te leggen, met als nadeel dat dan de Lelylijn in een gebied komt met slechte ondergrond. Uitgangspunt is dat de Lelylijn het Holtingerveld met een landtunnel kruist. Alternatieven zijn een ligging op maaiveld met een ecoduct of op een laag kunstwerk. Vanaf het Holtingerveld loopt de Lelylijn in noordoostelijke richting. Het gebied kenmerkt zich door een waardevol landschap met kleinschalige kavelstructuur. Vervolgens loopt de Lelylijn langs de oostelijke rand van het Hijkerveld, onderdeel van het Natuurnetwerk Nederland (NNN), waarbij ter hoogte van landgoed Hooghalen een oostelijke uitstulping wordt doorsneden. Naar verwachting is het toepassen van een ecoduct of faunapassages hier voldoende om de verbinding van beide zijden van het natuurgebied te waarborgen.

4.4. Mogelijke uitbreiding scope

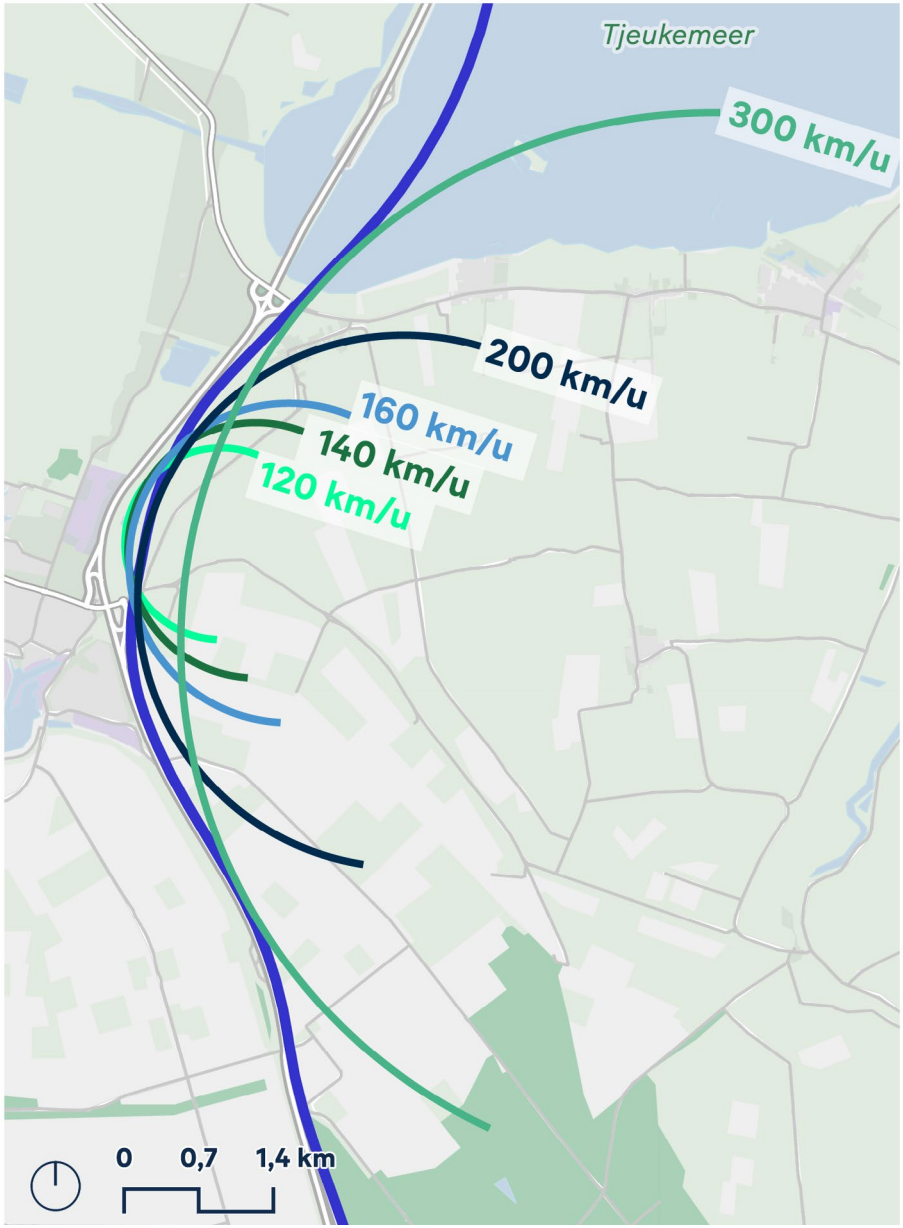
In tabel 44 wordt een overzicht gegeven van de mogelijke uitbreiding van de scope voor de verschillende basisalternatieven (niet uitputtend).

Mogelijke uitbreiding scope	Bundeling	Afsluitdijk	Zuidelijk
Kruising Ketelmeer combineren met snelweg A6	X		X
Doorsnijding Tsjûkemar combineren met snelweg A6	X		
Inpassing/ aanpassingen station Emmeloord, Heerenveen, Drachten, Leeuwarden en Groningen met gebieds- en mobiliteitsontwikkeling in deze steden	X	X	X
De Lelylijn inpassen in natuurgebieden, zodat ook natuurwaarden worden versterkt en rekening wordt gehouden met water en bodem sturend	X	X	X
Transitie landelijk gebied in relatie tot aankoop landbouwgronden	X	X	X

Tabel 44. Mogelijke uitbreiding scope.

4.5. Invloed ontwerpsnelheid op (tracé)ontwerp, ruimtelijke inpassing en (technische) systemen

Voor het nieuwe spoor zijn tracés (alignementen) uitgewerkt waarop met een snelheid van 200 km/u gereden kan worden. Dit vormt ook de basis voor de ramingen. In deze paragraaf maken we de verschillen duidelijk bij snelheden van 160 en 300 km/u ten opzichte van 200 km/u. Tabel 45 geeft hiervan een overzicht. In paragraaf 5.2.4 zijn de gevolgen voor de kostenramingen weergegeven.



Figuur 66. Voorbeeld boogstralen voor verschillende snelheden bij Lemmer.

Aspect/ discipline	160 km/u	200 km/u	300 km/u
Horizontaal alignement Boogstralen Aantal boerderijen bij 200 km/u (het zijn namelijk voornamelijk boerderijen): • BA1: 50 tot 60 • BA3: 20 tot 30 • BA4: 30 tot 40	Kleinere minimale boogstraal, waardoor de spoorlijn makkelijker inpasbaar is. Wat zich mogelijk vertaalt in lagere inpassingskosten, doordat opstallen of andere objecten zoals windmolens niet geraakt worden.	-	Grotere boogstralen, waardoor de spoorlijn lastiger inpasbaar is. Wat zich vertaalt in mogelijk hogere inpassingskosten, doordat opstallen en andere objecten geraakt worden.
Verticaal alignement Aantal hellingen bij 200 km/u: • BA1: 30 tot 35 • BA3: 15 tot 20 • BA4: 25 tot 30	Hellingen van een lage naar een hoge baan zijn korter (450 tot 550 meter).	Om ongeveer 6 meter hoogte te overwinnen is een heling nodig met een lengte van ongeveer 650 tot 750 meter.	Hellingen van een lage naar een hoge baan zijn langer (750 tot 850 meter).
Lage en hoge spoorbaan	Als bij 200 km/u, geen voordeel met een lagere snelheid.	Zandbaan met zonodig grondverbetering bij slappe klei- en veenlagen.	Op zandgronden is een spoorbaan van zand mogelijk (wel de eerste paar meter en grondverbetering). Op klei- en veengronden is een aardenbaan van zand niet mogelijk, dan wordt de onderbouw een zettingsvrije betonplaat (plaatbrug). Gering voordeel bij aankoop vastgoed, door smallere strook grond aan te kopen.
Kunstwerken	Geen substantieel verschil.	-	Iets grotere dwarsdoorsnede door sterkere drukgolf.
Spoorconstructie	Als bij 200 km/u.	Spoor in ballast met dwarsliggers.	Geen eenduidige richtlijnen, spoor in ballast wordt in het buitenland toegepast. Waarschijnlijk 20% duurder dan bij V = 200 km/u vanwege strengere toleranties.
Bovenleiding en draagconstructie, Tractievoeding & Behandel- en serviceterrein Aantal spanningssluizen: • BA1: 6 stuks • BA3: 4 stuks • BA4: 6 stuks	1.500 V Geen spanningssluizen nodig.	25 kV	Als bij 200 km/u.
Beveiliging en beheersing & Kabels en leidingen ProRail	Als bij 200 km/u.	-	Als bij 200 km/u.
Stations	Kortere passersporen	-	Langere passeersporen
Mitigerend en compenserende maatregelen	Mogelijk iets lichtere geluidsmaatregelen.	-	Mogelijk iets zwaardere geluidmaatregelen.

Tabel 45. Verschillen tussen 200 km/u enerzijds en 160 of 300 km/u anderzijds.

BA 1 = Bundelingsalternatief

BA3 = Afsluitdijkalternatief

BA4 = Zuidelijk alternatief

4.6. Verbinding naar Duitsland

De afgelopen tientallen jaren zijn er meerdere onderzoeken uitgevoerd naar het doortrekken van de Lelylijn naar Duitsland. Dit kan over bestaand spoor of er kan geheel nieuw spoor aangelegd worden (zie Figuur 67).

De Wunderline als internationale schakel tussen Lelylijn/Noord-Nederland en Bremen

De Wunderline, de spoorlijn Groningen–Winschoten–Leer–Bremen, vormt de internationale schakel tussen de Lelylijn, Noord-Nederland en Duitsland/Bremen. In verschillende bouwstappen is voorzien om de reistijd op het traject te verkorten (Wunderline, 2023). Belangrijke randvoorwaarde hierin is het herstel van de Friesenbrücke tussen Weener en Leer om treinverkeer vanuit Nederland rechtstreeks naar Leer weer mogelijk te maken, dit is voorzien voor 2025. In 'Bouwstap 1', ook voorzien voor eind 2025, wordt de treindienst versneld, door verhoging van de maximale snelheid op een aantal trajecten naar 120 km/u of 130 km/u. Dit verkort de reistijd tussen Groningen en Bremen van 2u 43min naar 2u 26min. Deze stap loopt en is bekostigd. Voor 'Bouwstap 2' is nog geen volledige bekostiging en onzeker wanneer kan worden uitgevoerd. Hiermee zou de reistijd verder worden verkort naar 2u 11min. Ook wordt gestreefd een rechtstreekse treindienst Groningen-Bremen zodat de overstap in Leer vervalt.

Zelfs met de bovengenoemde ontwikkelingen is een rechtstreekse treindienst Amsterdam/Noord-Nederland–Hamburg introduceren via de Lelylijn/Wunderline ingewikkeld. De lijn is niet geëlektrificeerd, dus doorrijden kan niet zonder investeringen. In Duitsland sluit de Wunderline in Bremen vanaf de Noordzijde aan op het station, de verbinding naar Hamburg verlaat eveneens aan de Noordzijde het station. Hierdoor zou een directe verbinding Amsterdam–Hamburg via Bremen kop moeten maken in Bremen. In Deutschlandtakt is hiermee geen rekening gehouden.

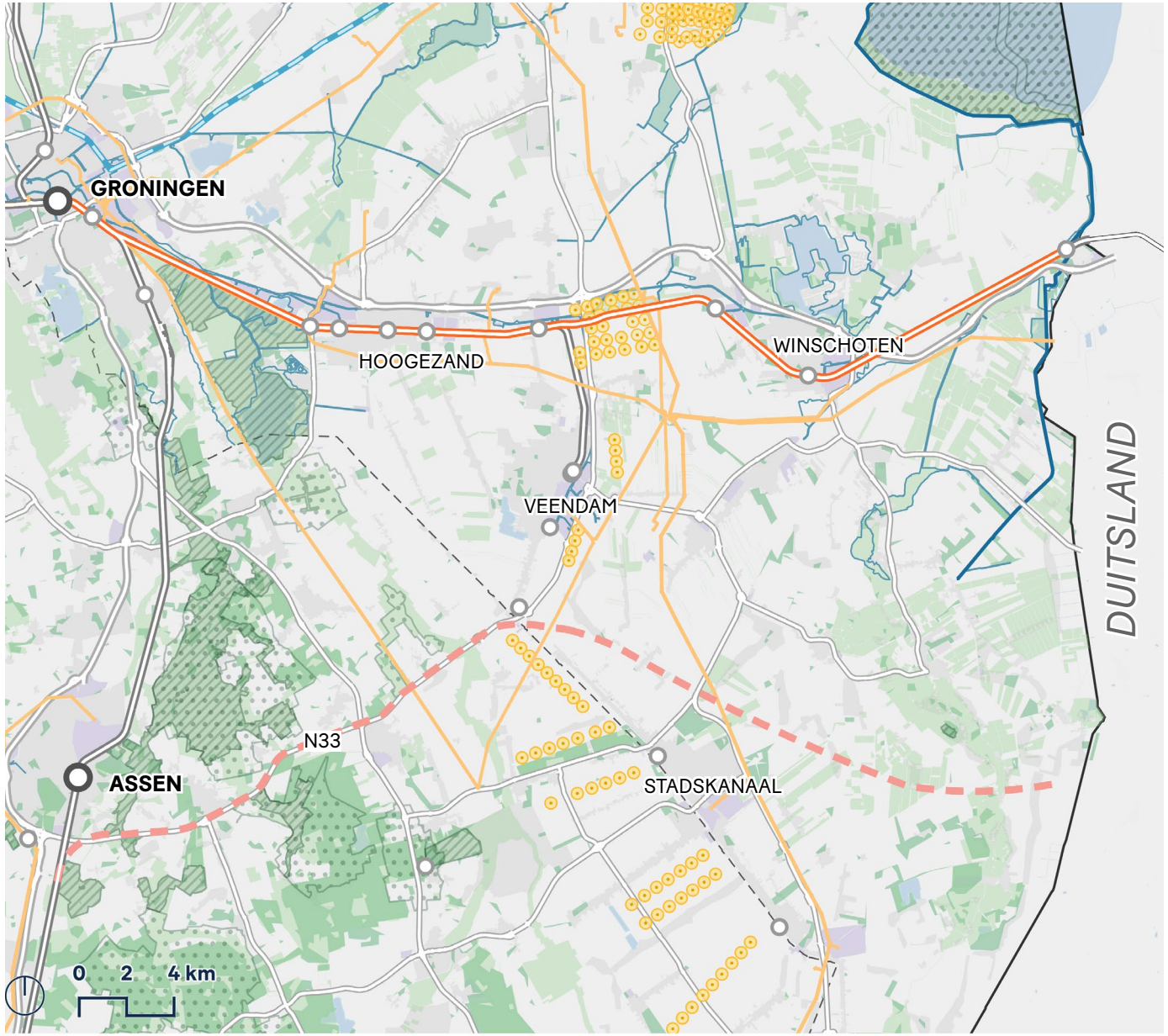
Op de volgende internetsite staat meer documentatie over de Wunderline: Downloads (www.wunderline.nl).

Internationale belang en positie van de Lelylijn

RoyalHaskoningDHV heeft in 2023 een studie uitgevoerd over het internationale belang en positie van de Lelylijn, met een focus op het reizigerspotentieel en de invloed op reizigersstromen op andere grensoverschrijdende spoorlijnen. Een van de argumenten, zeker met het opnemen van de Lelylijn in het uitgebreide TEN-T netwerk is het internationale belang van de Lelylijn in de connectiviteit tussen Randstad, Noord-Duitsland en verder naar Scandinavië.

Het ruimtelijk-economisch kader langs de Lelylijn-corridor kenmerkt zich door een geringe stedelijke dichtheid, een beperkt aantal grote steden en kleinere steden op relatief grotere afstanden van elkaar. Daarentegen vertonen de andere corridors (Bad Bentheim en Emmerich) juist een hogere dichtheid aan grote steden, waarbij langs de Emmerich-corridor de agglomeratie van het Ruhrgebied opvalt. Langs de Lelylijn-corridor is er tot 2050 zeer beperkte bevolkingsgroei te verwachten, terwijl er langs de andere corridors sprake is van bevolkingsgroei. Geografisch gezien heeft de Lelylijn een tangentieel of perifere positie in het Europese spoornetwerk. Verschillende autonome ontwikkelingen lopen parallel aan de ontwikkeling van de Lelylijn, zoals de versnelling van de IC Berlijn, de Fehmarnbelttunnel, het uitgebreide TEN-T netwerk en de Deutschlandtakt-netwerkontwikkeling in Duitsland. Deze ontwikkelingen hebben invloed op de reistijden en frequenties van bestaande verbindingen en beïnvloeden de (internationale) concurrentiepositie van de Lelylijn.

De vervoerwaarde van de Lelylijn voor internationale spoorverbindingen naar Duitsland is dan ook minimaal, met beperkte impact op andere routes, behalve bij aanzienlijke snelheidsverbeteringen op de Wunderline. De bredere ontwikkelingen, zoals de Deutschlandtakt en versnelde IC Berlijn, hebben een veel grotere impact. De Lelylijn speelt wel een belangrijke rol in de aansluiting van Noord-Nederland op internationale treinverbindingen naar het Zuiden, België, Parijs en London. De internationale positie van de Lelylijn, zeker in de connectiviteit tussen Randstad, Noord-Duitsland en verder naar Scandinavië is minder aantrekkelijk.



Figuur 67. Mogelijke tracéalternatieven naar Duitsland.

