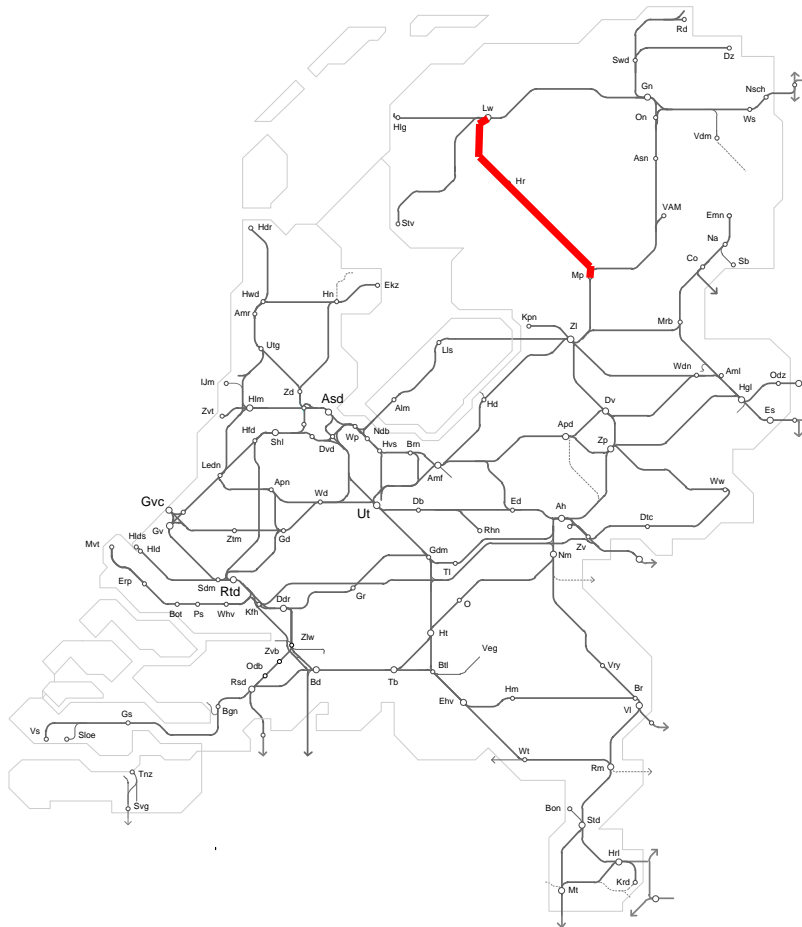


Capaciteitsanalyse en –vergrotingsplan

Leeuwarden – Meppel (tractie)

Dienstregelingsjaar 2017, n.a.v. overbelastverklaring 2017/01 van 14 april 2016



Publiek

Van ProRail
Auteur Jack Kruijer

Kenmerk T20160204-1304387649-33395
Versie 1.0
Datum 25-01-2017

Status Definitief

Samenvatting

Gebaseerd op de Europese richtlijn 2001/14, artikel 25, worden er door ProRail capaciteitsanalyses uitgevoerd op basis van overbelastverklaringen. Deze analyses geven oplossingsrichtingen voor het geconstateerde probleem en een advies op welke wijze één of meerdere oplossingen nader uitgewerkt dienen te worden.

ProRail heeft op 14 april 2016 een overbelastverklaring nabije toekomst afgegeven voor het baanvak Leeuwarden – Meppel.

Het doel van deze capaciteitsanalyse is om vast te stellen wat het probleem is dat opgelost dient te worden en te onderzoeken of er kansrijke oplossingsrichtingen zijn om de dienstregeling op dit traject op een veilige en betrouwbare wijze te kunnen verbeteren.

Probleembeschrijving

NS heeft in de dienstregeling 2017 een 4^e trein Leeuwarden-Meppel ingebracht. De huidige dienstregeling van 1 Intercity, 1 stoppende Intercity en een Sprinter wijzigt dan naar twee Intercity's en twee Sprinters per uur per richting.

We hebben geconstateerd dat er tijdens de uitvoering van deze treindienst situaties kunnen ontstaan met een onveilige aanraakspanning van de rail en een te lage bovenleidingspanning. Deze situatie kan ontstaan op het moment dat tussen Meppel en Leeuwarden twee Intercity's en twee Sprinters per uur per richting rijden, allen met elektrische tractie, en tegelijkertijd één van de onderstations op het baanvak niet operationeel is. De aanraakspanning stijgt op diverse locaties tot onveilige hoogtes, de bovenleidingspanning daalt over grote afstanden tot onder acceptabel niveau

Mogelijke oplossingsrichtingen

Om aan de capaciteitsvraag te kunnen voldoen hebben we vijftien oplossingsrichtingen gevonden waarvan we zes oplossingsrichtingen als kansrijk (groen in de tabel) zien:

Nr	Omschrijving
1	Realiseren 3kV bovenleidingspanning
2	Extra tractiegroepen in de enkelvoudige onderstations Havelterberg, Peperga, Grouw en Tjonger
3	Supercondensatoren langs de baan
4	De lijnstroombegrenzing in het ICM-materieel activeren op het baanvak Zwolle/Meppel – Leeuwarden
5	Aarden van de spoorstaaf
6	Supercondensatoren in de trein
7	Procedure tractie afschakelen bij tegemoetkomende trein
8	Schakelstations ombouwen naar onderstations
9	DC-DC autotransformator
10	Meer dwarskoppelingen in de retour
11	Meer retour
12	Mobiel onderstation als aggregaat.
13	HESOP (Alstom)
14	Gelijkrichter groepen permanent
15	Dedicated gelijkrichterwagengroep plus extra aansluitingen in OS waar nodig

De kansrijke oplossingsrichtingen hebben we in het capaciteitsvergrotingsplan verder uitgewerkt. De resultaten hebben we samengevat in onderstaande tabel met ons advies voor vervolg.