4.7. Innovaties

Voor het onderzoek naar de uitwerking van de basisalternatieven voor de Lelylijn zijn een aantal innovaties onderzocht en is inzicht gegeven in de mogelijke kansen en risico's die deze innovaties richting 2040/2050 bieden in zowel (gunstiger) exploitatie als in (beperking van) de kosten van infrastructuur.
Naast een beschouwing van innovaties is ook een globale marktconsulatie gehouden waarin de markt (treinfabrikanten, kennisinstellingen, vervoerders, systeemleveranciers en infrastructuurbeheerder) is bevraagd naar hun verwachtingen ten aanzien van wat er mogelijk is en op de markt komt tussen nu en de voorgenomen realisatiedatum Lelylijn. Er is een (technisch) achtergrondrapport beschikbaar die in detail het innovatie-onderzoek en de resultaten beschrijft.
In deze paragraaf wordt kort gereflecteerd op de innovatie-onderzoeksresultaten en wordt geadviseerd hoe innovaties dienen te worden behandeld in de toekomstige onderzoeks- en ontwerptrajecten van de Lelylijn.

4.7.1. De onderzochte innovaties

De volgende innovaties zijn onderzocht:

- ERTMS Level 3 Hybrid, ook wel Hybride Train Detection (HTD) genoemd;
- ATO GoA 2 t/m 4;
- Artificial Intelligence (AI);
- FRMCS/5G;
- Dynamisch koppelen en ontkoppelen;
- Batterij- / waterstoftreinen;
- Energieopslag/ Batterij in baan;
- Bovenleidingspanning – systeemkeuze (1.500V of 25kV);
- EULYNX;
- Innovatieve bouwmethoden: robotisering;
- Innovatieve bouwmethoden: hergebruik grondstof.

In het achtergrondrapport is per innovatie in een afwegingsmatrix geoordeeld hoe kansrijk en nuttig elke innovatie is op de Lelylijn. Daarbij is ook meegewogen welke risico's er voor de Lelylijn kunnen bestaan vanwege bijvoorbeeld een complexe ontwikkelfase of gebrek aan standaardisatie.

4.7.2. Hoe omgaan met de innovatie onderzoeksresultaten?

Over het algemeen is voorzichtigheid geboden bij het oordelen over in opkomst zijnde technieken en processen. Een te vroeg besluit om te investeren in een innovatieve techniek ten gunste van de Lelylijn kan over 15 jaar eindigen in een "duur unicaat" omdat blijkt dat andere spoorwegondernemingen het niet hebben omarmd. Andersom: Een te vroeg besluit om een techniek niet toe te passen kan later een vergissing blijken waardoor bijvoorbeeld de exploitatie van de Lelylijn achterloopt op de rest van het spoornetwerk.

Niets doen is ook geen optie en daarom blijven alle innovaties onder de aandacht. Maar welke inspanning moet de komende jaren door projectteam Lelylijn worden geleverd om "no-regret" besluiten te kunnen nemen over de toe te passen innovaties? Een inspanning-classificatie van elke innovatie helpt hierbij:

Passief. De innovatie is momenteel in ontwikkeling of wordt al op kleine schaal toegepast. Als de techniek vanaf 2035 "common practice" is dan kan het mee op de Lelylijn. Als dat niet zo is, dan zijn andere technieken nog steeds voorhanden zonder extra risico's, kosten of exploitatieverlies. Geen inspanningen of investeringen vanuit projectteam Lelylijn. Ten tijde van verdere besluitvorming kan een ongedwongen keuze worden gemaakt.

Waakzaam. De innovatie is momenteel in ontwikkeling maar het tempo is moeilijk voorspelbaar. De voorziene exploitatie van Lelylijn niet afhankelijk is van deze innovatie. Maar deze innovatie is dusdanig veelbelovend op het gebied van kostenreductie en capaciteitsvergroting dat het voor Lelylijn exploitatie een grote "meevaller" kan worden als later tot toepassing besloten kan worden. Projectteam Lelylijn zal voor deze innovatie marktverkenningen (consultatie) blijven doen om ten tijde van verdere besluitvorming de juiste keuze te maken.

Actief. De innovatie is bijna volwassen, of wordt al elders toegepast, of wordt naar verwachting een onvermijdelijke standaardoplossing in de spoorwereld. Het niet toepassen van de innovatie op de Lelylijn heeft

significant negatieve consequenties voor kosten en/of spoorcapaciteit. In de ontwerpschetsen van de Lelylijn wordt al rekening gehouden met de toepassing. Om succesvolle toepassing van de innovatie op Lelylijn te borgen dient projectteam Lelylijn een actieve stakeholderpositie te hebben in het lopende ontwikkel- en implementatietraject.

4.7.3. Inspanning per innovatie in volgende beslisfases Lelylijn

Bij de nabeschouwing van de onderzoeksresultaten en gebruikmakend van bovengenoemde inspanning-classificatie worden de innovaties als volgt ingedeeld:

Passief. Geen inspanning voor Lelylijn in aanloop naar besluitvorming.

- EULYNX;
- Innovatieve bouwmethoden: hergebruik grondstof.

Waakzaam. De markt en implementaties om Lelylijn heen in de gaten houden.

- Batterij- / waterstoftreinen;
- Energieopslag/ Batterij in baan;
- ATO GoA 2 t/m 4;
- Innovatieve bouwmethoden: robotisering;
- Dynamisch koppelen en ontkoppelen;
- Artificial Intelligence (AI).

Actief. Lelylijn is stakeholder in lopend ontwikkeltraject en implementatie.

- FRMCS/5G;
- ERTMS Level 3 Hybrid;
- Bovenleidingspanning – systeemkeuze.

Deze verdeling zorgt voor focus in de volgende beslisfases van de Lelylijn en beperkt tegelijkertijd het risico op desinvestering en/of exploitatieverlies. In het achtergrondrapport ‘Onderzoekspoor innovatie Lelylijn’ wordt de inhoud van deze paragraaf uitgebreid omschreven.

5

Kosten

5.1. Algemene beschrijving SSK-methodiek

5.1.1. Systematiek van raming en probabilistische raming

Systematiek van kostenramen

De kostenraming is opgezet volgens de "Standaardsystematiek voor kostenramingen 2018", kortweg SSK 2018 (CROW-publicatie 137). De SSK-2018 is een eenduidige systematiek voor het maken van kostenramingen en zorgt ervoor dat er op een uniforme wijze geraamd kan worden. De uniforme ramingsopbouw is in twee delen gesplitst, de objectraming en de projectraming. In de objectraming, die is opgebouwd uit investeringskosten en (desgewenst) levensduurkosten, wordt met onderbouwing elk afzonderlijk object/deelproject geraamd. De investeringskosten worden volgens de systematiek uitgesplitst in de kostencategorieën, bouwkosten, vastgoedkosten, engineeringskosten en overige bijkomende kosten. De projectraming is de som van alle objectramingen. Hierbij kan, indien wenselijk, een risicoreservering voor objectoverstijgende risico's worden opgenomen. De projectraming wordt gepresenteerd als een samenvatting van alle in het project aanwezige kosten.

Algemene uitgangspunten en aannamen

Een raming volgens SSK 2018 heeft een bedrijfseconomische grondslag. Dat wil zeggen: de kostprijs van een gemiddelde aannemer met gemiddelde prijzen. Het voormalige ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft het begrip 'bedrijfseconomische kostenraming' als volgt gedefinieerd: "De bedrijfseconomische raming is een raming van kosten die via het principe van de integrale kostprijs tot stand komt en rekening houdt met een bijdrage ten behoeve van een rendabele bedrijfsvoering. Deze integrale kostprijs is de kwantitatieve voorstelling van de doelmatig gebrachte offers (=kosten), die een producent c.q. opdrachtnemer moet brengen bij de ruil van de door hem aangeboden goederen of diensten." Oftewel: een raming van de kostprijs die uitgaat van een redelijke winst plus een dekking van de aanvaarde risico's voor de aannemende partijen, waarin marktwerking niet is meegenomen.

Deterministische en probabilistische raming

Een deterministische raming is een raming waarbij risico's en onzekerheden op basis van een inschatting (ervaring, 'expert judgement') worden opgenomen in de kosten.

Een probabilistische raming is een raming waarin risico's en onzekerheden op een expliciete manier, door middel van statistische technieken (Monte Carlo simulatie of andere technieken), zijn doorgerekend, en vervolgens zijn opgenomen in de raming (zie ook www.risicoraming.nl van SIT Groep).

Het doel van het opstellen van een probabilistische raming, naast de 'normale' deterministische raming, is het krijgen van inzicht in het financiële risicoprofiel van het project. Het resultaat van de probabilistische raming is een uitspraak over de trefzekerheid van het geraamde bedrag, daarnaast wordt inzicht verkregen in de procentuele bijdrage van de verschillende risicobronnen in relatie tot de trefzekerheid van het afgegeven ramingsbedrag. Door aan te geven wat de trefzekerheid van de raming is, wordt inzichtelijk gemaakt welke mate van onzekerheid rond het geraamde bedrag moet worden gehanteerd.

Bij deze methode worden verschillende typen onzekerheden gekwantificeerd, de normale onzekerheden met spreidingen en de bijzondere gebeurtenissen met een kans van optreden en een gevolg in kosten en/of tijd.

De meest waarschijnlijke waarde, de T-waarde, voor zowel de prijzen als de hoeveelheden zijn rechtstreeks overgenomen uit de deterministische raming. Op de T-waarden wordt een spreiding aangebracht, de zogenaamde laagste en uiterste waarde (L- en U-waarde).

Bij het bepalen van de L- T- en U-waarden zijn de volgende zaken essentieel:

- De fase waarin het project zich bevindt.
- De gedetailleerdheid van de deterministische raming.
- De bepaling van de hoeveelheden inclusief afronding hoeveelheden en interpretatie van verliezen.

Voor de bepaling van de bijzondere gebeurtenissen wordt gebruikgemaakt van het risicodossier. Het risicodossier is het resultaat van een kwantitatieve analyse van de risico's. De kans en de gevolgkosten zijn inzichtelijk weergegeven, en ook de spreiding om deze gevolgkosten.

Met de rekenmethode Monte Carlo worden een aantal (bijvoorbeeld 10.000) simulaties doorgerekend, op grond waarvan de effecten van de spreidingen en risico's inzichtelijk gemaakt kunnen worden. Op grond hiervan kunnen gefundeerde uitspraken gedaan worden over de scheefte, variatiecoëfficiënt en de grootste onzekerheden in de raming.

De scheefte is het verschil tussen de gemiddelde waarde uit de probabilistische raming en de uitkomst (Topwaarde) van de deterministische raming. De scheefte is een maat voor de statistische onzekerheid van de raming.

Het quotiënt van de standaarddeviatie en de gemiddelde waarde is de variatiecoëfficiënt. Hiermee wordt in één waarde de bandbreedte van de raming, bij een trefzekerheid van circa 70%, weergegeven.

Wanneer er een deterministische raming wordt gemaakt kan er voor gekozen worden om op basis van expert judgement een scheefte mee te nemen zodat het resultaat van de deterministische raming niet te veel afwijkt van de probabilistische gemiddelde waarde (Mu). Op deze manier kan er een vergelijking worden gemaakt tussen de deterministische en de probabilistische ramingen. Dit geldt voornamelijk in het geval wanneer er in een eerdere fase een deterministische raming wordt gemaakt waarna er in een latere fase een probabilistische raming wordt gemaakt en er een vergelijking wordt gemaakt tussen deze fases.

De weergegeven resultaten van de probabilistische raming bestaan uit de volgende onderdelen:

- Gemiddelde waarde van de projectraming (Mu-waarde).
- Bandbreedtebedragen welke (meestal) bestaan uit de bedragen met een overschrijding van 15% en 85%. Met andere woorden: een bandbreedte met een trefzekerheid van 70%.
- Scheefte waarin inzichtelijk is wat het verschil is tussen de deterministische waarde en het gemiddelde van de probabilistische waarde.
- Gevoeligheidsanalyse welke inzicht geeft in de onderdelen van de raming die de grootste invloed hebben op de bandbreedte.
- Histogram en een cumulatieve kansdichtheidsverdeling.

5.1.2. Review door ProRail en Horvat&Partners

Cost engineers (CE) van ProRail en Horvat&Partners hebben een review uitgevoerd op een eerste versie van de ramingen van het Bundelingsalternatief en Afsluitdijkalternatief. Zij hebben steekproefsgewijs eenheidsprijzen gecontroleerd en opslagpercentages beoordeeld. Zie hun werkwijze in Bijlage 5.

ProRail: *"Arcadis heeft voor wat betreft de ramingen een goed stuk werk geleverd. Complimenten daarvoor. Natuurlijk zijn er tussen Arcadis en CE overeenkomsten en verschillen geconstateerd voor kostenkengetallen en opslagpercentages. Deze zullen met Arcadis besproken worden. Niet alle verschillen zullen leiden tot significante wijzigingen op de totale uitkomsten van de ramingen. De verschillen die impact hebben zullen met Arcadis diepgaander verkend worden. Waar mogelijk zal overeenstemming bereikt worden en zullen de ramingen, indien van toepassing, aangepast worden. Bij geen overeenstemming zal CE de impact op de totale raming daarvan in beeld brengen."*

Horvat&Partners: *"De ramingen zijn gebaseerd op een gestructureerde aanpak van tracéontwerpen naar werkpakketten en vervolgens naar ramingen. Deze vertaling is over het algemeen robuust. We hebben enkele mineure discrepanties gevonden met beperkte effecten op de hoogte van de ramingen. De ramingen zijn over het algemeen compleet al missen er enkele kostenposten, waardoor de directe bouwkosten worden onderschat."*

Arcadis heeft de feedback van beide partijen ter harte genomen en met argumenten verwerkt in de raming (zie paragraaf 5.1.3 en verder).

5.1.3. Opbouw van de raming

5.1.3.1. **Prijspeil**

Het prijspeil van de kostenraming is 1 januari 2024. Uitgangspunten hierbij zijn als volgt:

- BTW bedraagt 21%; over vastgoed 0%.
- Bedrijfseconomische of marktraming.

5.1.3.2. **Afleiden van eenheidsprijzen (prijzenboek)**

Hoe eenheidsprijzen zijn op de volgende manier bepaald:

- Naar verwachting grote kostenposten: Op basis van bijvoorbeeld een dwarsprofiel onderbouwd.
- Minder grote kostenposten: Oude ramingen opgezocht, prijspeil geïndexeerd volgens CBS StatLine GWW.
- Weinig voorkomende kostenposten: schatting (in het rood gemarkeerd in de ramingsbladen).

Geraamde kosten voor de lelylijn binnen de projectscope (en in SSK-raming)	Kosten voor de lelylijn buiten de projectscope (en de SSK-raming)
Bouwkosten	Scopewijzigingen door bijvoorbeeld: - Wensen uit de omgeving - Wijzigende wet- en regelgeving - Wijzigende ontwerpkaders - Nieuwe milieu-eisen
Engineeringskosten	
Vastgoedkosten	
Overige bijkomende kosten	Toekomstige indexatie/prijsontwikkelingen
Risicovoorziening en verschuiving	Marktomstandigheden op moment gunnen
BTW	Effecten van contracteringsstrategie

Figuur 68. Overzicht wat wel en niet in de ramingen voor de Lelylijn zit.

Uitgangspunten niet verder benoemd of nader uitgewerkt in dit rapport, maar die wel van invloed zijn bij het bepalen van de eenheidsprijzen:

- De Lelylijn is geschikt voor zowel reizigers- als goederentreinen.
- In geval van goederentreinen wordt niet uitgegaan van vervoer met dubbellaags containers (zogenaamd dubbel stack).
- Omdat uitgegaan wordt van goederenvervoer leidt dit tot extra eisen aan tunneltechnische installaties. Dit is in de raming opgenomen.
- Uitgegaan wordt van dagwerk, omdat het overgrote deel van de werkzaamheden overdag (vrij) te bouwen zijn. Uitzonderingen hierop zijn geschatte post (Leeuwarden, Heerenveen Noord en Entree Groningen). Bij de aansluitingen op bestaand spoor is een aparte post opgenomen 'aansluiting op bestaand spoor', hierin is rekening gehouden met weekendwerk.
- Uitgangspunt is dat alle grond wordt afgevoerd en gestort en niet binnen het project wordt hergebruikt. Horvat&Partners vindt dit een conservatief uitgangspunt. De grond die ontgraven wordt is over het algemeen van relatief slechte kwaliteit en in eerste instantie niet herbruikbaar. Dit is ook niet nader onderzocht. Misschien zit hier wat 'vet' op de raming, maar er is ook geen rekening gehouden met vervuilde grond.

Dit heeft geleid tot een 'prijzenboek' met meer dan 300 eenheidsprijzen voor verschillende technische disciplines en vastgoed.

5.1.3.3. **Opbouw kostenraming volgens SSK-systematiek**

De raming van de kosten is opgebouwd zoals weergeven in Figuur 68.

De objectgebonden kosten (bouwkosten) bestaan uit:

- Directe kosten,
- Nadere detaillering,
- Indirecte kosten,
- Risicoreservering objectgebonden.

De objectoverstijgende kosten bestaan uit:
- Vastgoedkosten,
- Engineeringkosten,
- Overige bijkomende kosten,
- Risicoreservering objectoverstijgend,
- Opdrachtgeverkosten,
- Objectgebonden kosten.

Bouwkosten
De bouwkosten zijn de kosten die later via bestekken en alle objectgerelateerde meer-/minderwerk-posten op de markt worden gebracht.

Directe kosten
Onder directe kosten wordt verstaan de kosten die aan één onderdeel van het werk kunnen worden toegerekend (hoeveelheid x eenheidsprijs). Dit is inclusief posten voor 'Verkeersmaatregelen, vaarmaatregelen, NVW, V&G', 'Opslag Hoofdaannemer-Onderaannemer', architectuur bij kunstwerken, dienstgebouwen tunnels en geluidschermen.

ProRail geeft de suggestie om een post 'Opslag Hoofdaannemer - Onderaannemer' van 5% op te nemen. Arcadis neemt de suggestie van ProRail deels over. 5% onderaanneming reken we over de spoorse disciplines, exclusief spoorbouw (want aangenomen dat de spoorbouwer de hoofdaannemer is). Daarnaast verwachten we dat de onderbouw (grondwerk en grondverbetering) en kleine kunstwerken aparte contracten worden, zo ook aparte contracten voor de grote civiele kunstwerken, zoals boor-/zinktunnel en lange viaducten/bruggen. Met de contractering van bijvoorbeeld de Betuweroute als voorbeeld.

Nadere detaillering (zie ook Bijlage 6)
De post nadere detaillering is een toeslag op de raming ten behoeve van kleine niet genoemde posten, voor uitdetaillering en nadere specificatie van het ontwerp en de werkmethoden, ter completering van de basisraming. De default-waarde is 20%. Zowel ProRail als Horvat&Partners achten dit percentage realistisch voor de fase van het project.

Indirecte kosten
De indirecte kosten (aan aannemer) zijn kosten waarbij niet geregistreerd wordt voor welk product of welke dienst ze worden gemaakt. De opslagen voor de indirecte bouwkosten en engineering achten we aan de hoge kant, maar vallen wel binnen de marge van wat we passend vinden. ProRail heeft hier een andere mening en vindt ze zelfs te laag. Standpunt van Arcadis:
- 8% engineering voor planstudiefase;
- 12% engineering voor realisatiefase;

De door ProRail voorgestelde hogere percentages maakt Arcadis apart inzichtelijk. Apparaatskosten IenW neemt Arcadis niet op in de raming, maar geeft hier wel een inschatting van.

De volgende onderdelen behoren tot de indirecte kosten:
- Eenmalige kosten: Indirecte kosten met een eenmalig karakter, denkende aan kosten voor mobilisatie/ demobilisatie, inrichten en opruimen werkterrein. Standaard op 3%.
- Algemene bouwplaatskosten: standaard op 3%.
- Uitvoeringskosten: Indirecte kosten die variëren met de tijdsduur van het werk, denkende aan exploitatiekosten van directie/ uitvoerderverblijven, arbeidskosten voor (hoofd)uitvoerders. Standaard op 10%.
- Managementkosten ON: standaard op 7%.
- Algemene kosten: Indirecte kosten betreffende de aan het project toegerekende algemene kosten van het bouwbedrijf. Standaard op 9%. Later verhoogd tot 11% op advies van ProRail. Aangezien ProRail dit via aanbestedingen kan waarnemen neemt Arcadis dit advies over.
- Winst en risico: Indirecte kosten ter dekking van de winst en het aannemersrisico binnen het contract. Standaard op 4%, respectievelijk 3%. ProRail stelt hier ook voor om het percentage van 4% voor winst te verhogen naar 5%. Arcadis staat op het standpunt dat we een bedrijfseconomische raming moeten leveren. En om die reden hanteren we voor winst 4% en voor risico 3%.

Risicoreservering objectgebonden
De risicoreservering object gebonden (standaard op 10%) is een toeslag op de som van de directe kosten en de indirecte kosten bedoeld ter dekking van kosten, die in een later stadium worden gemaakt als gevolg van bijvoorbeeld:

- Onvoorziene wijzigingen, die binnen het Programma van Eisen vallen.
- Onvoorziene complexiteit tijdens de uitvoering.
- Omissies in contracten.

Basisraming (bouwkosten)
De bouwkosten is de som van de directe kosten, indirecte kosten, kosten nader te detailleren en kosten objectonvoorzien zijnde de totale kosten welke door middel bestekken op de markt worden uitgezet.

Objectoverstijgende kosten
De objectoverstijgende kosten zijn de kosten die niet direct gerelateerd zijn tot één object.

Vastgoedkosten
De kosten voor de verwerving van het vastgoed (opstallen en grond), voor zover deze betrekking hebben op het verwerven van het eigendom van en/of het beheerrecht over het terrein met eventueel hierop aanwezige bouwwerken. Hiertoe behoort ook de nadeelcompensatie.

Engineeringkosten
Engineeringkosten betreffen de kosten voor werkzaamheden op het terrein van de techniek en het daarmee verband houdende vakgebieden betreffende ontwerp, uitvoeringsaspecten, toezicht, administratieve verwerking, organisatie, milieutechnische, juridische en economische aspecten.

De opslagen voor engineering acht Horvat&Partners aan de hoge kant, maar valt wel binnen de marge van wat ze passend vinden. ProRail hanteert de volgende percentages in vroege faseramingen voor de planfase 8% en realisatiefase 14% ten opzichte van de investeringskosten (Mu-waarde), exclusief de engineeringskosten.

Vertaalt men deze percentages naar een percentage ten opzichte van de voorziene bouwkosten (factor 1,5) dan zijn de percentages als volgt:

- Planfase 12%,
- Realisatiefase 21%.

Het percentage engineeringskosten ten opzichte van de voorziene bouwkosten komt daarmee op 33%. Op basis van de prognoses van het PHS-programma lijkt dit percentages nog onvoldoende door toegenomen procedures, controles, engineering en toezicht.

Arcadis neemt het volgende op in de investeringsraming:

- Planfase 8%,
- Realisatiefase 14%.

En maakt het verschil zichtbaar ten opzichte van wat ProRail voorstelt. Ook maakt Arcadis een inschatting van de kosten voor het Projectbureau Lelylijn/IenW.

Overige bijkomende kosten
De overige bijkomende kosten zijn de kosten van die delen van het project die later niet via bestekken op de markt worden gebracht. De overige bijkomende kosten hebben een objectoverstijgend karakter. Ook hier krijgt Arcadis verschillende reacties. Horvat&Partners vindt het totale percentage van 13% te hoog. Van ProRail krijgen we verschillende suggesties onderdelen toe te voegen dan wel percentages te verhogen, waardoor deze post uiteindelijk uitkomt op 15 tot 16%. Arcadis heeft besloten deze post te maximeren op 14%. Zie Tabel 46 om welke onderdelen het gaat en welke percentages we toepassen.

Risicoreservering objectoverstijgend
De risicoreservering objectoverstijgend (standaard op 10%) is een toeslag op de basisraming. Dit is het deel van de risicoreservering dat niet aan een object is toe te wijzen maar wel onderdeel van de scope (endogeen) is. Exogene wijzigingen zitten niet in de scope en zijn dus geen onderdeel van de objectoverstijgende risicoreservering van een SSK-raming.

Onderdeel	Percentage [%]
(Leges)kosten voor het verkrijgen van vergunningen, ontheffingen, beschikkingen, e.d.	1,5%
Verzekeringspremies	1,5%
Verleggen kabels & leidingen derden	1,5%
Communicatie- en voorlichtingskosten	1,5%
Vergoeding tenderkosten door OG aan inschrijvers	2,5%
Mitigerende en/of compenserende inpassingsmaatregelen	1%
Kosten archeologie	0,15%
Kosten van buitendienststellingen	Apart ingeschat
Mobiliteitstoeslag in de verkenningsfase voor 'MinderHinder'	0,5%
Ruimen niet gesprongen explosieven	0,3%
Onderzoeken (bodem, asfalt, etc.)	1%
Indienststellingsvergunning/ Indienststellingskosten	1%
TIS/ VGV	-
Inmetingen en vastlegging	0,3%
Duurzaamheid	0,75%
Ecologie	0,5%
Totaal	**14,0%**

Tabel 46. Specificatie Overige bijkomende kosten.

5.1.3.4. Niet opgenomen in de raming

De volgende onderdelen zijn niet opgenomen in de raming.

Reservering onvolledig plan
De post reservering onvolledig plan (ROP) is een toeslag op de raming van directe bouwkosten waarvan we nog niet de exacte invulling weten. Standpunt van ProRail hierin is dat men zeker weet dat er extra toezeggingen moeten worden gedaan op wat wettelijk vastgesteld is. Het betreffen dan:

- Onverwachte wijzigingen, die buiten het Programma van Eisen vallen. Dit betreft altijd een inschatting. Als er grote onverwachte wijzigingen optreden kan het onder project onvoorzien opgenomen daardoor bedrag niet voldoende zijn.
- Wijzigingen voortvloeiend uit inspraak.
- Wijzigingen voortvloeiend uit wijzigingen wet- en regelgeving.

Voorbeelden hiervan zijn:

- De omgeving wenst hogere geluidschermen dan volgens het doelmatigheidscriterium is vastgesteld.
- De onderbouw van de Lelylijn moet deels verdiept worden aangelegd, wat leidt tot een duurdere constructie. Dit is een duurdere inpassing dan strik noodzakelijk
- Een kruisende weg moet verdiept aangelegd worden in plaats van op een +1-niveau de Lelylijn te kruisen. Ook dit is een duurdere inpassing dan strikt noodzakelijk.

Horvat&Partners onderschrijft de intentie van ROP en onderschrijven dat hier budget voor nodig is. De kostenpost is voor nu nog onbekende eisen/ wensen uit de omgeving, vooral gericht om de overlast van de nieuwe spoorlijn op de omgeving te verminderen. De basis is exogeen en daarom hoeft deze niet opgenomen te worden in de SSK-raming.

Wel geven we inschatting per basisalternatief van de post ROP.

Inhaal- en wachtsporen
Gezien het uitgangspunt dat de Lelylijn ook voor goederenvervoer gebruikt moet worden, zijn er waarschijnlijk inhaal- en wachtsporen nodig. Inhaalsporen. Deze zijn nu niet meegerekend in de kostenraming, maar wel als risico in het risicodossier opgenomen.

Stikstofmaatregelen/emissieloos
Er zijn geen kosten geraamd voor stikstofmaatregelen/emissieloos bouwen. Voor de raming is Arcadis uitgegaan van een traditionele uitvoeringsmethode met Euro-6-materieel. Ontwikkeling op het vlak van elektrisch materieel gaat snel en zijn momenteel niet goed in te schatten.

Kosten voor onderliggend OV en hubs
Aanvullende kosten voor aanpassingen aan onderliggende OV en hubs zijn niet meegenomen in de kostenraming.

5.2. Investeringsramingen

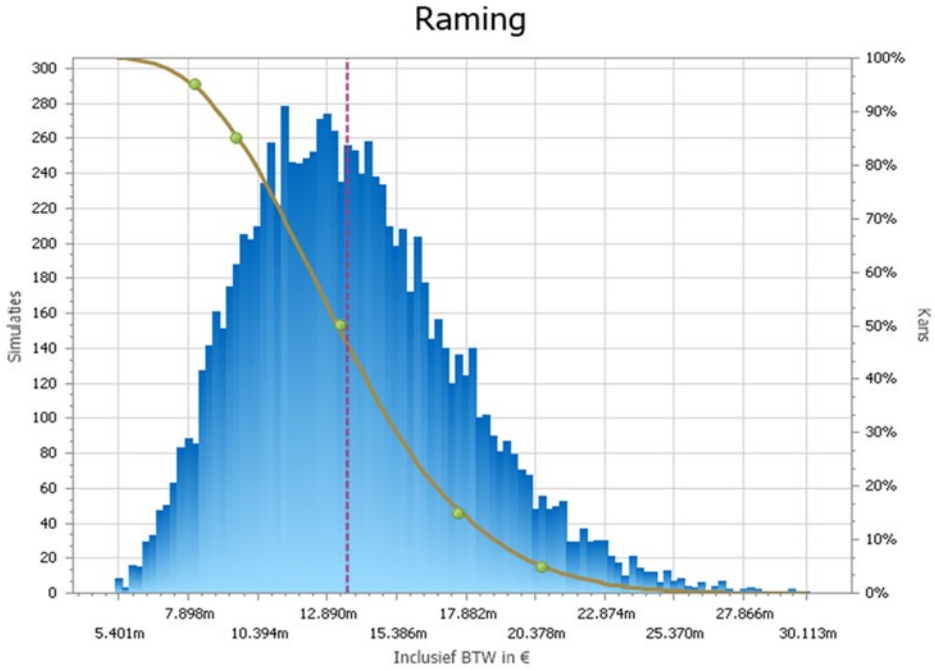
5.2.1. Resultaten deterministische en probabilistische raming

Bij het opstellen van zowel de deterministische als probabilistische raming is uitgegaan van een 'realistische' scope van de drie basisalternatieven. De investeringsbedragen die hieruit voorvloeien vormen samen met de onderdelen die buiten de raming gehouden zijn het totale budget. Ook de toe te passen opslagpercentages vormen uiteindelijk een belangrijk onderdeel van het te bepalen budget. Tabel 47 geeft een overzicht van de resultaten en in Figuur 69 wordt het histogram van de probabilistische raming van het Bundelingsalternatief getoond. Op basis van deze figuur leggen we hieronder de termen zoals verschuiving, scheefheid en 70%-betrouwbaarheidsinterval uit.

	Bundeling	Afsluitdijk	Zuidelijk
Deterministisch	13.100	16.425	7.850
Verschuiving	685	600	325
Probabilistisch	13.800	17.025	8.175
Scheefheid	5,23%	3,64%	4,09%
Variatiecoëfficiënt	28%	25%	27%
70%-betrouwbaar-heids-interval	9.800 – 17.900	12.650 – 21.400	5.900 – 10.525

Tabel 47. Investeringskosten in miljoenen euro's (afgerond).

Het histogram is het resultaat van 10.000 willekeurige trekkingen van de Monte Carlo simulatie. Door de spreiding op eenheidsprijzen, hoeveelheden en de risico's is dit een scheve verdeling. De probabilistisch bepaalde rekenkundig gemiddelde van € 13,8 miljard (ook wel Mu genoemd) is iets hoger dan de deterministisch bepaalde waarde van € 13,1 miljard. Dit verschil wordt verschuiving genoemd. Naarmate deze groter is, is ook de onzekerheid van de raming groter. Deze verschuiving kan ook uitgedrukt worden in een percentage van de deterministische waarde. Dit is de scheefheid.



Figuur 69. Histogram van probabilistische raming Bundelingsalternatief.

Naarmate de klokkromme steiler is, ofwel de statisch bepaalde waarden liggen allemaal relatief dicht rond de Mu-waarde, dan is de standaardafwijking (Sigma) geringer. Dit wordt uitgedrukt in de variatiecoëfficiënt (Sigma/Mu * 100%). Andersom geredeneerd: naarmate de variatiecoëfficiënt groter is, is er dus sprake van een grotere onzekerheid. De berekende waarden voor de drie basisalternatieven liggen allemaal onder de 30%. Ruim onder de gevraagde 40% voor deze fase. Dit is verklaarbaar doordat van relatief veel ramingsposten uitgegaan kan worden van strekkende kilometers waar een lage L- en U-waarde op de hoeveelheden kan worden gegeven.

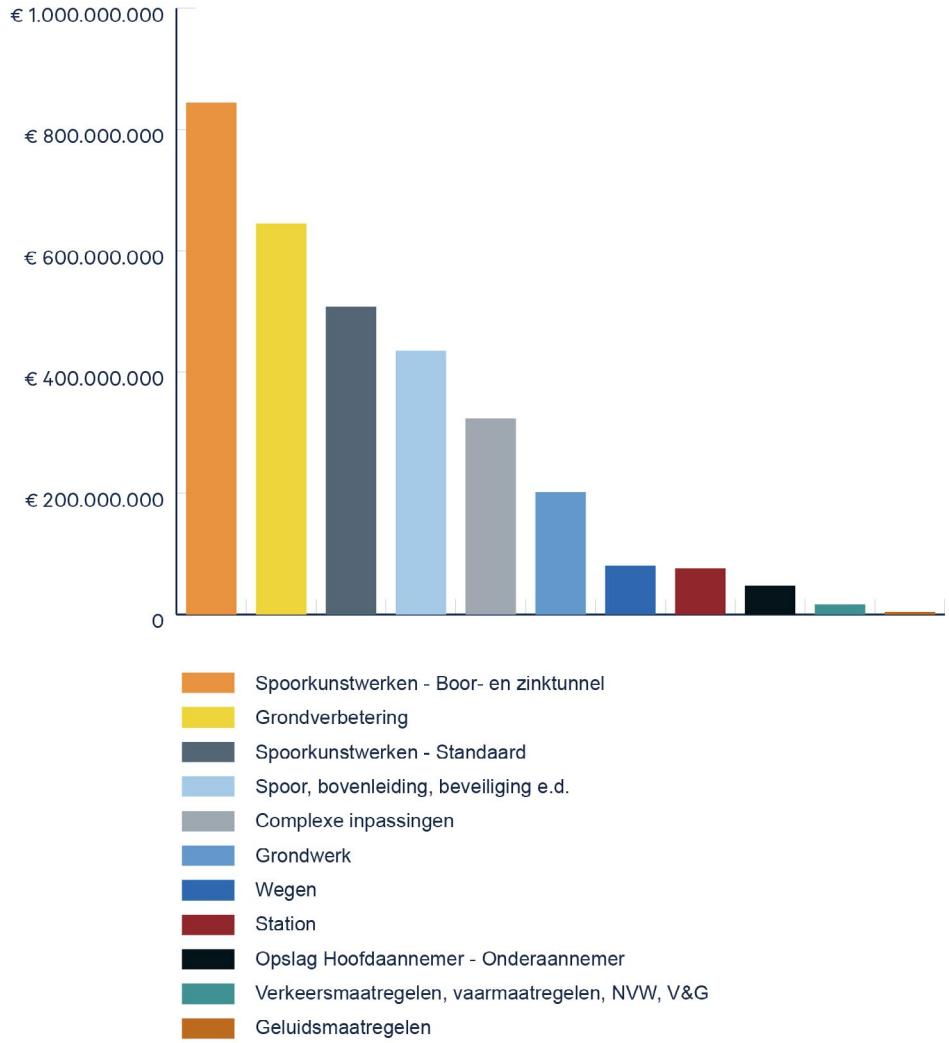
Het 70%-betrouwbaarheidsinterval wordt bepaald door die punten in de klokkromme op te zoeken waar de 15% laagste waarden en 15% hoogste waarden zitten.