Oplossingsrichting	Maakbaar	Effectief	Kosten (€mln)
2, extra tractiegroep enkelvoudige onderstations	Ja	Ja	5,6
4, lijnstroombegrenzing ICM activeren	n.v.t.	nee	n.v.t.
5, aarden van de spoorstaaf	Nee	Ja	n.v.t.
8, schakelstations ombouwen naar onderstations	Ja	Ja	27,5
10, Meer dwarskoppelingen in de retour	Ja	Nee	n.v.t.
11, meer retour	Ja	Ja	>> 21

Van de zes oplossingsrichtingen blijven er drie over die maakbaar en effectief zijn. In kosten is er een duidelijk verschil, oplossingsrichting twee kent de laagste investeringskosten. Wij adviseren dan ook om oplossingsrichting twee te realiseren.

De kwaliteit van het baanvak wordt verbeterd door de dwarskoppelingen in het retourcircuit op het niveau van de huidige ontwerpvoorschriften te brengen. Met name mogelijk toekomstige ontwikkelingen als herintroductie van goederenverkeer of de inzet van DDZ materieel worden dan beter ondersteund. We adviseren dan ook om dit op te nemen bij onderhoud aan het baanvak.

De maatregel wordt gefinancierd door de provincie Fryslân, het Ministerie van Infrastructuur en Milieu en NS Reizigers. De tweede sprinter Leeuwarden Meppel kan, met een terugvalscenario, gereden worden nadat we de enkelvoudige onderstations uitgerust hebben met een tweede tractiegroep. We verwachten dat dit per december 2017 gerealiseerd is. De belangrijkste risico's voor deze fase zijn:

- Levering componenten kritische doorlooptijd
- Engineering moet first time right
- Externe besluitvorming mag geen vertraging opleveren
- Orde grootte van dit risicoprofiel is 3 à 4 maand

De tweede sprinter kan zonder beperkingen ingelegd worden als ook de voedingskabels redundant zijn uitgevoerd. Dit is naar verwachting eind 2018 het geval. De belangrijkste risico's zijn hier:

- Engineering kabeltracé 's parallel
- Beschikbaarheid aansluiting netbeheerder

Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding en werkwijze capaciteitsanalyse en -vergrotingsplan	6
1.2	Werkwijze	6
1.3	Leeswijzer	6
2	Probleembeschrijving	8
2.1	Beschrijving van de referentiesituatie	8
2.2	Nadere beschrijving van het knelpunt	8
2.3	Toekomstige treindienst	9
3	Capaciteitsanalyse – Oplossingsrichtingen	9
3.1	Overzicht mogelijke oplossingsrichtingen	9
3.2	Oplossingen in de systemen	10
3.2.1	Oplossingsrichting 1: Realiseren 3kV bovenleidingspanning	10
3.2.2	Oplossingsrichting 2: Extra tractiegroepen in de enkelvoudige onderstations Havelterberg, Peperga, Grouw en Tjonger	10
3.2.3	Oplossingsrichting 3: Supercondensatoren langs de baan	11
3.2.4	Oplossingsrichting 4: De lijnstroombegrenzing in het ICM materieel activeren op het baanvak Zwolle/Meppel – Leeuwarden	11
3.2.5	Oplossingsrichting 5: Aarden van de spoorstaaf	12
3.2.6	Oplossingsrichting 6: Supercondensatoren in de trein	12
3.2.7	Oplossingsrichting 7: Procedure tractie afschakelen bij tegemoetkomende trein	12
3.2.8	Oplossingsrichting 8: Schakelstations ombouwen naar onderstations	12
3.2.9	Oplossingsrichting 9: DC-DC autotransformator	13
3.2.10	Oplossingsrichting 10: Meer dwarskoppelingen in de retour	13
3.2.11	Oplossingsrichting 11: Meer retour	13
3.2.12	Oplossingsrichting 12: Mobiel onderstation als aggregaat.	14
3.2.13	Oplossingsrichting 13: HESOP (Alstom)	14
3.2.14	Oplossingsrichting 14: Gelijkrichtergroepen permanent	14
3.2.15	Oplossingsrichting 15: Dedicated gelijkrichterwagen plus extra aansluitingen in OS waar nodig	15
3.3	Conclusies capaciteitsanalyse	15
4	Capaciteitsvergrotingsplan – Uitwerking oplossingsrichtingen	16
4.1	Scope capaciteitsvergrotingsplan	16
4.2	Uitwerking oplossingsrichtingen	16
4.2.1	Oplossingsrichting 2: Extra tractiegroepen in de enkelvoudige onderstations Havelterberg, Peperga, Grouw en Tjonger.	16
4.2.2	Oplossingsrichting 4: De lijnstroombegrenzing in het ICM materieel activeren op het baanvak Zwolle/Meppel – Leeuwarden	17
4.2.3	Oplossingsrichting 5: Aarden van de spoorstaaf	17
4.2.4	Oplossingsrichting 8: Schakelstations ombouwen naar onderstations	18
4.2.5	Oplossingsrichting 10: Meer dwarskoppelingen in de retour	19
4.2.6	Oplossingsrichting 11: Meer retour	20
4.3	Mogelijke dienstregeling 2020, doortrek Sprinter tot Zwolle	20
4.4	Overzicht haalbaarheid oplossingsrichtingen	21
4.5	Impact op goederenverkeer	21

4.6	Overzicht financiering oplossingsrichtingen en planning op hoofdlijnen	21
5	Conclusies en besluit	23
Bijlage 1	Overbelastverklaring	25
Bijlage 2	Deelnemers werkgroep	29
Bijlage 3	Ondersteunende documentatie	31

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en werkwijze capaciteitsanalyse en -vergrotingsplan

Op basis van een overbelastverklaring voert ProRail Vervoersanalyse & Capaciteitsontwikkeling capaciteitsanalyses en capaciteitsvergrotingsplannen uit. De capaciteitsanalyse geeft oplossingsrichtingen voor het geconstateerde knelpunt en een advies op welke wijze een nadere uitwerking van één of meerdere kansrijke oplossingen mogelijk is. Het uitwerken van kansrijke oplossingen vindt plaats tijdens een vervolgstap in een capaciteitsvergrotingsplan. Deze procedure is vastgelegd in de Europese richtlijn 2001/14, artikel 25 en 26 (zie ook bijlage 2).