Een nadere opsplitsing per trajectdeel van ieder basisalternatief wordt gegeven in Tabel 48, Tabel 49 en Tabel 50. Voor relevante trajectdelen wordt ook de investeringskosten per kilometer weergegeven. < Van deze tabellen kunnen we ook iets grafisch maken>. Wat hierin in opvalt is dat prijs per kilometer spoorbaan – inclusief alle spoorse assets, maar zonder dure civieltechnische constructies zoals bijvoorbeeld boor- en zinktunnels – bij het Zuidelijk alternatief beduidend lager is (orde-grootte € 43 tot 54 miljoen per kilometer) dan bij de twee andere basisalternatieven. Hier varieert de prijs per kilometer van € 50 miljoen tot € 100 miljoen, afhankelijk van de mate van grondverbetering en langere kunstwerken.

Om een indruk te geven van de verdeling direct benoemde bouwkosten over de verschillende te bouwen onderdelen wordt per basisalternatief ok een grafiek toegevoegd, die dit zichtbaar maakt (zie Figuur 70, Figuur 71 en Figuur 72).

Trajectdeel	Investeringskosten	Investeringskosten/km
Lelystad – Ketelmeer	1.075 – 1.300	79 – 97
Kruising Ketelmeer	825 – 1.025	310 – 379
Ketelmeer – Emmeloord - Lemmer	1.675 – 2.050	58 – 71
Lemmer – Heerenveen	1.700 – 2.1000	109 – 134
Heerenveen	1.200 – 1.475	176 – 215
Heerenveen – Leeuwarden	125 – 175	Bestaand spoor
Leeuwarden	290 – 350	Bestaand spoor
Heerenveen – Drachten	1.700 – 2.075	66 – 81
Drachten – Hoogkerk	1.050 – 1.275	52 – 63
Hoogkerk – Groningen	2.750 – 3.350	443 – 541
Totaal (probabilistisch)	**13.800**	**-**

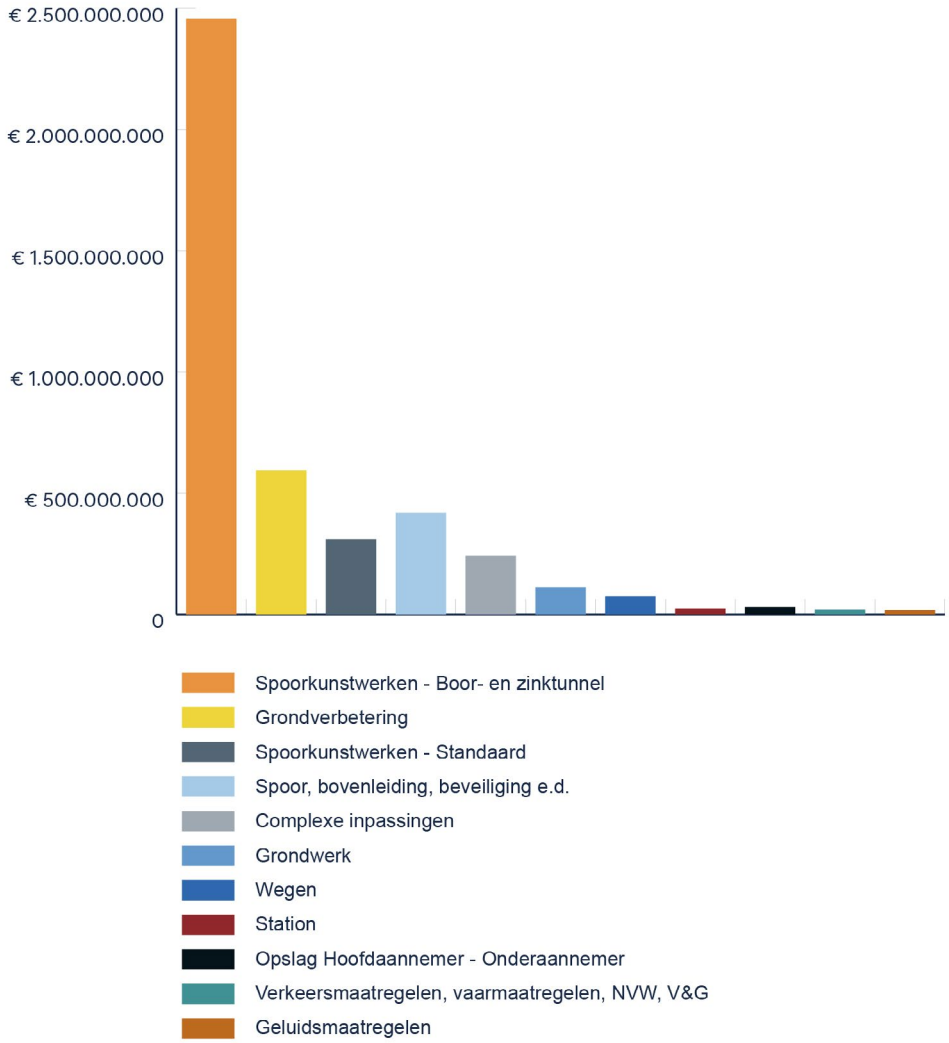
Tabel 48. Bundelingsalternatief in miljoenen euro's (afgerond).



Figuur 70. Direct benoemde bouwkosten Bundelingsalternatief.

Trajectdeel	Investeringskosten	Investeringskosten/km
Amsterdam – Schagen	40 – 50	Bestaande spoor
Schagen – Uittakking	178 – 200	83 – 102
Uittakking – Afsluitdijk	1.275 – 1.575	64 – 78
Afsluitdijk	9.525 – 11.650	266 – 325
Afsluitdijk – Leeuwarden	1.950 – 2.375	68 – 83
Leeuwarden	300 – 375	Bestaand spoor
Leeuwarden – Groningen	1.400 – 1.700	28 – 34
Groningen	650 – 800	198 – 242
Totaal (probabilistisch)	**17.025**	

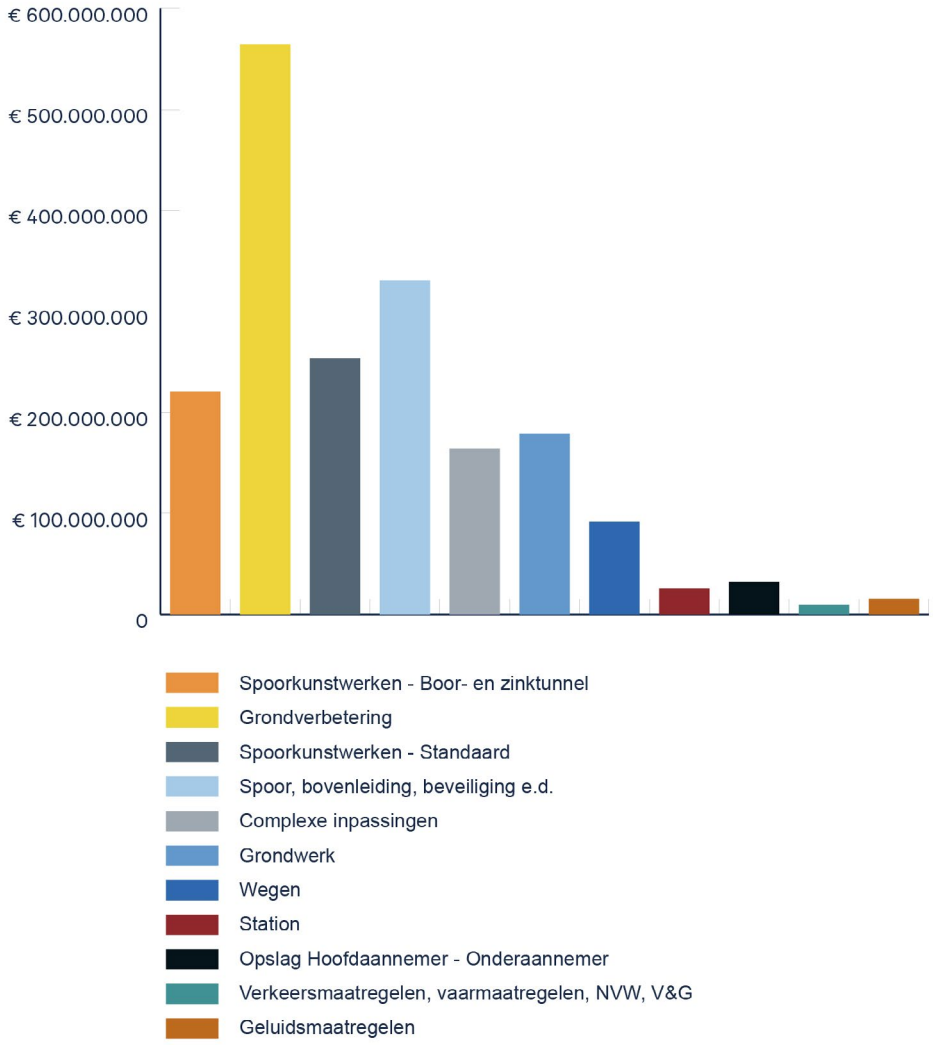
Tabel 49. Afsluitdijkalternatief in miljoenen euro's (afgerond).



Figuur 71. Direct benoemde bouwkosten Afsluitdijkalternatief.

Trajectdeel	Investeringskosten	Investeringskosten/km
Lelystad – Ketelmeer	1.075 – 1.300	79 – 97
Kruising Ketelmeer	825 – 1.025	310 – 379
Ketelmeer – Emmeloord (tot en met station Emmeloord)	1.025 – 1.250	70 – 86
Emmeloord – Wolvega	1.000 – 1.225	44 – 54
Wolvega – Leeuwarden	500 – 699	Bestaand spoor
Leeuwarden	300 – 350	Bestaand spoor
Wolvega – Assen	1.790 – 2.200	43 – 53
Assen – Groningen	350 – 425	Bestaand spoor
Groningen	600 – 650	Bestaand spoor
Totaal (probabilistisch)	**8.175**	

Tabel 50. Zuidelijk alternatief in miljoenen euro's (afgerond).



Figuur 72. Direct benoemde bouwkosten Zuidelijk alternatief.

5.2.2. Mogelijke variaties in de ramingen

In paragraaf 5.1.3.4 worden een aantal onderdelen benoemd, die niet in de ramingen opgenomen zijn. Dit zijn:

- Reservering onvolledig plan;
- Inhaal- en wachtsporen (voor goederenvervoer);
- Stikstofmaatregelen/emissieloos bouwen.

Daarnaast worden in paragraaf 5.1.3.3 bij een aantal opslag percentages ook nuanceringen geplaatst om juist hogere of lagere percentages toe te passen vanuit feedback van Horvat en ProRail, dit zijn:

- Nader te detailleren;
- Percentages aan aannemer;
- Percentages engineering en een post voor het Projectbureau Lelylijn;
- Percentages voor overige bijkomende kosten.

	Bundeling	Afsluitdijk	Zuidelijk
Reservering onvolledig plan – 5% van de directe bouwkosten	450 – 475	600 – 625	250 – 275
Reservering onvolledig plan – 20% van de directe bouwkosten	1.800 – 2.000	2.400 – 2.500	1.000 – 1.100
Engineering planfase van 8% naar 12%	320 – 340	420 – 440	180 – 200
Engineering realisatie van 14% naar 21%	560 – 580	740 – 780	320 – 340
Kosten projectbureau Lelylijn	400 – 420	525 – 550	230 – 250
Wacht- of passeerspoor voor goederentreinen (2 wissels, lengte 750 meter)	7 tot 25 per stuk (afhankelijk van de mate van benodigde grondverbetering)		
Percentage nader te detailleren van 20% naar 17,5%	Minus 225 – 250	Minus 290 - 310	Minus 125 – 140
Percentage nader te detailleren van 20% naar 15%	Minus 450 – 500	Minus 580 – 620	Minus 250 – 280
Opslagpercentages aan aannemer van 46,1% naar 41,1%	Minus 370 – 400	Minus 480 – 500	Minus 200 – 220
Overige bijkomende kosten van 14% naar 12%	Minus 155 – 175	Minus 200 – 220	Minus 90 - 100
Overige bijkomende kosten van 14% naar 10%	Minus 310 – 350	Minus 400 – 440	Minus 180 – 200
NELF-gebouw in Groningen hoeft niet geamoveerd te worden	Minus 50 - 70	-	-
VL-post in Groningen hoeft niet verplaatst te worden	Minus 125 - 175	-	-

Tabel 51. Indicaties ontbrekende onderdelen of andere percentages in miljoenen euro's.

5.2.3. Eenheidsprijzen van verschillende legostenen

Het Projectteam Lelylijn heeft het Consortium gevraagd ook inzicht te geven in verschillende kostprijsbepalende legostenen van de Lelylijn. De gegeven bedragen zijn indicaties en kunnen fluctueren door onder andere lokale omstandigheden, faseringen of andere belemmeringen die het bouwen duurder maken.

Onderdeel	Kosten per kilometer
Lage, dubbelsporige spoorbaan (zonder spoor, kunstwerken voor het ongelijkvloers kruisen van wegen en vaarten)	
Geen grondverbetering	5 tot 6
Grondverbetering 0-3 meter	17 tot 23
Grondverbetering 3-5 meter	28 tot 36
Grondverbetering 5-10 meter	35 tot 44
Grondverbetering meer dan 10 meter	44 tot 56
Hoge, dubbelsporige spoorbaan (zonder spoor, kunstwerken voor het ongelijkvloers kruisen van wegen en vaarten)	
Geen grondverbetering	12 tot 16
Grondverbetering 0-3 meter	33 tot 42
Grondverbetering 3-5 meter	36 tot 46
Grondverbetering 5-10 meter	41 tot 52
Grondverbetering meer dan 10 meter	49 tot 62
Spoor, ERTMS, bovenleiding en dergelijke voor op de dubbelsporige spoorban	9 tot 12
Kunstwerken:	
Plaatbrug	90 tot 120
Dubbelsporig viaduct	120 tot 170
Dive under/verdiepte ligging	140 tot 190
Pergolaconstructie	200 tot 260
Trogbrug	300 tot 430
Brug in water	110 tot 160

Tabel 52. Indicaties kosten voor onderbouw (baan en kunstwerken) in miljoenen euro's.

Onderdeel	Startkosten per stuk	Kosten per kilometer
Zinktunnel Startkosten: waaronder bouwdok, toeritten, dienstgebouw, vaste kosten tunneltechnische installaties	500 tot 700	275 tot 350
Boortunnel Startkosten: waaronder 1 of 2 tunnelboren, betonietcentrale en scheidingsinstallatie, toeritten, dienstgebouw, vaste kosten tunneltechnische installaties	500 tot 800	300 tot 400

Tabel 53. Indicaties kosten voor verschillende legostenen in miljoenen euro's.

De kosten voor een extra station zijn orde-grootte € 60 tot 80 miljoen.

5.2.4. Variaties op de basisalternatieven

5.2.4.1. Bundelingsalternatief

Zuidelijk van Heerenveen met aantakking op Heerenveen/Leeuwarden
Een variant op het Bundelingsalternatief is om ten noorden van Emmeloord rechtstreek naar Heerenveen te gaan en ten zuiden hiervan door Oranjewoud met boortunnel bij Tijnje weer aan te takken op het Bundelingsalternatief. Ondanks dat dit tracé 5 kilometer korter is dan het Bundelingsalternatief via Heerenveen Noord is het circa € 1,5 tot 2 miljard duurder vanwege een relatief lange boortunnel onder Oranjewoud.

Geen boortunnel onder Oranjewoud en omgeving, maar een ander tracé of een goedkopere inpassing maakt deze variant mogelijk € 0,5 miljard goedkoper dan het Bundelingsalternatief via Heerenveen Noord.

Entree Groningen via Hoendiep
Zoals in hoofdstuk 4 is aangegeven is ook een variant voor de Entree van Groningen onderzocht die op maaiveld kruist de A7, langs het Hoendiep gaat en dan bij Hoogkerk aansluit op het bestaande spoor vanuit Leeuwarden. Dit is de variant die de gemeente Groningen heeft gereserveerd voor de Lelylijn. Hiermee wordt een dure boortunnel onder Hoogkerk voorkomen, wat de entree van Groningen op dit onderdeel goedkoper maakt.

Het tracé bevat een aantal complexe kruisende infrastructuuropgaven. Kruisende infrastructuur is onder andere: een brede vaart bij de werf De Poffert, de Westpoortboulevard, Roderwolderdijk, Koningsdiep, rioolwaterzuiveringsinstallatie, de Zuiderweg, Johan van Zwedenlaan, een vaart, Laan 1940-1946, Paterswoldseweg en Noord-Willemskanaal. Aanpassingen aan en/of vervanging van deze kunstwerken op dit deel is zeer divers van aard en complex. Opgemerkt wordt dat de ruimte tussen het Hoendiep en de Manchesterweg ten oosten van de Westpoortboulevard te krap is om een lage spoorbaan in te passen. Daarom wordt getwijfeld of de Lelylijn hier goed kan worden ingepast en of er voldoende ruimte is om deze ook te bouwen. Indien oplosbaar ligt een potentiële besparing op de investeringskosten tussen de € 1 en 1,5 miljard.

Grondverbetering
Grondverbetering vormt bij het Bundelingsalternatief circa 19% van de directe bouwkosten. Dit is een fors aandeel. Door te investeren in onderzoeken naar goedkopere (uitvoerings)methoden kan mogelijk bespaard worden op investeringskosten. Ook kan geïnvesteerd worden in geotechnisch veld- en laboratoriumonderzoek om op deze wijze de bodem beter in kaart te brengen. Ondanks dat het in dit stadium van het project moeilijk in te schatten is wat de besparing exact is kan wel een indicatie worden gegeven. In het geval dat 10% minder grondverbetering wordt toegepast levert dit een besparing op van orde-grootte € 200 tot 250 miljoen.