Figuur 1 Schematische weergave werkwijze

De capaciteitsanalyse en het –vergrotingsplan zijn uitgevoerd naar aanleiding van de Overbelastverklaring zoals op 14 april 2016 afgegeven door ProRail Capaciteitsverdeling¹ voor het baanvak Leeuwarden – Meppel.

Het doel van de capaciteitsanalyse is te onderzoeken of er kansrijke oplossingsrichtingen zijn om het capaciteitsknelpunt op te lossen.

Het capaciteitsvergrotingsplan onderzoekt de kansrijke oplossingsrichtingen op haalbaarheid en wordt afgerond met een advies over de eventueel te nemen maatregelen.

1.2 Werkwijze

De capaciteitsanalyse is een combinatie van de resultaten uit de Geschilbeslechting vierde trein Leeuwarden - Meppel en workshops met alle betrokkenen. In de Geschilbeslechting zijn alle mogelijke logistieke oplossingen verkend. In de workshops zijn oplossingen in de infrastructuur verkend en beoordeeld. Op basis van dit oordeel wordt een aanbeveling gedaan over de in een capaciteitsvergrotingsplan uit te werken oplossingsrichtingen. In bijlage 3 is aangegeven wie in welke workshop een bijdrage heeft geleverd.

In het capaciteitsvergrotingsplan worden de effectiviteit, haalbaarheid, kosten en baten van de in de capaciteitsanalyse voorgestelde kansrijke maatregelen verder in beeld gebracht om zodoende een besluit te kunnen nemen over het al dan niet verder uitwerken en/of realiseren van deze maatregelen.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft het probleem. In hoofdstuk 3 worden de mogelijke oplossingsrichtingen aangegeven. De kansrijke oplossingsrichtingen zijn in hoofdstuk 4, Capaciteitsvergrotingsplan, verder uitgewerkt.

Hoofdstuk 5 geeft de conclusies weer en een advies over de te treffen maatregelen.

¹ De overbelastverklaring Leeuwarden - Meppel 2017-01 is opgenomen als bijlage 1.

De volgende bijlagen zijn opgenomen:

- de overbelastverklaring (bijlage 1);
- deelnemers workshops (bijlage 2);
- ondersteunende documenten (bijlage 3)

2 Probleembeschrijving

De overbelastverklaring richt zich op het baanvak Leeuwarden-Meppel per eind 2017. NS heeft in de dienstregeling 2017 een 4e trein van Leeuwarden-Meppel ingebracht. De huidige dienstregeling van 1 Intercity, 1 stoppende Intercity en een Sprinter wijzigt dan naar twee Intercity's en twee Sprinters per uur per richting. Voor de 4e trein bestaat de kans dat er te weinig tractie-energievoorziening beschikbaar is.

In onderstaande paragrafen beschrijven we de referentiesituatie voor deze capaciteitsanalyse (§2.1) en gaan we nader in op het probleem (§2.2)

2.1 Beschrijving van de referentiesituatie

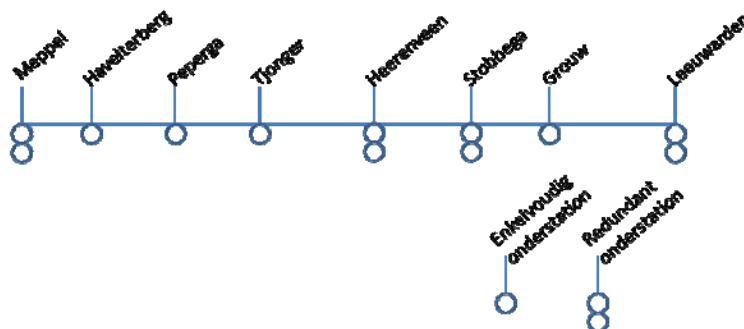
De referentiesituatie beschrijft de treindienst en de infrastructuur zonder (extra) maatregelen.

Treindienst

In 2016 rijden er tussen Leeuwarden en Meppel één snelle Intercity, één Intercity die stopt op alle tussenliggende stations en één Sprinter. De Intercity's rijden door tot Zwolle en verder. Deze treindienst dient als referentiesituatie in de capaciteitsanalyse.

Infrastructuur

Het huidige schakelstation Heerenveen wordt omgebouwd naar een redundant onderstation. De oplevering van de ombouw is voorzien vierde kwartaal 2017. De tractie-installatie tussen Meppel en Leeuwarden bestaat op dit moment (2016) uit een combinatie van enkelvoudige en redundante onderstations. Dit wijkt af van het landelijke beeld waarin de onderstations redundant worden uitgevoerd. Deze redundantie verhoogt de beschikbaarheid van de tractie-installatie voor het treinverkeer. In deze analyse gaan we uit van de referentiesituatie waarin de ombouw gerealiseerd is



Figuur 2 Overzicht onderstations langs het baanvak Leeuwarden - Meppel per eind 2017.

2.2 Nadere beschrijving van het knelpunt

De gewenste treindienst 2017 van NSR vraagt teveel van de tractie-installatie. De gevraagde stroom in combinatie met de relatief lange afstanden maakt dat regelmatig de aanraakspanning, de spanning tussen spoorstaaf en aarde, boven de normen uitkomt. De hoge aanraakspanning kan letsel, in potentie zelfs dodelijk letsel, veroorzaken. Dit speelt op momenten dat een tractiegroep uitvalt, denk aan een kabelbreuk bij werkzaamheden of

regulier onderhoud aan het onderstation. Het zijn met name de enkelvoudige onderstations waar dan een veiligheidsknelpunt ontstaat. Omdat er geen redundantie in deze onderstations is wordt de trein vanuit een verder gelegen onderstation gevoed. Deze langere afstand zorgt voor een toename in de weerstand, er is immers meer kilometer bovenleiding (voedend) of spoorstaaf (retour) te overbruggen. Dit leidt tot nog hogere aanraakspanningen en lagere spanning op de bovenleiding en in sommige gevallen risico op volledige uitval van de tractie-installatie langs het baanvak met stilvallende treinen tot gevolg.

Nadat schakelstation Heerenveen omgebouwd is, naar verwachting eind 2017, is de tractie-installatie fors verbeterd: risico op uitval van het gehele tractie-systeem of te lage bovenleidingspanningen is dan niet meer aan de orde. Onder normale condities treden er geen problemen op, bij uitval van een enkelvoudig onderstation blijft er echter wel een risico op te hoge aanraakspanningen bestaan. Deze situatie is niet acceptabel

2.3 Toekomstige treindienst

De treindienst in de voorziene nabije toekomst op het traject Leeuwarden – Meppel – Zwolle is nog onderwerp van onderzoek. Op verzoek van de provincie Fryslân heeft NSR het voornemen om twee Intercity's Zwolle – Leeuwarden te rijden, aangevuld met twee Sprinters Leeuwarden – Meppel. In 2018 is een evaluatie voorzien van deze treindienst en zullen NSR en provincie Fryslân verdere afspraken maken over al dan niet continueren van deze treindienst. Daarnaast wordt in het programma Noord Nederland gestudeerd op een mogelijkheid om de Sprinter Leeuwarden – Meppel door te laten rijden tot in Zwolle. Hiermee zijn maatregelen om het knelpunt in de Tractie Energie Voorziening toekomstvast.

3 Capaciteitsanalyse – Oplossingsrichtingen

Dit hoofdstuk beschrijft, als onderdeel van de capaciteitsanalyse, de mogelijke oplossingsrichtingen die met betrokken partijen (vervoerders, provincies en ProRail) zijn gegenereerd.

Per mogelijke oplossingsrichting wordt met een korte toelichting aangegeven hoe deze bijdraagt aan het oplossen van de overbelastverklaring en of het naar mening van de betrokken partijen interessant is om nader te onderzoeken op haalbaarheid.

Tevens wordt aandacht besteed aan de effecten van de kansrijke oplossingen op veiligheid en omgeving. Het hoofdstuk wordt afgerond met de conclusies van de capaciteitsanalyse.

3.1 Overzicht mogelijke oplossingsrichtingen

In de geschilbeslechting vierde trein Leeuwarden - Meppel zijn logistieke oplossingsrichtingen verkend. Er zijn twee mogelijke oplossingen gevonden binnen alle technische randvoorwaarden; de Sprinter Leeuwarden – Meppel wordt met ICM-3 gereden, de IC Leeuwarden – Zwolle met of VIRM6 of ICM4. Deze oplossing leidt tot een knelpunt in de vervoerscapaciteit van NSR (te weinig zitplaatsen) en blijkt logistiek niet haalbaar voor NSR. In de tweede logistieke oplossing wordt een deel van de treinritten gereden met dieselmaterieel. NSR verkent of deze oplossing ter overbrugging kan dienen. De geschilbeslechting maakt ons duidelijk dat er geen logistieke oplossing is voor dit knelpunt.

In de capaciteitsanalyse hebben we daarom in de infrastructuursystemen mogelijke oplossingsrichtingen gezocht. Uit de analyses van het ingenieursbureau blijkt dat, na de indienststelling van onderstation Heerenveen, het knelpunt zich alleen nog voordoet in een verstoorde situatie (N-1) van de tractie-installatie. Op die momenten ontstaat er een risico op te hoge aanraakspanningen. De gevonden mogelijke oplossingsrichtingen zijn:

1. *Realiseren 3kV bovenleidingspanning*

2. *Extra tractiegroepen in de enkelvoudige onderstations Havelterberg, Peperga, Grouw en Tjonger.
Nog te beschouwen zijn de OS Staphorst en Dedemsvaart.*
3. *Supercondensatoren langs de baan*
4. *De lijnstroombegrenzing in het ICM materieel activeren op het baanvak Zwolle/Meppel – Leeuwarden*
5. *Aarden van de spoorstaaf*
6. *Supercondensatoren in de trein*
7. *Procedure tractie afschakelen bij tegemoetkomende trein*
8. *Schakelstations ombouwen naar onderstations*
9. *DC-DC autotransformator*
10. *Meer dwarskoppelingen in de retour*
11. *Meer retour*
12. *Mobiel onderstation als aggregaat.*
13. *HESOP (Alstom)*
14. *Gelijkrichter groepen permanent*
15. *Dedicated gelijkrichter wagen plus extra aansluitingen in OS waar nodig*

Deze oplossingsrichtingen worden in de volgende paragrafen nader beschreven.

3.2 Oplossingen in de systemen

In deze paragraaf geven we een korte toelichting op de gevonden oplossingsrichting. Alle oplossingsrichtingen zijn door de werkgroep beoordeeld op

- Effectiviteit, lost de oplossing het knelpunt op,
- Kosten, zijn de kosten minder dan €1 mln, tussen de €1 mln en €5 mln of groter dan €5 mln
- Tijd, is de oplossing operationeel binnen 1 jaar, tussen de 1 en 3 jaar of na 3 jaar,
- Techniek, is het bestaande techniek (b), nieuwe techniek en eenvoudig implementeerbaar (e) of nieuwe techniek en complex implementeerbaar (c).

Op basis van deze score is door de werkgroep aangegeven welke maatregelen verder uitgewerkt dienen te worden in het capaciteitsvergrotingsplan.

3.2.1 Oplossingsrichting 1: Realiseren 3kV bovenleidingspanning

Door de bovenleidingspanning te verdubbelen naar 3kV neemt de door de trein gevraagde stroom af. De stroom wordt via de spoorstaaf teruggevoerd naar de onderstations. Omdat de stroom afneemt, neemt ook de spanningsopbouw in de spoorstaven af. Deze oplossingsrichting verlaagt daarmee de aanraakspanning.