Hogere baan bij natuurgebieden
Bij natuurgebieden zoals Van Oordt's Mersken en Leekstermeer wordt nu in de investeringsraming uitgegaan van een lage spoorbaan met een grondverbetering. Met uitzondering van ongelijkvloerse kruisingen, waar de Lelylijn eventueel al op een hogere spoorbaan ligt. Vanuit water en bodem sturend of andere redenen kan de wens bestaan een hogere spoorbaan aan te leggen met doorsteken overdwars voor bijvoorbeeld (grond)water of kleine dieren. De meerkosten hiervoor zijn orde-grootte € 1 tot 2,5 miljoen per kilometer, afhankelijk van exacte oplossing. Een continu kunstwerk op palen is vele malen duurder, namelijk orde-grootte 35 tot 100 miljoen per kilometer; afhankelijk van de al gerekende grondverbetering.

De Lelylijn doorsnijdt het natuurgebied Van Oordt's Mersken over circa 2,1 km, wat inhoudt dat een hogere spoorbaan met een aantal doorsteken € 2,1 tot € 5,3 miljoen extra kost. Een integraal viaduct orde grootte € 74 tot € 210 miljoen.

In het geval van de doorsnijding van het Leekstermeer met een doorsnijding van circa 1,6 km zijn deze bedragen € 1,6 tot 4 miljoen en € 56 tot 160 miljoen.

5.2.4.2. **Afsluitdijkalternatief**

Nieuw spoor Groningen–Leeuwarden via Drachten
Een grove kostenschatting is gemaakt als het Afsluitdijkalternatief in het westen van Fryslân via Harlingen, een deel over bestaand spoor en ten westen van Leeuwarden naar het zuiden afbuigt om station Werpsterhoeke te kruisen. Leeuwarden wordt dan niet direct aangedaan. Vanaf Werpsterhoeke vervolgt de Lelylijn een tracé naar het noorden van Drachten om vervolgens bij de A7 weer gebundeld te worden met deze snelweg. Het tracé is dan gelijk aan het Bundelingsalternatief. De meerkosten van deze variant zijn minimaal € 5 miljard op de investeringskosten van het Afsluitdijkalternatief.

Grondverbetering
Vergelijkbaar met het Bundelingsalternatief is het aandeel grondverbetering fors, circa 14% van de directe bouwkosten. In het geval dat 10% minder grondverbetering wordt toegepast levert dit een besparing op van orde-grootte € 200 tot 250 miljoen.

5.2.4.3. **Zuidelijk alternatief**

Snelheidsverhoging op deeltraject Assen-Groningen
Indien wenselijk kan over een afstand van circa 16 km op he trajectdeel Assen-Groningen zonder al te hoge kosten de snelheid verhoogd worden tot 160 km/u. Op delen van dit trajectdeel bestaat de ondergrond uit zand, waardoor deze snelheidsverhoging mogelijk is. De aanpassingen zijn voornamelijk aan de ligging van het spoor en is orde-grootte € 2,5 tot 3,5 miljoen.

Grondverbetering
Vergelijkbaar met het Bundelingsalternatief is het aandeel grondverbetering fors, circa 29% van de directe bouwkosten. In het geval dat 10% minder grondverbetering wordt toegepast levert dit een besparing op van orde-grootte € 180 tot 220 miljoen.

5.2.5. Invloed ontwerpsnelheid op ramingen

In paragraaf 4.4 zijn de verschillen beschrijven als niet uitgegaan wordt van een baanvaksnelheid van 200 km/u, maar van 160 of 300 km/u. Dit is van invloed op het tracé (horizontaal en verticaal alignement) en (technische) systeemkeuzes.

160 km/u versus 200 km/u
Bij een vertaling naar kostenverschillen blijkt dat een lagere ontwerpsnelheid van 160 km/u relatief weinig 'voordeel' oplevert. Orde-grootte is dit voor:
- het Bundelingsalternatief € 100 tot 130 miljoen;
- het Afsluitdijkalternatief € 50 tot 80 miljoen;
- het Zuidelijke alternatief: € 75 tot 100 miljoen.

Opgemerkt wordt dat dit 'voordeel' volledig teniet wordt gedaan als de tractievoeding van het spoorsysteem verandert van 25 kV naar 1.500 Volt. Het 1.500 Volt systeem is namelijk per kilometer spoor bijna een factor 2 duurder, doordat meer onderstations nodig zijn (en in principe geschikt tot een snelheid van maximaal 160 km/u).

De meerkosten zijn orde-grootte voor deze omschakeling van 25 kV naar 1.500 Volt:
- het Bundelingsalternatief € 300 tot 350 miljoen;
- het Afsluitdijkalternatief € 200 tot 250 miljoen;
- het Zuidelijke alternatief: € 255 tot 275 miljoen.

300 km/u versus 200 km/u
De vergelijking 300 km/u versus 200 km/u is totaal anders, omdat hier de 'systeemsprong' voor de onderbouw grote impact heeft. Grote delen van de spoorbaan kunnen dan niet gebouwd worden met een zandbaan met daaronder een grondverbetering, vanwege de aanwezige slappe klei- en veenlagen langs de verschillende tracés. Een onderheide betonnen spoorbaan (plaatviaduct) moet dan worden gebouwd. Alle andere verschillen vallen wat betreft verschilkosten in het niet, maar zijn wel in onderstaande beschouwing meegenomen. Als uitgegaan wordt dat alle delen lage en hoge baan met een dikte aan slappe klei en veenlagen van meer dan 3 meter vervangen worden door een plaatviaduct dan zijn de meerkosten ten opzichte van 200 km/u als volgt:
- het Bundelingsalternatief € 1.800 tot 2.300 miljoen;
- het Afsluitdijkalternatief € 1.700 tot 2.200 miljoen;
- het Zuidelijke alternatief: € 1.750 tot 2.250 miljoen.

Er zijn twee redenen waarom de hierboven genoemde bedragen nog hoger kunnen worden. De eerste reden is dat er geen 'lappendeken' mag ontstaan van verschillende baanconcepten. Dit houdt in dat over grotere lengtes bij 300 km/u een plaatviaduct toegepast gaat worden dan nu aangenomen. Een tweede reden is dat er ook nog een onzekerheid bestaat in hoeverre de ondergrond tot 3 meter diepte nu wel of niet bestaat uit zand van relatief goede kwaliteit, waar een stabiele spoorbaan op gebouwd kan worden voor een snelheid van 300 km/u of juist toch uit de relatief slappere klei- en veenlagen. In het slechtste geval moeten de hierboven genoemde bedragen verhoogd worden met voor:
- het Bundelingsalternatief € 3.800 miljoen;
- het Afsluitdijkalternatief € 150 miljoen;
- het Zuidelijke alternatief: € 4.200 miljoen.

5.3. BOV-kosten (Beheer, Onderhoud en Vervanging)

5.3.1. Algemene beschrijving methodiek berekening BOV-kosten

In dit stadium van het onderzoek is nog onbekend welke partij de Lelylijn gaat beheren en onderhouden. Daarom houden we de volgende definities aan:

1. Beheer en onderhoud: het dagelijks beheer en onderhoud van de assets. Dit wordt door de verschillende beheerders ook aangeduid als regulier, klein of preventief onderhoud. Voorbeeld hiervan zijn inspecties van kunstwerken en het slijpen van de rails.

2. Vervangingen: het vervangingsonderhoud van de assets die *à fonds perdu* (direct) worden betaald. Dit wordt vaak ook aangeduid als groot onderhoud. Dit betreft enkel een-op-een vervangingen. Voorbeelden hiervan is levensduurverlengend onderhoud (LVO) van wissels en het vervangen van bovenleidin.;

3. Kapitaallasten: rente en afschrijvingen van (vervangings)investeringen. Kapitaallasten kunnen worden gebruikt voor het spreiden in de tijd van grote investeringen. Voorbeeld hiervan is de vervanging van grote infrastructuur.

De investeringskosten voor de uitbreiding van het netwerk of de voertuigvloot zijn geen onderdeel van de BOV-kosten. De invloed van de uitbreidingen op de beheer- en onderhoudskosten zijn wel onderdeel van de BOV-kosten.

Voor railinfrastructuur is de levenscyclus van assets complexer, omdat deze sterk verschilt per asset-type. Afhankelijk van de gebruiksintensiteit is bijvoorbeeld de verwachte technische levensduur voor spoor in rechtstand 25-40 jaar, en 10-20 jaar voor krappe bogen. Deze uiteenlopende levenscycli leiden tot verschillende vervangingscycli van assets. Dit betekent dat de vervangingskosten het ene jaar hoger zijn dan het andere jaar.

ProRail heeft een rekenmodel voor het bepalen van BOV-kosten, omdat zij per asset en gebruik ervan (bijvoorbeeld intensiteit of frequentie) inzicht hebben in deze kosten. Dit rekenmodel is helaas niet geschikt is om een betrouwbare voorspelling te doen van de toekomstige onderhoudskosten voor de Lelylijn, omdat het onder andere geen rekening houdt met ERTMS, 25 kV en 200 km/u. Daarom is voor deze fase een inschatting gemaakt, waarbij uitgegaan wordt van een percentage van totale investering met een bandbreedte van 1,5% - 3% per jaar.

5.3.2. BOV-kosten per basisalternatief

Dit houdt het volgende in voor de jaarlijkse BOV-kosten:

- het Bundelingsalternatief € 210 tot 420 miljoen;
- het Afsluitdijkalternatief € 255 tot 510 miljoen;
- het Zuidelijke alternatief: € 120 tot 240 miljoen.

5.4. Algemene beschrijving methodiek berekening exploitatie-saldo

5.4.1. Algemene beschrijving methodiek berekening exploitatiesaldo

Het exploitatiesaldo betreft de meer/minder kosten en opbrengsten ten opzichte van de referentiesituatie in 2040. De referentiesituatie zijn de huidige treinverbindingen in heel Nederland. Dit is dus zonder een Lelylijn. Het in beeld gebrachte exploitatiesaldo van een variant zijn dan ook de meerkosten en meeropbrengsten ten opzichte van de referentie. Als voorbeeld als de referentie een exploitatiesaldo van + € 300 miljoen per jaar heeft en een variant heeft een exploitatiesaldo van - € 100 miljoen per jaar. Dan staat er - € 100 miljoen bij die variant in de tabel maar dan is het totaal in Nederland nog altijd + € 200 miljoen per jaar.

In de exploitatieberekeningen zijn de verwachte meerkosten voor de exploitatie van de verschillende varianten afgezet tegen de verwachte meeropbrengsten op de lijn zelf maar ook de minder opbrengsten op reeds bestaande lijnen in de referentie zoals die tussen Leeuwarden/Groningen naar Zwolle/Utrecht. Verwachte kosten bestaan bijvoorbeeld uit componenten zoals aanschaf en onderhoud van treinen en personeelskosten. Opbrengsten komen voort uit de kaartverkoop aan reizigers die gebruikmaken van de treindiensten. Zowel kosten als opbrengsten hangen voornamelijk samen met de vervoerwaarde (extra reizigerskilometers) en het aantal extra treinkilometers dat door de Lelylijn gereden wordt. Om deze variabelen vast te stellen is voor elke variant (Bundeling 2x/4x/8x, Afsluitdijk 4x en Zuidelijk 4x) gekeken naar de toename ten opzichte van de referentie zonder Lelylijn. In de als bijlage bijgevoegde Vervoerwaardestudie Bereikbaarheidsonderzoek Lelylijn zijn alle componenten van de exploitatierekeningen opgenomen.

Het achtergrondrapport Vervoerwaarde gaat nader in op de gehanteerde uitgangspunten en berekeningswijze per component. Voor alle componenten geldt dat kosten en opbrengsten zijn gebaseerd op prijzen in 2024. Gebruikte prijzen en kentallen uit eerdere jaren zijn waar nodig geïndexeerd. Verder is binnen de kostenberekeningen rekening gehouden met het laten rijden van verschillende typen treinen. Voor treinseries met een stoptreinfunctie is gerekend met een ICNG5-materieel, en voor treinseries met een IC-functie met een ICNG8. Ook de treinlengtes kunnen verschillen (bijvoorbeeld langere treinen in de spits en kortere treinen in het weekend of de avonduren). Voor beide uitgangspunten geldt dat we deze verschillen met de uiteindelijke werkelijkheid in deze vroege onderzoeksfase accepteren. Ten slotte is voor een aantal componenten aan de kostenzijde gewerkt met het aantal omlopen van treinseries. Het aantal omlopen dat door een treinserie per dag gemaakt wordt, is gebaseerd op 18 uren per dag en de frequentie van de betreffende treinserie.

5.4.2. Exploitatiesaldo per variant

Voor alle exploitatieberekeningen geldt dat exploitatieresultaten eerst inzichtelijk zijn gemaakt aan de hand van een gemiddelde werkdag. Vervolgens is met behulp van een verhoudingsgetal voor weekend- en feestdagen een vertaling gemaakt naar exploitatie op jaarniveau. De onderstaande Tabel 54 geeft het exploitatiesaldo per Lelylijnvariant weer.

Variant	Exploitatiesaldo op jaarbasis
Bundeling 2x	+€60 miljoen tot +€95 miljoen
Bundeling 4x	+€55 miljoen tot +€90 miljoen
Bundeling 8x	-€60 miljoen tot -€25 miljoen
Afsluitdijk 4x	+€10 miljoen tot + €45 miljoen
Zuidelijk 4x	-€40 miljoen tot -€5 miljoen

Tabel 54. Exploitatiesaldo's voor de verschillende Lelylijn-varianten ten opzichte van de referentie zonder Lelylijn.

De tabel toont dat de Bundeling 2x- en 4x-variant het positiefste exploitatiesaldo hebben. De Bundeling 8x-variant heeft het negatiefste exploitatiesaldo. Dit negatieve saldo valt te verklaren doordat in deze variant de (vele) extra treinen niet in verhouding staan tot de (beperkte) extra vervoerwaarde die dit oplevert. Overigens betekent dit niet per se dat stations uit de Bundeling 8x-variant – zoals Leek of Lemmer – niet exploitabel zijn. Daarvoor kan in het vervolg gekeken worden wat het effect van het toevoegen van deze stations in een variant met minder hoge treinfrequenties is. Hetzelfde geldt in mindere mate voor de Zuidelijke variant.

De Afsluitdijkvariant scoort ondanks de lagere vervoerwaarde ten opzichte van de andere varianten ook positief. Dit valt met name te verklaren doordat er relatief weinig nieuwe treinkilometers en daarmee relatief minder kosten bijkomen omdat er op grote delen van de route van reeds bestaande treinseries (en dus bestaande kosten) gebruik wordt gemaakt.

5.5. Verbinding naar Duitsland

5.5.1. Investeringsraming (indicatief)

Een nieuw tracé van Groningen (of Assen) naar de Nederlandse-Duitse grens is al gauw zo'n 50 kilometer lang. Uit de kilometerprijzen zoals bepaald voor de verschillende basisalternatieven kan een grove inschatting van de investeringskosten gegeven worden als een nieuw aangelegd moet worden tot aan de grens. Deze is 2,5 tot 5 miljard, exclusief dure inpassingsmaatregelen, zoals bij voorbeeld boortunnels.

5.5.2. BOV-kosten

Parallel aan paragraaf 5.3 is de inschatting van de BOV-kosten minimaal € 5 miljoen per jaar, maar kan oplopen tot meer dan € 50 miljoen per jaar, als ook sprake is van bijvoorbeeld (boor)tunnels).

6

Vergelijking alternatieven

6.1. Objectieve vergelijking alternatieven

Het Onderzoek Lelylijn-alternatieven heeft een grote hoeveelheid aan data opgeleverd. In Tabel 55 zijn de onderzoeksresultaten gerangschikt.

Kenmerken	Bundeling	Afsluitdijk	Zuidelijk
Rijtijden alternatieven (Intercity)			
Groningen-Amsterdam Zuid	2x: 83 min. (-36 min.) via Heerenveen 4x: 70 min (-49 min.) via zuidelijk H'veen 8x: 77 min. (-42 mn.) via H'veen-Noord	4x: 107 min. (-17 min.)	4x: 87 min. (-32 min.)
Leeuwarden-Amsterdam Zuid	2x: 81 min. (-40 min.) 4x: 78 min. (-43 min.) 8x: 74 min. (-47 min.)	4x: 78 min. (-47 min.)	4x: 80 min. (-41 min.)
Assen-Amsterdam Zuid	-	-	4x: 69 min. (-33 min.)
Dagelijks gebruik Lelylijn (gemiddelde werkdag)			
Aantal ritten op de Lelylijn	2x: 35.000, 4x: 41.000, 8x: 52.000	17.000	28.000
Waarvan nieuwe treinritten per dag t.o.v. referentie (situatie zonder Lelylijn)	2x: 19.300, 4x: 22.400, 8x: 25.700	6.900	10.300
Lengte nieuw spoor (200 km/u)	123 km	84 km	98 km
Waarvan lage baan	67 km	35 km	76 km
Waarvan hoge baan	30 km	13 km	15 km
Waarvan kunstwerk	21 km	37 km	7 km
Lengte bestaand spoor	Leeuwarden-Heerenveen, 29 km, 140 km/u	Leeuwarden-Groningen, 54 km, 120/140 km/u	Assen-Groningen, 28 km, 140 km/u
Bijzonderheden	Entree Groningen, Natura 2000 Leekstermeer en Van Oordt's Mersken, Passage Heerenveen, Aquaduct Scharsterrijn, NNN Tsjûkemar, Zinktunnel Ketelmeer	Entree Groningen, Leeuwarden, Brug IJsselmeer 35 km, Boortunnels spuisluizen (2x), Natura 2000 IJsselmeer	Zinktunnel Ketelmeer
Kruisingen weg/water/energie	90	62	102
Waterveiligheid	Kruising 2 primaire waterkeringen	Doorkruising 3 primaire waterkeringen en ligging parallel aan Afsluitdijk	Kruising 2 primaire waterkeringen
Watercompensatie	Min. 28.500 – max. 32.500 m2	Max. 64.800 m2	
Natuurgebieden			
Doorkruising in km	Max. 11,5 km		
Compensatie NNN	58-65 ha	24-28 ha	85-100 ha
Doorkruising in km	Max. 4,1 km		
Compensatie Natura 2000	17-20 ha	150-175 ha	-
Percelen	850-950	500-600	700-800

Tabel 55. Kengetallen ten behoeve van de vergelijking van de alternatieven.

6.2 Aanbevelingen

Gedurende de uitvoering van het Onderzoek Lelylijn-alternatieven zijn er inzichten opgedaan over de wijze waarop het onderzoek is uitgevoerd. Zowel op inhoudelijk vlak als op proces. Voor de vervolgfases zijn een aantal aanbevelingen te doen.

Samenwerking met stakeholders: veel capaciteit en onderlinge discussie
Gedurende het proces zijn tijdens de provincie-ateliers de resultaten gedeeld en is input opgehaald bij de stakeholders. Het verdient aanbeveling dit proces in de vervolgfases ook voort te zetten en te intensiveren. Het project de Lelylijn kenmerkt zich door een uitzonderlijk groot aantal stakeholders met zeer verschillende belangen. Voor een gedegen en zorgvuldige besluitvorming in het vervolgproces vraagt dit veel momenten van afstemming en daarom veel tijd en capaciteit voor het faciliteren van de afstemming tussen project en stakeholders. Daarbij is een belangrijk element de discussie tussen de stakeholders. Geadviseerd wordt om ook regelmatig het gesprek tussen de stakeholders te faciliteren. In dit onderzoek hebben stakeholders constructieve discussies gevoerd waarbij zij de verschillende belangen met elkaar bespraken en hierdoor een goed beeld van de situatie ontstond (vanuit verschillende invalshoeken). We adviseren om dit gesprek in de volgende fases ruimschoots en regelmatig te voeren.

Ontwerp en kosten
De focus heeft in het voorliggende onderzoek gelegen op het uitwerken van drie basisalternatieven en het ramen van de kosten. Dit heeft de volgende inzichten opgeleverd voor het vervolg:

- In de vervolgfase als eerste stap in te zoomen op de Entree Groningen en de kruising Heerenveen en hiervoor te overwegen om aparte trajecten op te starten. Deze ontwerpuitdagingen zijn zeer complex en verdienen met oog op de relatie met (binnenstedelijke) planontwikkeling en veelal de aanwezigheid van veel nadere kruisende infrastructuur verdergaande uitwerking. Knelpunten in verschillende varianten moeten gezamenlijk met stakeholders worden geanalyseerd en voorzien worden van realistische oplossingen. De analyse dient met open vizier te worden aangevlogen om met open blik knelpunten en oplossingen te benaderen.
- In een vervolgfase in afstemming met NOVEX/ruimtelijke ordening keuzes te maken voor de stations (ligging, inpassing) en de beschikbare ontwikkelruimte. Keuze voor bijvoorbeeld een hoge of lage spoorbaan moeten gemaakt worden vanuit een integrale afweging stedenbouw/techniek. Met name de woningbouwplannen van Leeuwarden (rondom Werpsterhoeke), Heerenveen (binnenstedelijk of niet) en Groningen (relatie met binnenstedelijke plantwikkeling) spelen hierbij een prominente rol.
- Defensie is zich actief aan het oriënteren op uitbreiding van zowel activiteiten als locaties. In het Nationaal Programma Ruimte voor Defensie staat welke activiteiten en locaties Defensie wil uitbreiden. Het gaat bijvoorbeeld om oefeningen met helikopters en explosieven en munitieopslag. Daarnaast is er voor elke provincie een apart plan. Voor de provincie Drenthe is o.a. de vergroting van het oefengebied Zuidwest Assen benoemd hetgeen een direct raakvlak heeft met het onderzochte Zuidelijk basisalternatief. Ook voor Friesland, Groningen en Flevoland zijn opgaves benoemd. Aanbevolen wordt bij de verdere uitwerking dit raakvlak mee te nemen in de vervolgfase en met het Ministerie van Defensie in overleg te treden over de verdere uitwerking van de alternatieven in relatie tot de ruimtelijke opgaves.
- De projecten Lelylijn en 380kV (specifiek de deeltrajecten Ens-Vierverlaten en Ens-Diemen) zijn beiden in voorbereiding. Het 380kV-project loopt daarbij planningstechnisch voor op de Lelylijn (380kV is al verkenning, Lelylijn nog Onderzoek). Beide projecten beschouwen een bundeling met de bestaande rijkswegen A6/A7 als kansrijke optie (inclusief daarbij horende gebiedsontwikkeling, zoals in NOVEX onderzocht). Voorkomen moet worden dat keuzes in 380kV resulteren in onmogelijkheden voor de Lelylijn. Aanbevolen wordt om de inpassing van de verschillende tracés op elkaar aan te passen en gezamenlijk te streven naar een meest optimale oplossing. In het vervolgtraject is het noodzakelijk om gezamenlijk knelpunten te analyseren en verschuivingen van tracés

en optimalisaties te onderzoeken (effecten en beperkingen inclusief kosten). Dit moet gebeuren voordat de 380kV-verkenning overgaat tot besluitvorming over het voorkeursalternatief.
- In de vervolgfase om in ieder geval een quick scan 'vergunbaarheid' uit te voeren voor alle tracés die dan uitvoerig onderzocht worden. In dit onderzoek zijn door middel van een eerste analyse van de omgevingseffecten genoemd. De quick scan 'vergunbaarheid' moet inzicht geven in de eventuele showstoppers/juridische haalbaarheid.
- In de vervolgfase direct landschapsarchitecten en ecologen in het projectteam te plaatsen om hiermee de tracés uit te werken, zodat een optimale afweging gemaakt kan worden tussen de tracering, landschap en ecologie. Het gaat hierbij met name om bodem- en watersturend ontwerpen en doorsnijding van Natura2000 gebieden in ieder geval betrokken worden.

Vervoerwaarde en dienstregeling

De focus heeft in het voorliggende onderzoek gelegen op het krijgen van gevoel voor de bal. Daarbij zijn bewust bepaalde uitgangspunten met elkaar gedefinieerd (o.a. geen landelijke dienstregelingsaanpassing, bepaald materieel verondersteld). Het verdient het aanbeveling om in het vervolg:

- In te zetten op een uitgebreide landelijke dienstregelingsstudie (conform de werkwijze van ProRail); waarbij de volledige spoorkaart/dienstregeling van Nederland wordt aangepast. Daarin kunnen dan bijvoorbeeld ook opvolg-, keer- en halteertijden, opstelcapaciteit, halteercapaciteit en overstaprelaties op knopen worden meegenomen en kan gedetailleerder gekeken worden naar benodigde ruimte voor brugopeningen, materieelinzet intercity/stoptrein, goederenpaden, kruisingen en inhalingen. Met andere woorden: De logistieke uitgangspunten dienen eenduidig te worden vastgelegd. Ook kunnen varianten beschouwd worden, waarbij er wordt gedifferentieerd in snelheid van intercity's (200 km/u) en stoptreinen (160 km/u).
- In de vervolgfase ook nadrukkelijk de consequenties voor frequenties op het bestaande spoor mee te nemen (Zwolle-Leeuwarden/Groningen en Hanzelijn).
- In de vervolgfase spreiding van reizigers en de ligging van treinseries op met name de Flevolijn (en afhankelijk van de besluitvorming ook de Zaanlijn) verder te verdiepen. Nu zijn eindigende treinseries doorgetrokken naar de noordelijke provincies. Qua ligging kan het ook interessant zijn om de bestaande treinserie via Zwolle over de Lelylijn te laten rijden en de eindigende treinseries door te trekken naar Zwolle (e.v.).
- In de vervolgfase het onderliggende OV-netwerk ook aan te passen op elk van de door te rekenen dienstregelingsvarianten voor de Lelylijn. Daarmee kan de vervoerwaarde beter worden gemodelleerd en ontstaat ook inzicht in de consequenties voor het onderliggend OV.
- In de vervolgfase de exploitatiekosten- en baten per treinserie en los van het totale spoornetwerk inzichtelijk te maken. Nu is er gekeken naar het exploitatiesaldo (landelijk) van een alternatief met Lelylijn versus de referentie zonder Lelylijn. Het is wenselijk hierbij ook de vervoerders te betrekken.
- In de vervolgfase nader in te zoomen op de knoop Heerenveen met betrekking tot de vervoerwaarde. Met name op de as naar Leeuwarden lijkt het ons wenselijk varianten met een rechtstreekse verbinding via een aan te leggen verbindingsboog te zetten naast een variant met overstap.
- In de vervolgfase eerst een aantal ontwerp-keuzes te maken, voordat de vervoerwaarde studie-aanvang vindt, zodat onder andere concrete keuzes kunnen worden gemaakt met betrekking tot noodzaak en ligging van passeer- en perronsporen.

Bijlagen

Bijlage 1 – Afkortingen en begrippen

Afkorting of begrip	Verklaring
BS	Bovenkant Spoorstaaf
CE	Cost Engineer
CBS	Centraal Bureau voor Statistiek
Deutschlandtakt	Deutschlandtakt staat voor een op dienstregeling gebaseerde uitbreiding van de spoorweginfrastructuur in Duitsland, zowel voor personen- als goede-renvervoer. Daarmee is de Deutschlandtakt het centrale kompas voor een optimaal gebruik en infrastructurele ontwikkeling van het Duitse spoorwegnet.
DRU	dienstregelingsuur
ENL	ERTMS Noordelijke Lijnen
ERTMS	European Rail Traffic Management System
HSLZuid	Hogesnelheidslijn Zuid
ICNG5-materieel ICNG8-materieel	Intercity Nieuwe Generatie Het getal staat voor het aantal bakken (wagons), waaruit de trein is samengesteld
IMA	Integrale Mobiliteitsanalyse (2021)
LMS	Landelijk Model Systeem, het gebruikte vervoermodel voor de vervoerwaardestudie
MIRT	Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NEN	Stichting Koninklijk Nederlands Normalisatie-Instituut
NEN-EN	NEN-EN is de aanduiding van Europese normen (EN) overgenomen in Nederland en gepubliceerd door het Nederlands Normalisatie-Instituut NEN. Voor Europese normen geldt dat deze in alle Europese lidstaten geldig zijn en eventuele eerder bestaande landelijke normen vervangen.
NNN	NatuurNetwerk Nederland
NOVEX	In het programma NOVEX werken alle overheden samen aan een plan voor de inrichting van Nederland. Daarvoor moet eerst duidelijk zijn wat de ruimtevragers zijn, wat er ruimtelijk moet worden ingepast. Zowel nationaal als regionaal. De nationale doelen en belangen zijn samengebracht in een startpakket. Dit startpakket vormt de basis voor het leggen van de ruimtelijke puzzel per provincie. De twaalf provincies gaan nu aan de slag om - met de waterschappen en gemeenten - de nationale opgaven en doelen ruimtelijk te vertalen, te combineren en in te passen in de provinciale plannen. Want pas regionaal wordt duidelijk waar de kansen liggen en waar het knelt.
OVS	Ontwerpvoorschrift ProRail
Rheda-systeem	Spoorsysteem, waarbij d spoorconstructie direct op een betonnen onderbouw gemonteerd wordt; zonder ballast
RWS	Rijkswaterstaat
Tailtrack	Keerspoor
TSI	Technical Specifications for Interoperability
Vf-waarde	Waarde van de verplaatsingsfactor, dat de autoreistijd deelt door de reistijd met OV
Xandra	Simulatietool van Arcadis waarmee rijtijden met treinmaterieel op baanvakken kan worden gesimuleerd

Tabel 56. Afkortingen en begrippen.

Bijlage 2 – Brondocumenten

Titel	Referentie/Nummer	Organisatie	Datum	Versie	Status
De Zuiderzeelijn Ontwerp / Kosten / Effecten Beschrijving resp. visualisering van • een op hoofdlijnen uitgewerkt ontwerp, • de keuzes omtrent de inpassing, • de raming van de investeringskosten en • de resultaten van de effectbepaling voor verschillende alternatieven van een snelle verbinding tussen de Randstad en het Noorden	Geen	Ministerie van Verkeer en Waterstaat Directoraat-Generaal Personen-vervoer Projectgroep Zuiderzeelijn	28 december 2000	Versie 2	Definitief
Integrale Mobiliteitsanalyse 2021, Deelrapport Spoor en BTM	Geen	ProRail	Geen	Geen	Geen
Notitie Bestaande baan	Geen	Projectgroep Zuiderzeelijn	20-07-2000	Geen	Geen
Uitgangspunten Baan & Spoor	Geen	Projectgroep Zuiderzeelijn	29-08-2000	1.0	Geen
Bevindingen t.b.v. Package deal	Geen	inno-V en W+B	20-11-2020	Geen	Geen
Ontwerpsessies Lelylijn, Een inventarisatie van de hoeken van het speelveld als allereerste stap van de MIRT voorbereidingsfase	135909/23-012.864	Witteveen+Bos, AT Osborne, VINU	03-08-2023	Geen	Definitief
Scenario's uitbreiding treindienst Groningen Leeuwarden Uitkomst quick scan	Geen	ProRail	28-09-2022	V2	Geen
Internationale positie van de Lelylijn	BJ2630-RHD-ZZ-XX-RP-Z-D001	RoyalHaskoningDHV	1 september 2023	01	Definitief
QuickScan Kansen en bedreigingen voor Lelylijn en nieuwe 380 kV hoogspanningsverbindingen	X27--HS-RAP-23007240	Movares	19-10-2023	1.0	Vrijgegeven
Achtergrondrapport Ontwerp en Kosten	LL - OenK	Arcadis	26 juli 2024	B	Definitief
Kwalitatieve beoordeling milieuaspecten alternatieven Lelylijn	JKSS7FFX47HV-1323365641-12304:1FX47HV-1323365641-12304:1	Arcadis	19 juni 2024	1.0	Concept
Onderzoek Spoorinnovatie op Lelylijn	ARCLLIN.001	Arcadis	7 juni 2024	1.0	
Alle relevante OVS'en spoor en baan, alignement, stations, TEV, geotechniek enzovoorts	Geen	ProRail	Vigerend op 1 oktober 2023		
Alle ontwerprichtlijnen van RWS zoals ROA en RONA en andere organisatie	Geen	RWS e.a.	Vigerend op 1 oktober 2023		

Tabel 57. Brondocumenten.

Bijlage 3 – Begrippen en werkwijzen nader uitgelegd

Als aanvulling op hoofdstuk 4 geven we hieronder een compleet beeld van begrippen en werkwijzen.

Analyse bestaand spoor

Met de komst van de Lelylijn op bestaand spoor komen er 2 (of 4) treinen per uur per richting extra bij op delen van het bestaande spoor. Vanuit ontwerp analyseren we op hoofdlijnen (expert judgement) welke impact dit heeft op de infrastructuur (spoor, weg, water) en omgeving. Ook beschouwen we of een snelheidsverhoging mogelijk is en hoe deze gerealiseerd kan worden. De reden dat we dit onderzoeken is, omdat vanuit de Provincie-ateliers de vraag meerdere keren naar voren kwam, waarom er niet gestreefd wordt naar een snelheidsverhoging op het bestaande spoor tot bijvoorbeeld minimaal 200 km/u, zodat 'nieuw spoor' vergelijkbaar wordt met 'bestaand spoor'.

Is een snelheidsverhoging op bestaand spoor mogelijk?

Ondergrond in relatie tot mogelijke snelheidsverhoging

Is een snelheidsverhoging mogelijk op (delen van) het baanvak bezien vanuit de ondergrond? Zie ook paragraaf waarin we concluderen dat het zinvol is een snelheidsverhoging te overwegen als de ondergrond uit zand bestaat.

Spoorafstand bij een dubbelsporig baanvak

Als de ondergrond uit zand bestaat onderzoeken we in hoeverre de spoorafstand (bij een dubbelsporig baanvak) voldoende is om een snelheidsverhoging door te voeren. Zo nee, is dit vrij eenvoudig op te lossen of zijn er juist veel dwangpunten?

Aanpassingen aan het spooralignement

Als de ondergrond uit zand bestaat en de spoorafstand voldoet of op de juiste afstand gebracht kan worden, onderzoeken we in hoeverre met het aanpassen van de verkanting in het spoor of boogverruimingen de snelheid verhoogd kan worden. In veel gevallen levert het aanpassen van de verkanting slechts een snelheidsverhoging op in ordegrootte van 10 tot 20 km/u. Bijvoorbeeld omdat er al sprake is van een maximaal toelaatbare verkanting of omdat er ter plaatse ook treinen met lagere snelheid rijden. Dit laatste is het geval als een boog kort bij een station ligt.

Ook de aanwezigheid van een overweg in een boog kan een beperking opleveren voor de maximale verkanting, omdat de overweg anders niet meer berijdbaar is voor het wegverkeer. Een oplossing is om de overweg dan te vervangen door een ongelijkvloerse kruising.

Als het verhogen van de verkanting niet voldoende oplevert, dient de boog te worden verruimd. Dit betekent dat de spoorbaan over enkele honderden meters moet worden opgeschoven, met als mogelijk gevolg allerlei ruimtelijke consequenties.

Maatregelen aan bestaande overwegen of opheffen van overwegen

Door een verhoging van de baanvaksnelheid en/of een verhoging van de treinfrequentie en/of een toename van het aantal sporen op een overweg van 1 naar 2 vermindert de overwegveiligheid. Een achteruitgang in overwegveiligheid dient conform de Beleidsagenda Spoorveiligheid 2020-2025 met maatregelen gecompenseerd te worden, zodanig dat de overwegveiligheid in totaliteit er niet op achteruit gaat.