Deze oplossingsrichting hebben we ingeschat als effectief, de kosten liggen boven de €5 mln, de realisatietijd zal meer dan 3 jaar vragen en het is een voor ProRail nieuwe maar eenvoudig in te voeren techniek. Op basis van dit beeld hebben we deze oplossingsrichting als niet kansrijk beoordeeld. Bovendien vraagt dit ook nog aanpassingen aan het materieelpark van NSR.

1	Effectief	>€5 mln	> 3 jaar	Nieuw en eenvoudig
---	-----------	---------	----------	--------------------

3.2.2 Oplossingsrichting 2: Extra tractiegroepen in de enkelvoudige onderstations Havelterberg, Peperga, Grouw en Tjonger

Door de enkelvoudige onderstations te voorzien van redundantie, zowel in tractiegroep als in voedingskabel doet zich geen situatie meer voor waarbij één onderstation niet beschikbaar is, de zogenaamde n-1 situatie. Alleen uitval van twee tractiegroepen in één onderstation kan dan

nog tot knelpunten leiden. Deze situaties zijn zo uitzonderlijk dat we ons systeem niet inrichten om ook dan een volledige treindienst te kunnen faciliteren.

Deze oplossingsrichting hebben we ingeschat als effectief, de kosten liggen tussen de €1 mln. en €5 mln, de realisatietijd zal tussen de 1 en 3 jaar vragen en het is een voor ProRail beproefde techniek. Op basis van dit beeld hebben we deze oplossingsrichting als kansrijk beoordeeld.

2	Effectief	€1 mln - €5 mln	1 - 3 jaar	Beproefd
---	-----------	-----------------	------------	----------

In de verdere uitwerking gaan we nog na of het noodzakelijk is om alle enkelvoudige onderstations redundant uit te voeren. De vierde trein naar Meppel moet op termijn mogelijk doorrijden naar Zwolle. Daarom zullen we nagaan of het noodzakelijk is om de enkelvoudige onderstations op het traject Zwolle – Meppel, Staphorst en Dedemsvaart, redundant uit te voeren.

3.2.3 Oplossingsrichting 3: Supercondensatoren langs de baan

De supercondensator plaatsen we daar langs de baan waar we verwachten dat de spanning in de bovenleiding laag kan zijn. Op de rustige momenten (er wordt geen stroom gevraagd) laadt de condensator op. Op het moment dat veel vermogen gevraagd wordt levert de condensator die. Hierdoor blijft de bovenleidingspanning hoog, nemen de stromen af. Hierdoor neemt de aanraakspanning af.

Deze oplossingsrichting hebben we ingeschat als effectief, de kosten liggen tussen de €1 mln. en €5 mln, de realisatietijd zal meer dan 3 jaar vragen en het is een voor ProRail nieuw en complex in te voeren techniek. Op basis van dit beeld hebben we deze oplossingsrichting als niet kansrijk beoordeeld.

3	Effectief	€1 mln - €5 mln	> 3 jaar	Nieuw en complex
---	-----------	-----------------	----------	------------------

3.2.4 Oplossingsrichting 4: De lijnstroombegrenzing in het ICM materieel activeren op het baanvak Zwolle/Meppel – Leeuwarden

In deze oplossingsrichting vinden we een oplossing in het materieel van NSR. Het zijn vooral de treinen die met ICM materieel gereden worden die incidenteel veel stroom trekken. Het is de sommatie van de hoge stromen die in het retoursysteem, (de spoorstaven), zorgdraagt voor de hoge aanraakspanningen. Het ICM materieel kent een instelling waarmee de maximale stroomafname beperkt kan worden. Deze instelling, de stroombegrenzing, is destijds ingebouwd om te voorkomen dat lange treinsamenstellingen te veel lijnstroom zouden trekken. Door de machinist te vragen de lijnstroombegrenzing handmatig te activeren bij betreden van dit baanvak denken we de aanraakspanningen binnen de normen te kunnen houden.

Deze oplossingsrichting hebben we ingeschat als effectief, de kosten liggen tussen onder de €1 mln., de realisatietijd zal minder dan 1 jaar vragen en het is een beproefde techniek. Op basis van dit beeld hebben we deze oplossingsrichting als kansrijk beoordeeld.

4	Effectief	< €1 mln	< 1 jaar	Beproefd
---	-----------	----------	----------	----------

Als kanttekening bij deze oplossing geven we mee dat de oplossing waarschijnlijk alleen effectief is zolang er nog met ICM materieel gereden wordt. De maatregel heeft dus een tijdelijk karakter. In het vervolg gaan we na of deze maatregel inderdaad gerealiseerd kan worden, of

de maatregel voldoende zekerheid biedt dat te hoge aanraakspanningen worden voorkomen (acties NSR) en of de maatregel voldoende effect bewerkstelligt (simulatie Movares).

3.2.5 Oplossingsrichting 5: Aarden van de spoorstaaf

Het probleem van de te hoge aanraakspanning lossen we hier op door de spoorstaaf te aarden. Door de spoorstaaf te aarden introduceren we mogelijk wel zwerfstromen in andere systemen. Op voorhand zien we hier echter geen onoverkomelijke bezwaren. Deze oplossingsrichting hebben we ingeschat als effectief, de kosten liggen onder de €1 mln., de realisatietijd zal minder dan 1 jaar vragen en het is een beproefde techniek. Op basis van dit beeld hebben we deze oplossingsrichting als kansrijk beoordeeld.

5	Effectief	< €1 mln	< 1 jaar	Beproefd
---	-----------	----------	----------	----------

In het capaciteitsvergrotingsplan zullen we de aanname dat aarden niet tot onoverkomelijke bezwaren leidt toetsen.