Bij het verhogen van de snelheid op een baanvak gelden in Nederland twee regimes:

- Boven de 140 km/u zijn overwegen niet toegestaan en moeten worden vervangen door ongelijkvloerse kruisingen.
- Tot 140 km/u wordt de overwegsituatie beschouwd vanuit de optiek van de overwegveiligheid over het gehele baanvak. Dit betekent dat de afname van overwegveiligheid door de initiatiefnemer met maatregelen zodanig moet worden gecompenseerd dat de totale overwegveiligheid op het baanvak niet vermindert.

Per trajectdeel bepalen we het aantal en type overwegen. Met een overwegspecialist is een beeld gevormd in hoeverre de (voorlopige) wijzigingen invloed hebben op de overwegen en in hoeverre we dit met maatregelen aan een overweg kunnen mitigeren of dat we toch een aantal overwegen ongelijkvloers moeten maken. Daarbij dient de volgende kanttekening gemaakt te worden. De in dit rapport beschreven uitkomsten zijn tot stand gekomen op basis van de huidige aanwezige overwegen, het huidige overwegenbeleid en de huidige bekende ontwikkelingen op en rondom overwegen. De Lelylijn is een langetermijnproject. Dat betekent dat er in de tussentijd nog overwegsituaties kunnen veranderen. Ook kunnen er tegen die tijd meerdere projecten uitgevoerd zijn of nog uitgevoerd worden die invloed hebben op overwegen, zoals woningbouwprojecten, het bouwen van rondwegen (inclusief het opheffen of afwaarderen van overwegen) en/of andere spoor- of wegenprojecten die invloed hebben op overwegen. Ook kan in de tussentijd het beleid van overwegen gewijzigd zijn, waardoor bepaalde type overwegen eerder aangepast of opgeheven (moeten) worden. Daarmee is er nu nog geen zekerheid over het aantal en type maatregelen dat nodig is om de toename in onveiligheid die veroorzaakt wordt door het project Lelylijn te compenseren. De nu door Arcadis voorgestelde maatregelen dienen dan ook als een inschatting en daarmee als hulpmiddel gezien te worden voor het kunnen bepalen van de totaal benodigde kosten voor de Lelylijn.

Er is geen uniforme kwantitatieve methodiek beschikbaar waarmee de toename van het risico en de afname als gevolg van maatregelen cijfermatig kan worden berekend. Wel kan een kwalitatieve analyse worden gedaan. Het aandeel "expert opinion" in een risicoanalyse overwegen is groot. Om zeker te zijn van de omvang en inhoud van een maatregelenpakket moet dit pakket met belangrijke stakeholders zoals ProRail en Inspectie Leefbaarheid en Transport (ILenT) worden besproken. Voor deze quickscan is wel overleg met ProRail geweest maar niet met de ILenT.

Maatregelen aan beweegbare bruggen

Per baanvak (of deel ervan) bepalen we het aantal beweegbare burgen. Door de extra treinen wordt het aantal minuten per uur dat een brug open kan voor scheepvaart verminderd. We schatten globaal in in hoeverre dit door de komst van de Lelylijn gecompenseerd moet worden.

Risico

De inschatting van de mate van compensatie is verkeerd.

Van enkelspoor naar dubbelspoor

In het geval van enkelspoor: aan welke zijde en over welke lengte moet het enkelspoor verdubbeld worden? En is dit eenvoudig in te passen of juist moeilijk? En over welke lengte? Overigens is dit mede afhankelijk van welke dienstregeling gereden gaat worden met bijbehorende frequentie treinproduct (stoptrein of IC).

Een spoorverdubbeling vraagt meestal om de volgende maatregelen (niet uitputtend):

1. Verbreden van de spoorbaan;
2. Verplaatsen of aanbrengen van een spoorsloot;
3. Het verbreden of nieuw aanbrengen van kunstwerken om andere infrastructuur, zoals (water-)wegen en kabels en leidingen te kruisen;
4. Aanbrengen en aansluiten van de spoorse systemen, zoals het spoor, bovenleiding, treinbeveiliging, diverse ondersteunende installaties.

Elektrificatie bestaand spoor

In het geval een niet-geëlektrificeerd baanvak: over welke lengte moet het baanvak geëlektrificeerd worden en hoeveel onderstations moeten er gebouwd worden? In het geval van een grensovergang Nederland-Duitsland op een bestaande spoorbaan beschouwd wordt moet ook rekening gehouden worden met de verschillen in tractie-energievoorziening, namelijk in Nederland 1.500 V gelijkstroom en in Duitsland 15 kV wisselstroom. Daar waar het Nederlandse overgaat in het Duitse systeem (en vice versa) moet een spanningssluis (zie ook paragraaf 0) worden gebouwd. Als het baanvak al geëlektrificeerd is dan bestaat de kans – door de komst van extra treinen – dat de voeding (onderstations) verzwaard moet worden.

Geluidmaatregelen

Gangbare geluidsmaatregelen zijn raildempers en geluidschermen. Met raildempers is een geluidreductie tot circa 3 dB mogelijk. Hierboven zijn geluidsschermen noodzakelijk. De effectiviteit van geluidschermen is afhankelijk van de hoogte van het geluidscherm en de situering van bron en ontvanger. Een eerste voorwaarde voor een goed functionerend geluidscherm is dat de zichtlijn duidelijk onderbroken moet zijn. Voor hoogbouw heeft een geluidscherm vrijwel geen effect. In deze studie is een eerste globale analyse en uitwerking van de benodigde maatregelen gedaan. In een volgende projectfase moet meer in detail naar dit aspect gekeken worden.

In afstemming met onze geluidspecialist zit er vaak langs het bestaande spoor nog wel wat geluidsruimte. Minimaal 1,5 dB of zelfs meer bijvoorbeeld in geval van zogenaamde 'dunne lijnen'. Maar dit kan ook weer te rooskleuring zijn. ProRail moet elk jaar een nalevingsverslag opstellen om aan te geven hoe het staat met de geluidsituatie en het voldoen aan de vastgestelde geluidproductieplafonds (gpp's). In het nalevingsverslag voor 2022 (meest actuele versie) blijkt dat er wel een aantal punten of een overschrijding aanwezig is of dat er minder dan een halve dB ruimte is en dat er ter plaatse een gpp-overschrijding dreigt. Maar dit voert te ver voor deze studie om zoveel detail te beschouwen.

De verwachting is dat geluidsmaatregelen voornamelijk in stedelijke gebieden met woningen of andere geluidgevoelige bebouwing toegepast moeten worden. Voor het bestaande spoor gaan we nu uit van de bestaande baanvaksnelheden. Verhoging van de rijsnelheid onderzoeken we alleen als de ondergrond uit zand bestaat. En dat komt niet zo vaak voor in Noord-Nederland.

We bepalen per trajectdeel het aantal strekkende kilometers bestaand spoor dat door steden en dorpen loopt. Aanname hierbij is dat voor 50% hiervan geen geluidsmaatregelen genomen hoeven te worden. Met als reden: er is nog geluidsruimte en/of de (woon)bebouwing ligt op relatief grotere afstand, waardoor geen geluidmaatregelen toegepast hoeven te worden. Van de andere 50 wel, waarbij 25% van de lengte door stedelijk gebied wordt ingevuld door het toepassen van raildempers op beide sporen en voor 25% van de lengte door stedelijk gebied een geluidscherm met een hoogte van 2,0 meter boven BS (Bovenkant Spoor), inclusief raildempers in beide sporen. Het scherm wordt aan 1 zijde of beide zijden van het spoor geplaats afhankelijk of de woonbebouwing ook aan 1 of 2 zijden van het spoor zich bevindt.

Risico's

In dit stadium van het project gaan we voorbij aan het volgende:

- Geluidmaatregelen gerealiseerd in het kader van het MeerjarenProgramma Geluid (MJPG). Uit een quick scan van deze informatie blijkt dat er in Schagen, Wolvega, Heerenveen, Leeuwarden, Assen, Tynaarlo en Groningen maatregelen gepland staan, maar nog niet altijd bekend. Opvallend is dat de gemeente Heerenveen in een brief (2015) aan ProRail kenbaar heeft gemaakt dat zij geen geluidsschermen in hun gemeente wensen. Of dit nu nog steeds zo is, is onbekend. Het risico is dat in een later stadium (planuitwerking) van de Lelylijn gerealiseerde geluidmaatregelen in het kader van MJPG gewijzigd worden. We benoemen hiertoe een risico in het risicodossier.
- In bestaande tracés bevinden zich ongetwijfeld 1 of meer stalen bruggen. Bij een frequentietoename en/of snelheidsverhoging zijn mogelijk dure mitigerende maatregelen benodigd. Ook hiervoor benoemen we een risico in het risicodossier.
- De realisatie van nieuwe woonwijken, waarbij de realisatie van de Lelylijn nadien plaatsvindt en de Lelylijn daardoor ook veroorzaker is van geluid. Ook hiervoor nemen we een risico op in het risicodossier.
- In het geval van de Lelylijn door landelijk gebied gaat bestaat er ook een kans dat over korte afstanden een geluidsmaatregel toegepast moeten worden, afhankelijk van de ligging van het tracé. Hiertoe nemen we ook een risico op in het risicodossier.

Voor nieuw spoor gaan we uit van dezelfde redenering, alleen dan hebben we niet beschikking over de geluidsruimte. Maar ook hier kunnen we de lengtes door/langs dorpen en steden opmeten en een inschatting maken van benodigde geluidmaatregelen.

Trillingmaatregelen

Met het verhogen van de treinaantallen en snelheden kunnen trillingen toenemen. Gezien het feit dat het over het algemeen gaat om reizigerstreinen en een enkele goederentrein verwachten we dat de toename van trillingen gering zijn. De inschatting is, dat hiervoor geen maatregelen benodigd zijn. We nemen echter wel een risico per Basisalternatief op in het risicodossier.

Stations-/ Transfervoorzieningen

Zie paragraaf 4.2.3.

Bijlage 4 – Concretisering van bouwstenen en legostenen

Inleiding

In deze bijlage geven we een logisch overzicht welke type bouwstenen we onderscheiden, welke functies deze vervullen. De lijst met voorbeelden vullen we tijdens MIRT-Onderzoek aan.

Ook werken we in deze bijlage alle legostenen uit, waaruit we de bouwstenen kunnen samenstellen.

Welke bouwstenen kunnen we definiëren

Bouwsteen	Functie(s)	Voorbeelden (nog niet compleet)
Bundelen	• Strak of minder strak bundelen met bestaande of nieuw te ontwikkelen infrastructuur. • Ongelijkvloers kruisen met kruisende infra-structuur, zoals (vaar)wegen, watergangen en kabels en leidingen derden.	• Bundelen met de rijkswegen A6, A7. A32; • Bundelen met N-wegen zoals N242; • Bundelen met de bestaande of nog te ontwikkelen hoogspanningsleidingen van TenneT; • Bundelen met Afsluitdijk (primaire waterkering);
Verbinden	• Verbinden van twee bouwstenen.	
Doorsnijden natuurgebied	• Het gelijkvloers of ongelijkvloers doorsnijden van een natuurgebied.	• natuurgebied Van Oordt's Mersken, • natuurgebied Friese Meren/Tsjûkemar
Kruisen en aantakken op bestaande spoorinfrastructuur	• Ongelijkvloers kruisen van de bestaande spoor-infrastructuur. • Gelijkvloers in- en uittakken op de bestaande spoorinfrastructuur.	• inpassing/aanlandig bij Lelystad • inpassing/aanlanding bij Alkmaar/ Heerhugowaard • bestaande lijn Leeuwarden – Zwolle, nabij bij Heerenveen (met wel of niet een directe verbinding naar Leeuwarden); • bestaande spoorlijn Groningen-Meppel nabij Assen; • inpassing/aanlanding in Groningen (met inzicht in de (on) mogelijkheden van het doorrijden naar Duitsland en/of Assen);
Ongelijkvloers kruisen grote vaarwagen/ wateren	• Ongelijkvloers kruisen.	• Ketelmeer; • De Friese Meren; • Maar ook kleinere vaar-/waterwegen, zoals Prinses Margrietkanaal;
Station	• Halteren van treinen om reizigers in- en uit te laten stappen. • Reizigers voorzien van voor- en natransport. • Reizigers voorzien van informatie.	• Station Emmeloord; • Station Heerenveen; • Station Drachten; • 'overstap' in noordwest Fryslân: Witmarsum;
Bestaand spoor	• Dienstregeling mogelijk maken op bestaand spoor.	• Alkmaar/ Schagen/ Heerhugowaard naar Amsterdam Centraal/ Amsterdam Zuid/ Schiphol; • Lelystad naar Amsterdam Centraal/ Amsterdam Zuid/ Schiphol; • Meppel–Leeuwarden; • Assen–Groningen; • Leeuwarden–Groningen; • Franeker–Leeuwarden;
Internationale verbinding		• Groningen-Oldenburg • Assen-Bremen

Tabel 58. Bouwstenen met bijbehorende functie(s).

Welke legostenen kunnen we definiëren

Civieltechnische legostenen

Per bouwsteen beschrijven we hieronder welke civieltechnische (en bouwkundige) legostenen mogelijk zijn. Misschien dat tijdens ontwerp- of participatiesessies hier nog legostenen bij komen. Met de projectgroep Lelylijn moeten we met elkaar vaststellen wat in eerste instantie de meest voor de hand liggende combinatie van legostenen leidt tot een logische bouwsteen. Analoog aan het definiëren van civieltechnische legostenen kunnen we ook systeemtechnische en bijzondere legostenen definiëren. Deze zijn nodig om een traceerbare en onderbouwde investeringsraming op te kunnen stellen.

Legosteen Spoorbaan: lage en hoge spoorbaan, grondverbetering

Zie paragraaf 4.2.1.

Legosteen Kunstwerken

We maken onderscheid tussen kunstwerken voor de weg en het spoor. Aangezien de belasting bij wegen lichter is, zijn bijvoorbeeld de dekken van kunstwerken voor wegverkeer goedkoper dan die voor het spoor. De variëteit in kunstwerken is groot, maar omdat het om een kosteninschatting is beperken we ons tot de volgende kunstwerken.

Spoor (enkelspoor en dubbelspoor; in principe geschikt voor spoor in ballast, maar ook toe te passen met een vaste spoorstaafbevestiging):

- Viaduct,
- Plaatbrug (is goedkoper dan een viaduct en kan toegepast worden in situaties waar niet andere infrastructuur gekruist hoeft te worden; kan ook toegepast worden als de combinatie van zandlichaam met een grondverbetering wat betreft invetseringskosten duurder wordt dan een plaatbrug),
- Dive under / verdiepte ligging,
- Pergolaconstructie (toe te passen bij zeer flauwe kruisingshoeken over bijvoorbeeld een weg),
- Trogbrug,
- Aquaduct,
- Plaatbruggen in openwater,
- Tunneltechnische Installaties (TTI) voor aquaduct / dive under / verdiepte ligging,
- Afzinktunnel,
- Boortunnel.

Wegen (beperkter):

- Dek (in combinatie met tweemaal een talud en puingranulaat met asfaltverharding).

Bij het bepalen van de lengte van een overspanning houden we rekening met het volgende:

- Te overspanningen lengte (ook rekening houden met scheve kruisingshoeken);
- Aan weerszijden een berm van 4,0 (weg), water (3,0 meter of 2,0 meter (fietspad);
- Een hooggelegen landhoofd een talud van 1:1,5.

Hierbij gaan we voorbij aan het feit dat er ook ruimte nodig is voor bijvoorbeeld kolommen of een geleidingsrail). Maar met talud van 1:1,5 kan ook steiler opgezet worden (1:1).

Legosteen Spoor

Uitgangspunt is:

- Spoorconstructie (ontwerpsnelheid maximaal 200 km/u): spoor in ballast.
- Spoorconstructie (ontwerpsnelheid hoger dan 200 km/u): Vast bevestigd op een betonbaan; bijvoorbeeld het Rheda-systeem zoals toegepast op het noordelijke deel van de HSL Zuid. Overigens heeft ProRail hier geen vigerend ontwerpvoorschrift voor.
- Wisseloverlopen voor onder andere bijsturing: gemiddeld iedere 10 km een dubbele wisseloverloop met wissels met een hoekverhouding 1:15 (geschikt om met 80 km/u afbuigend te kunnen berijden). Dit is gebaseerd op het aantal dubbele wisseloverlopen op de Hanzelijn. Bij de definitieve levering van de investeringsraming checken we of deze aanname juist is. Wissels zijn vrijgegeven voor maximaal 200 km/u

rechtdoorgaand (zonder beweegbaar puntstuk). Voor snelheden boven 200 km/u is een wissel met beweegbaar puntstuk nodig (niet in catalogus ProRail voorhanden).
- In- en uittakwissels met een hoekverhouding 1:15 (geschikt voor 80 km/u krom bereden) of 1:29 (geschikt voor 140 km/u uur krom bereden).

Legosteen Bovenleiding en Draagconstructie

Uitgangspunt is:
- Bij ontwerpsnelheden tot 160 km/u is een systeemspanning van 1.500 V DC nog mogelijk, maar de toepassing van het daarvoor benodigde Bovenleidingsysteem B4 staat onder druk. Een gemiddelde veldlengte van 55 meter is aangehouden en de sectielengte op 1.200 meter.
- Bij ontwerpsnelheden boven 160 km/u zijn binnen de Railinfracatalogus van ProRail geen vrijgegeven bovenleidingsystemen mogelijk. De Hogesnelheidslijn met 300 km/u valt bijvoorbeeld buiten de beheertaak van ProRail. Een gemiddelde veldlengte van 60 meter is aangehouden met een sectielengte van 1.600 meter.