3.2.6 Oplossingsrichting 6: Supercondensatoren in de trein

De techniek om het knelpunt weg te nemen plaatsen we nu in de trein. In de trein plaatsen we supercondensatoren. De condensatoren slaan de remenergie op. Op momenten dat de bovenleidingspanning laag is en de trein veel vermogen vraagt wordt de energie uit de condensatoren gehaald. Hierdoor neemt de gevraagde stroom uit de bovenleiding af en neemt ook de retourstroom af

Deze oplossingsrichting hebben we ingeschat als effectief, de kosten liggen tussen boven de €5 mln., de realisatietijd zal meer dan 3 jaar vragen en het is een nieuwe en complex te implementeren techniek. Op basis van dit beeld hebben we deze oplossingsrichting als niet kansrijk beoordeeld.

6	Effectief	> €5 mln	> 3 jaar	Nieuw en complex
---	-----------	----------	----------	------------------

3.2.7 Oplossingsrichting 7: Procedure tractie afschakelen bij tegemoetkomende trein

Ook in deze oplossing proberen we de te hoge aanraakspanningen te voorkomen door de retourstromen te beperken. In dit geval willen we dat doen door te voorkomen dat twee treinen op ongeveer dezelfde locatie vol vermogen vragen. Door de machinisten te vragen tractie terug te nemen op het moment dat zij een tegentrein zien, neemt de vermogensvraag af en zullen de retourstromen en daarmee de spanningsopbouw in de retour (spoorstaaf) afnemen.

We hebben deze oplossingsrichting als niet effectief ingeschat omdat er geen garantie is dat met de terugname van de tractie ook daadwerkelijk de spanningspiek wordt voorkomen.

Mogelijk zal de machinist na passage van de tegentrein weer vol vermogen geven met een grote stroomafname als gevolg. Omdat deze methode geen zekerheid geeft dat het knelpunt weggenomen wordt beoordelen we deze maatregel als niet effectief. We hebben de maatregel dan ook verder niet gescoord.

7	Niet Effectief	-	-	-
---	----------------	---	---	---

3.2.8 Oplossingsrichting 8: Schakelstations ombouwen naar onderstations

Op het baanvak Leeuwarden – Meppel bevinden zich nog vijf schakelstations; Idaard – Roodhuizen, Akkrum, Wolvega, Steenwijk en Nijenveen. Het knelpunt in de spanningsopbouw in de retour (spoorstaaf) lossen we nu op door de stroomkring korter te maken. Door de kortere afstanden zal ook de spanningsopbouw in de spoorstaaf minder hoog zijn.

Deze oplossingsrichting hebben we ingeschat als effectief, de kosten liggen tussen boven de €5 mln., de realisatietijd zal meer dan 3 jaar vragen en het is een beproefde techniek. Op basis van dit beeld hebben we deze oplossingsrichting als kansrijk beoordeeld.

8	Effectief	> €5 mln	> 3 jaar	Beproefd
---	-----------	----------	----------	----------

We hebben nog geen beeld van het aantal om te bouwen onderstations nodig om de spanningsopbouw in de retour binnen de normen te houden. In het capaciteitsvergrotingsplan gaan we na welke mix van de maatregelen 2 - onderstations redundant uitvoeren en 8 - schakelstations ombouwen naar onderstation de beste kosten / baten verhouding kent.

3.2.9 Oplossingsrichting 9: DC-DC autotransformator

In deze oplossingsrichtingen zorgen we voor vermindering van de aanraakspanning door de bovenleidingspanning gemiddeld op een hoger niveau te houden. Net zoals de aanraakspanning van de spoorstaaf toeneemt naarmate de stroom een langere afstand moet afleggen tussen trein en onderstation neemt ook de bovenleidingspanning af als de stroom een langere afstand moet afleggen. Omdat de trein toch hetzelfde vermogen wil afnemen is er voor het systeem maar één oplossing, de stroomafname neemt toe. In de retour zorgt deze hoge stroom voor de te hoge aanraakspanning. Dit knelpunt voorkomen we nu door langs de bovenleiding een 1800 volt spanningskabel te hangen en deze op regelmatige afstand aan de bovenleiding te koppelen met een Dc-DC autotransformator. Omdat de trein minder stroom vraagt (er is een hogere spanning) is ook de retourstroom minder hoog en daarmee ook de spanningsopbouw in de retour.

We hebben niet in kunnen schatten of deze oplossing effectief zal zijn. Op de overige parameters hebben we deze oplossingsrichting ingeschat als de kosten liggen tussen boven de €5 mln., de realisatietijd zal meer dan 3 jaar vragen en het is een nieuwe en complex te implementeren techniek. Op basis van dit beeld hebben we deze oplossingsrichting als niet kansrijk beoordeeld.

9	Onbekend	> €5 mln	> 3 jaar	Nieuw en complex
---	----------	----------	----------	------------------

3.2.10 Oplossingsrichting 10: Meer dwarskoppelingen in de retour

In deze oplossing willen we de spanningsopbouw in de retour verminderen door de retourstroom te verdelen over beide sporen. We doen als aanname dat de hoge aanraakspanning zich niet in beide sporen tegelijkertijd voordoet, of in andere woorden, dat een van de retourcircuits altijd nog over restcapaciteit beschikt.

We hebben niet in kunnen schatten of deze oplossing effectief zal zijn. Op de overige parameters hebben we deze oplossingsrichting ingeschat als de kosten liggen onder de €1 mln., de realisatietijd zal tussen de 1 en 3 jaar vragen en het is een beproefde techniek. Op basis van dit beeld hebben we deze oplossingsrichting als kansrijk beoordeeld.

10	Effectief	< 1 mln	1-3 jaar	Beproefd
----	-----------	---------	----------	----------

3.2.11 Oplossingsrichting 11: Meer retour

De spanningsopbouw in de retour verminderen we nu door een extra geleider aan te leggen. Deze oplossingsrichting hebben we ingeschat als effectief, de kosten liggen tussen de €1 mln en €5 mln., de realisatietijd zal tussen de 1 en 3 jaar liggen en het is een nieuwe maar eenvoudig te implementeren techniek. Op basis van dit beeld hebben we deze oplossingsrichting als kansrijk beoordeeld.

11	Effectief	€1 mln - €5 mln	1 - 3 jaar	Nieuw en eenvoudig
----	-----------	-----------------	------------	--------------------

3.2.12 Oplossingsrichting 12: Mobiel onderstation als aggregaat.

De knelpunten doen zich voor op het moment dat er een storing in het tractiesysteem is en er één onderstation niet beschikbaar is (het tractiesysteem bevindt zich in de zogenaamde n-1 situatie). Nu vinden we de oplossing door het uitgevallen onderstation te vervangen door een mobiel onderstation. Een mobiel onderstation is een combinatie van aggregaat, een gelijkrichter en uiteraard brandstof.

Deze oplossingsrichting hebben we ingeschat als effectief, de kosten liggen tussen de €1 mln en €5 mln, de realisatietijd tussen de 1 en 3 jaar en de techniek is nieuw en complex in te voeren. Omdat we het hier hebben over een behoorlijke omvangrijke logistieke operatie, enkele vrachtauto's, frequente aanvoer van diesel en mogelijk milieuproblemen (geluid en uitstoot) hebben we deze oplossingsrichting als niet kansrijk beoordeeld.

12	Effectief	€1 mln - €5 mln	1 - 3 jaar	Nieuw en complex
----	-----------	-----------------	------------	------------------

3.2.13 Oplossingsrichting 13: HESOP (Alstom)

Door Alstom is een nieuw type onderstation ontwikkeld. Steeds meer treinen winnen energie terug door recuperatie van remenergie. Alstom heeft een bi-directioneel onderstation ontwikkeld dat een surplus aan teruggewonnen energie aan het openbare net terug kan leveren. De innovatieve kracht van de HESOP is dat de BVL-spanning "gemanipuleerd" wordt. De hoeveelheid teruggewonnen remenergie wordt vergroot door de spanning (tijdelijk) te verlagen in het onderstation als er geremd wordt. De technologie is nieuw, en wordt recent toegepast op 1500V-niveau bij het metrobedrijf van Milaan. Voor Lw-Mp kan de vraag gesteld worden aan Alstom in hoeverre de BVL-spanning tijdelijk verhoogd kan worden, niet bij remmen, maar bij het passeren van twee treinen. In feite zou dit een nieuwe toepassing kunnen zijn van HESOP. De toepassing en effectiviteit zijn dan ook onbekend.

In hoeverre deze oplossingsrichting effectief zal zijn kunnen we niet inschatten. Op de overige parameters hebben we deze oplossingsrichting ingeschat als de kosten liggen tussen de €1 mln en €5 mln., de realisatietijd zal tussen de 1 en 3 jaar liggen en het is een nieuwe en complex te implementeren techniek. Op basis van dit beeld hebben we deze oplossingsrichting als niet kansrijk beoordeeld.

13	Onbekend	€1 mln - €5 mln	1 - 3 jaar	Nieuw en complex
----	----------	-----------------	------------	------------------

3.2.14 Oplossingsrichting 14: Gelijkrichtergroepen permanent

In deze oplossing proberen we de knelpunten die ontstaan in een verstoorde situatie te voorkomen door de enkelvoudige onderstations te voorzien van een extra tractiegroep, de voedende kabel pakken we echter niet aan. Dit geeft een hogere beschikbaarheid van het tractiesysteem, is mogelijk sneller te realiseren dan met voedingskabel, maar lost het gehele knelpunt niet op.

Deze oplossingsrichting hebben we ingeschat als niet effectief. De overige parameters hebben we dan ook niet gescoord.

14	Niet Effectief	-	-	-
----	----------------	---	---	---

3.2.15 Oplossingsrichting 15: Dedicated gelijkrichterwag en plus extra aansluitingen in OS waar nodig

Net als in oplossing 12 zoeken we nu een oplossing door bij uitval een systeem bij te schakelen. Deze keer geen mobiel onderstation, maar een stand-by gelijkrichterwag en. Waar nodig zorgen we ervoor dat de gelijkrichterwag en eenvoudig aan te sluiten is aan de voedende 10 kV kabel.

Deze oplossingsrichting hebben we ingeschat als effectief, de kosten liggen boven de €5 mln, de realisatietijd tussen de 1 en 3 jaar en de techniek is beproefd. Omdat deze maatregel alleen een oplossing vormt voor een storing in het onderstation, maar niet voor een storing in de voedende 10 kV kabel, achten we deze oplossingsrichting niet kansrijk.

15	Niet Effectief	> €5 mln	1-3 jaar	beproefd
----	----------------	----------	----------	----------

3.3 Conclusies capaciteitsanalyse

We hebben geconstateerd er operationele situaties bestaan waarbij de spoorstaaft-aade spanning, de aanraakspanning, te hoog wordt. Deze situatie ontstaat op het moment dat tussen Meppel en Leeuwarden twee Intercity's en twee Sprinters per uur per richting rijden, allen met elektrische tractie, en één van de onderstations op het baanvak niet operationeel is.

Om aan de capaciteitsvraag te kunnen voldoen hebben we vijftien oplossingsrichtingen gevonden waarvan we zes oplossingsrichtingen als kansrijk (groen in de tabel) zien:

Nr	Omschrijving
1	Realiseren 3kV bovenleidingspanning
2	Extra tractiegroepen in de enkelvoudige onderstations Havelterberg, Peperga, Grouw en Tjonger
3	Supercondensatoren langs de baan
4	De lijnstroombegrenzing in het ICM materieel activeren op het baanvak Zwolle/Meppel – Leeuwarden
5	Aarden van de spoorstaaft
6	Supercondensatoren in de trein
7	Procedure tractie afschakelen bij tegemoetkomende trein
8	Schakelstations ombouwen naar onderstations
9	DC-DC autotransformator
10	Meer dwarskoppelingen in de retour
11	Meer retour
12	Mobiel onderstation als aggregaat.
13	HESOP (Alstom)
14	Gelijkrichterwag en permanent
15	Dedicated gelijkrichterwag en plus extra aansluitingen in OS waar nodig

We adviseren om in het capaciteitsvergrotingsplan de kansrijke oplossingsrichtingen uit te werken op maakbaarheid, effectiviteit en kosten.