Het toe te passen bovenleidingsysteem bij snelheden vanaf 160 km/u is dus nog niet zeker. Hiervoor nemen we voor het bepalen van de investeringskosten een reële aanname.

Voor de toeslag op een wissel is ervoor gekozen om deze apart bij het wissel op te bouwen met palen en draden.

Spanningssluis

Afhankelijk van de keuze voor het toe te passen spanningsniveau (25 kV of 1500 V) zijn al dan niet spanningssluizen noodzakelijk om bij aansluiting op bestaande infra de overgang tussen verschillende spanningsniveaus mogelijk te maken. Uitgaande van 1500 V op bestaande infrastructuur en (indien gekozen) 25 kV op de Lelylijn is op alle locaties waar aangesloten wordt op bestaande infrastructuur een spanningsluis benodigd.

Er zijn twee soorten overgangen mogelijk:
- Als een nieuw tracé van de Lelylijn doorgaand overgaat in bestaande infrastructuur (intakking) is de spanningssluis vlak voor de intakking op de Lelylijn gesitueerd.
- Als een nieuw tracé van de Lelylijn doorgaand een eigen route volgt, bestaande infra kruist en er een verbindingsboog tussen Lelylijn en bestaande infra wordt gerealiseerd, wordt de spanningssluis op de verbindingsboog gesitueerd. Hieraan kleven mogelijke ontwerprisico's in de vorm van inpasbaarheid van de spanningssluis in relatie tot een eventuele beveiligingstransitie op dezelfde plek, kunstwerken in de verbindingsbogen, verticale (steile) hellingen in de verbindingsbogen.

Risico

Het risico bij spanningsluizen is dat door een lastige inpassing ervan mogelijk ook de infrastructuur zelf (kunstwerken, hellingen en dergelijke) te gunstig aangenomen is in het huidige ontwerp en bij een verdere uitwerking van het ontwerp duurder wordt.

Legosteen Tractievoeding

Uitgangspunt is:
- Voor het reguliere 1500 V-systeem is als onderlegger gebruikt de nieuwbouw van OS Driebergen-Rijssenburg. Deze is recent in dienst gesteld en de berekening is op punten aangepast zodat deze aansluit met het ontwerp van de Lelylijn. Onderstations worden op ongeveer 5 km van elkaar geprojecteerd. Let op: hier zit nog een discrepantie in aangehouden afstand bij de bepaling van de kilometerprijs met wat de EV-specialist aangeeft.
- Voor het 25 kV-systeem is als onderlegger gebruikt de opbouw zoals deze is toegepast op de Betuweroute. Dit zijn AT-stations en worden op ongeveer 11 km. van elkaar geprojecteerd. Let op: hier zit nog een discrepantie in aangehouden afstand bij de bepaling van de kilometerprijs met wat de EV-specialist aangeeft.

Legosteen Beveiligings- en beheersing

Uitgangspunt voor de Lelylijn is ERTMS hybride level 3. Als onderlegger voor de kostenbepaling is gekozen om de ERTMS-baanvakken zoals deze nu worden berekend door ProRail en de ingenieursbureaus te nemen. Hiervoor is door alle partijen een format opgesteld. Het verschil met het format is dat er voor ERTMS level 3 hybride t.o.v. ERTMS level 2 op de baanvakken minder assentellers worden geprojecteerd.

De post ERTMS bevat geen GSM-/FRMCS-infrastructuur. Navraag bij ProRail heeft opgeleverd dat de bestaande infrastructuur voldoende reserve heeft om ERTMS ook te kunnen bedienen.

Beveiligingstransitie
Er vanuit gaande dat op de Lelylijn ERTMS wordt toegepast zullen bij aansluitingen op bestaande infra mogelijk beveiligingstransities moeten worden toegepast. Afhankelijk van de voortgang van de uitrol van ERTMS in Nederland, het baanvak waarop wordt aangesloten en het moment van realisatie van de Lelylijn zijn deze transities al dan niet aan de orde.

Vergelijkbaar met transities zoals beschreven bij de spanningssluizen kan ook de situering van de beveiligingstransities in verbindingsbogen (al dan niet in combinatie met een spanningssluis) tot ontwerprisico's leiden.

Risico
Vergelijkbaar als bij de spanningsluis.

Legosteen Kabels en leidingen ProRail

Het kabeltracé heeft als uitgangspunt 90% graafwerk en 10% kabelkokers. Alles wordt geacht vrij bouwen te zijn, daar waar naast bestaande baan wordt gewerkt is dit in de L- & U-waarde opgenomen.

Voedingskabels OS naar BVL-schakelaar; hierin zijn opgenomen de kabels van en naar OS voor het sluiten van de stroomkring. In het ramingsgetal zijn ook de BVL-schakelaars opgenomen.

Voedingskabel ERTMS is gebaseerd op het EDS-ontwerp (op basis van 10 kV voeding) zoals toegepast gaat worden bij de ERTMS-baanvakken. Er worden CTS-en geplaatst voor voeding van de kasten. De CTS-en worden met elkaar verbonden met 3x1x240 mm2 Alu kabels.

Voedingskabels wissels betreffen de kabels tussen CTS en Wisselaansluitkasten [WAK] (incl.) en tussen WAK en wisselsteller(s).

Glasvezelkabels zijn inclusief multiduct en patchkasten.

Legosteen Overwegen

Kleine overwegmaatregelen betreffen het verplaatsen van bestaande AHOB-palen (inclusief kabelwerk) en het opnieuw inrichten van de overwegbevloering etc.

Overweg uitbreiden van 1 naar 2 sporen betreft het (ver)plaatsen van AHOB-palen (incl. kabelwerk), aanleg van een nieuwe overwegbevloering (rubber) en de omgeving van de overweg (hekwerken etc.)

Legosteen Station

Zie paragraaf en aanvullend hierop het onderstaande.

Perroninstallaties
Perroninstallaties bestaan uit Kaartverkoopautomaten, servicepanelen, CICO (check in check out) paaltjes (6x), perronverlichting met luidsprekers (masten op 15 meter van elkaar) en DRIS (dynamische Reizigers Informatie Systeem). Alle benodigde kabelinfra en voedingen zijn opgenomen.

Legosteen Behandel- en Serviceterrein ook wel Opstelterrein

Afhankelijk van de frequentie van de treindienst, rijtijden, percentage treinen in onderhoud en keertijden op eindstations is er ook behoefte aan opstel- en servicecapaciteit. Deze varieert van 200 tot 400 bakken of zelfs meer. Een terrein voor ongeveer 200 bakken is minimaal 8 tot 10 hectare groot, afhankelijk welke voorzieningen aanwezig zijn. Gezicht kan worden in uitbreiding van bestaande opstel- en serviceterreinen of 1 of 2 geheel nieuwe terreinen ontwikkelen.

Risico
De inschatting van benodigde opstel- en servicecapaciteit is verkeerd ingeschat.

Legostenen voor mitigerende en compenserende maatregelen

Voor watercompensatie ten gevolge van het toenemen van het verharde oppervlak bij kunstwerken rekenen we 15% van het verharde oppervlak hiervan; met uitzondering van het gesloten deel van tunnels. Dit percentage is naar huidige maatstaven conservatief, maar gezien de gevolgen van de klimaatverandering (waaronder hevige regenbuien in een relatief korte tijd) is dit voor dit stadium van het onderzoek een plausibele aanname.

Voor compensatie van natuurgebieden (zowel Natura 2000-gebieden als NNN-gebieden rekenen we een aan te kopen oppervlakte van de doorsnijdingslengte maal 50 meter.

Legosteen Vastgoed

Voor grondaankopen hanteren we de volgende uitgangspunten:

- Voor een laag en hoog baanlichaam houden we een bruto breedte van 45 respectievelijk 65 meter voor aankoop van grond; vermeerderd met 25% vanwege 'overhoeken', kleine stukjes grond of juist aankoop (noodgedwongen) van hele percelen.
- Daar waar kunstwerken de huidige infrastructuur ongelijkvloers kruist gaan we uit van een vorm van 'recht van overpad'. Er hoeft dus geen grond aangekocht te worden. Uitzondering hierop vormen de zogenaamde plaatbruggen. De grond hieronder dient wel aangekocht te worden (breedte 20 meter).
- De bepaalde oppervlaktes voor water- en natuurcompensatie dienen ook aangekocht te worden.
- Voor de aankoop van landbouw- of natuurgronden (deze hebben een lagere prijs) gebruiken we de gegevens van het Kadaster (zie Figuur 73). We nuanceren de aankoopprijs voor Flevoland en de overige provincies, omdat de aankoopprijs in de provincie Flevoland ruim tweemaal zo hoog is, als in de andere provincies.
- Aankoop grond voor te verleggen wegen of wegen die de Lelylijn ongelijkvloers kruisen rekenen we niet. Is namelijk een relatief laag bedrag ten opzichte van de totale post vastgoedkosten.
- Op de opmerking van Horvat&Partners dat we bij de vastgoedbepaling vooral uitgaan van agrarische gronden geven we de volgende reden waarom dit gerechtvaardigd is. Op basis van de huidige tracéontwerpen is 90-95% van de aan te kopen gronden agrarisch. De resterende 5-10% is natuurgebied of gronden van overheden, die een lagere haprijs hebben. In het geval huizen of bedrijfspanden opgekocht moeten worden (wat vrijwel niet voorkomt) dan is de grondprijs verdisconteerd in de waarde van het vastgoed.

Ook nemen we posten op voor:

- Aankoop bebouwde en ingebruikzijnde gronden;
- Aankoop woning, inclusief verhuis- en herinchtingskosten;
- Uitkoop boerderij;
- Aankoop bedrijfspand;
- Dossier notaris (alle percelen);
- Juridische procedures (33% van het aantal van de percelen);
- Nadeelcompensatie (schatting).



Figuur 73. Agrarische grondprijs naar provincie, 4e kwartaal 2023 (Bron: Kadaster en Wageningen Economic Research).

Bijlage 5 – Review ProRail en Horvat&Partners

Review ProRail

CE Procurement (CE) is gevraagd om een toets te doen op de kostenraming(en) van de Lelylijn opgesteld door Arcadis. In een aantal korte wekelijkse overleggen is het project toegelicht met de focus op de verschillende alternatieven en de daarbij behorende ramingen. Daar alle alternatieven gebruikmaken van één prijzenboek zijn "alleen" de ramingen van de alternatieven 1 (Bundeling A6, A7, A32) en 3 (Afsluitdijk, Leeuwarden, Groningen) getoetst.

In de basis bestaat een raming uit een optelsom van ramingsposten bestaande uit "hoeveelheid maal prijs" (HxP). De hoeveelheden komen uit de gekozen ontwerpoplossingen. De ontwerpoplossingen, en de daaraan gekoppelde hoeveelheden maken geen deel uit van de toets door CE.
De prijzen in de ramingen van Arcadis worden vergeleken met beschikbare informatie bij CE. Overeenkomsten en verschillen worden gedeeld en in overleg geanalyseerd zodat in ieder geval "appels met appels" vergeleken wordt. Bij blijvend verschil van inzicht wordt het effect op de totaalraming bekeken.

Om de kosten te kunnen toetsen is door CE gebruikgemaakt van de volgende tools en informatie:

- Risicoraming template vroege fase incl. bijbehorende database;
- Rekentool "RCB kengetallen boortunnels BT incl. calculatiemodule v0.2 Lelylijn";
- Detailbegroting aanbesteding "Meteren – Zuidwestboog PHS realisatie onderbouw C1" Heijmans;
- Rail Case Base (RCB);
- PHS prognose (Engineeringskosten);
- Collegiale expertise: Beveiliging, TTI, TEV en Spoorwerk.

Van de volgende technische disciplines/elementen zijn de kosten getoetst:

- Boortunnels;
- Baan;
- Spoorsysteem;
- Wissels;
- Stations / Haltes;
- Paalmatras / Grondverbetering;
- TEV en bovenleiding draagconstructies;
- Beveiliging / ERTMS;
- Kunstwerken;
- Kabels en leidingen derden;
- Indirecte kosten;
- Vastgoed;
- Overige bijkomende kosten.

Review Horvat&Partners

De primaire doelstelling van de review van Horvat&Partners was om te beoordelen of de kosteninschattingen van het Bundelingsalternatief A6/A7/A32 en het Afsluitdijkalternatief een voldoende betrouwbaar beeld geven van de te verwachten kosten, gezien de complexiteit en fase van het project.

Deze doelstelling hebben ze vertaald naar onderstaande onderzoeksvragen en vormden een leidraad voor hun onderzoek:

1. Zijn de ramingen compleet; ontbreken er geen zaken die geraamd hadden moeten worden?
    a. Sluit de raming aan op onderliggende informatie zoals ontwerp en planning? Volgen bijvoorbeeld de hoeveelheden in de raming uit het ontwerp?
2. Is de raming ordentelijk, helder en secuur opgesteld, conform een ramingssystematiek zoals de SSK en bevat deze alle relevante kostenelementen zoals:
    a. voorziene kosten (directe en indirecte kosten);
    b. voorzien onvoorzien (op basis van een gekwantificeerd risicodossier);
    c. onvoorzien onvoorzien (reservering voor onvoorziene risico's).

3. Leidt de gebruikte opbouw en systematiek tot bruikbare kostenkengetallen (eenheidsprijzen en opslagpercentages) voor de twee alternatieven?
    a. Zijn ze gebaseerd op actuele kostenkengetallen?
    b. Zijn ze in het aangegeven prijspeil (eventueel door gebruik te maken van passende indexeringen)?
4. Zijn de risico's en aannames adequaat meegenomen in de ramingen en is de hoogte van de post onvoorzien passend in relatie tot de fase waarin het project zich bevindt?
    a. Zijn de aangehouden bandbreedtes op de voorziene scope passend bij de fase en complexiteit van het project?

Buiten de scope van de review vallen:

- de beoordeling van de kosten van het Zuidelijke alternatief;
- de beoordeling van de niet geraamde varianten van het Bundelings- en Afsluitdijkalternatief;
- het doen van suggesties voor andere alternatieven of varianten;
- de beoordeling van de gemaakte besluiten over bijvoorbeeld de ligging van het tracé en de ontwerpsnelheden;
- de beoordeling van exploitatie- en beheerkosten;
- een volledige inhoudelijke toetsing van de compleetheid van de scope;
- een beoordeling van het budget en/of de vergelijking daarvan met de ramingen;
- een volledige inhoudelijke beoordeling van het risicodossier.

Bijlage 6 – SSK-raming Post ‘Nader te detailleren’

Hoeveelheden welke van ondergeschikt belang zijn (naar omvang en absoluut bedrag) worden ondervangen in de post nader te detailleren. De post nader te detailleren wordt als percentage van de directe kosten opgenomen. Hieronder vallen onder andere de volgende onderdelen (niet limitatief):

Algemeen:
- Faseringsstappen.

Grondwerk, spoorbaan baanlichaam weg en grondverbetering:
- Taludtrappen.
- Railinzetplaatsen.
- Duikers.
- Grondverbetering onder extra aardebaan bij stations.
- Grondverbetering onder aardebaan van kruisende wegen.
- Verwijderen een aanbrengen van kleine duikers.
- Verwijderen en aanbrengen van kleine faunaduikers.
- Aanpassingen (kleine) aan bestaande watergangen.
- Aansluitingen van nieuwe watergangen op bestaand watersysteem.
- (Inrichting van) Gronddepots.
- Peilbuizen en zakbakens.
- Ruilverkaveling en herinrichting landbouwgebieden, inclusief toegangen en toegangswegen.

Kunstwerken:
- Stortvoegbanden.
- In te storten mantelbuizen (niet HWA-leiding) ten behoeve van onder andere elektra.
- In te storten voorzieningen zoals ankers, bouten enz.
- Het aanbrengen van stabagbordessen met trapopgang.
- Damwandkassen schoon maken.
- Eventuele grindlaag aanbrengen voor onderwaterbeton.
- Uitvullaag op onderwaterbeton.
- Aardingsvoorzieningen kunstwerken.
- Stroomaansluitingen voor pompen in de waterkelders.
- Hekwerk bij de toegangen/ vluchttrappen van de verdiepte ligging.
- Onderhouds- en vluchtvoorzieningen bij de grote kunstwerken, zoals een viaduct door het IJsselmeer, gebundeld met de Afsluitdijk. Denk hierbij aan loopbruggen om de x honderd meter naar de Afsluitdijk.

Weg:
- Verlichtingsmasten, betegeling naar de straat of een berm.
- Verkeersvoorzieningen.
- Belijning, bebording bij wegen.
- Verwijderen een aanbrengen van lichtmasten.
- Verwijderen en aanbrengen van prullenbakken.
- Verwijderen en aanbrengen van verkeersborden.
- Maatregelen voor het kruisen va boerenwegen, zoals boerentunnels en -bruggen.

Dijken en andere waterbouwkundige of waterhuishoudkundige objecten:
- Mogelijke aanpassingen aan de Ketelmeerdijk en Zuidermeerdijk (kruising Ketelmeer); of andere primaire en secundaire waterkeringen langs de tracés.
- Aanpassingen of verplaatsingen van duikers, stuwen, gemalen en dergelijke(objecten van waterschappen/hoogheemraadschappen.

Bovenleiding en draagconstructie:
- Kortere paalafstanden in krappe bogen.

TEV:
- Terreininrichting en afwerking rondom onderstation.
- Toegang en toegangshek tot onderstation.

Op te vragen bij opdrachtgever:

- Bijlage 7 - Achtergrondrapportage Vervoerwaarde
- Bijlage 8 - Achtergrondrapportage Ontwerp & Kosten
- Bijlage 9 - Achtergrondrapportage Omgevingseffecten
- Bijlage 10 - Achtergrondrapportage Innovaties
- Bijlage 11 - Verslag Provincieateliers
- Bijlage 12 - Verslag Legosteenateliers