4 Capaciteitsvergrotingsplan – Uitwerking oplossingsrichtingen

4.1 Scope capaciteitsvergrotingsplan

In de capaciteitsanalyse (hoofdstuk 3) zijn 6 (mogelijk) kansrijke oplossingsrichtingen gevonden:

Nr	Omschrijving
2	Extra tractiegroepen in de enkelvoudige onderstations Havelterberg, Peperga, Grouw en Tjonger
4	De lijnstroombegrenzing in het ICM materieel activeren op het baanvak Zwolle/Meppel – Leeuwarden
5	Aarden van de spoorstaaf
8	Schakelstations ombouwen naar onderstations
10	Meer dwarskoppelingen in de retour
11	Meer retour

Dit hoofdstuk vormt het capaciteitsvergrotingsplan en beschrijft van de bovengenoemde oplossingsrichtingen de maakbaarheid, effectiviteit en kosten. Op basis van de bevindingen geven we een advies voor de uit te voeren maatregelen als oplossing van de overbelastverklaring.

4.2 Uitwerking oplossingsrichtingen

De kansrijke oplossingsrichtingen hebben we een stap dieper uitgewerkt en gezamenlijk beoordeeld. In deze gezamenlijke beoordeling zijn we tot de conclusie gekomen dat enkele oplossingsrichtingen alsnog niet haalbaar bleken of dat een oplossingsrichting significante extra investering vraagt afgezet tegen een net zo effectieve oplossingsrichting. Deze oplossingsrichtingen hebben we alleen kwalitatief verder uitgewerkt.

4.2.1 Oplossingsrichting 2: Extra tractiegroepen in de enkelvoudige onderstations Havelterberg, Peperga, Grouw en Tjonger.

In de analyses hebben we geconstateerd dat, na oplevering van onderstation Heerenveen, er alleen nog een knelpunt resteert bij uitval van een tractiegroep in één van de enkelvoudige onderstations; Havelterberg, Peperga, Grouw en Tjonger. Het knelpunt nemen we weg door de onderstations van een volwaardige tweede tractiegroep te voorzien. Naast aanpassingen aan de installatie in het onderstation zullen we ook een tweede voedingskabel aan leggen.

Maakbaarheid

De oplossingsrichting is zonder meer maakbaar.

Effectiviteit

De maatregel is effectief voor de voorziene dienstregelingen. Een evenementendienstregeling, bijvoorbeeld Oerol of een Elfstedentocht, blijft kritisch. Voor die dienstregelingen zullen we nog steeds een toets op de energievoorziening moeten uitvoeren. Bij Oerol resteert een knelpunt als zowel de Intercity's als de Sprinters met lange ICM's worden gereden.

In de simulaties hebben we ook gekeken naar inzet van DDZ-materieel en het nieuwe Sprintermaterieel van NS, de CAF-treinen.

De inzet van DDZ-materieel vraagt een aanvullende investering in de infrastructuur. De dwarskoppelingen in de retour moeten conform het huidige ontwerpvoorschrift gerealiseerd worden. De kosten per dwarskoppeling liggen rond de €100k per stuk. Op dit moment is de inzet van DDZ materieel op dit baanvak niet erg waarschijnlijk. Er is op dit moment dus geen noodzaak om de retour te versterken met extra dwarskoppelingen. Het is wenselijk om de

retour te versterken. Het baanvak wordt daarmee geschikt voor meerdere materieeltypen. We adviseren daarom om op een moment dat er aan het spoor gewerkt wordt, bijvoorbeeld tijdens groot onderhoud, de dwarskoppelingen in de retour op het niveau van de ontwerpvoorschriften te brengen.

Uit de simulaties van de inzet van het CAF-materieel blijkt dat deze op beperkte locaties tot een risico op te hoge aanraakspanningen leidt. Als mitigerende maatregel kunnen we de dwarskoppelingen in de retour verdichten. De aangeleverde gegevens van het CAF-materieel bevatten waarschijnlijk een fout. De hoge spanningen treden op bij terugleveren van energie door het CAF-materieel, recuperatief remmen. De modelgegevens gaven aan dat er meer energie teruggeleverd wordt bij remmen dan opgenomen bij versnellen van de trein. Na correctie van deze fout voldoet de combinatie wel. We hebben nog geen bevestiging van NSR gehad dat er inderdaad een fout zat in de aangeleverde gegevens van het CAF-materieel.

Kosten

De investeringskosten zijn geraamd op €5,6 mln excl. BTW, prijspeil 2016 met een trefkans van 85%.

Oplossingsrichting	Maakbaar	Effectief	Kosten (€mln)
2, extra tractiegroep enkelvoudige onderstations	Ja	Ja	5,6

4.2.2 Oplossingsrichting 4: De lijnstroombegrenzing in het ICM materieel activeren op het baanvak Zwolle/Meppel – Leeuwarden

Het effect op de te hoge aanraakspanningen hebben we uitgerekend in een simulatie. Uit simulaties blijkt dat bij een normale bedrijfstoestand van de tractie-installatie deze oplossingsrichting voldoet. In een verstoorde situatie, een n-1 situatie, blijft het risico op te hoge aanraakspanningen echter bestaan.

Maakbaarheid

Niet van toepassing

Effectiviteit

In verstoorde situaties, n-1 situaties, blijft het risico op te hoge aanraakspanningen bestaan, de oplossingsrichting voldoet dus niet.

Kosten en baten

Niet van toepassing

Oplossingsrichting	Maakbaar	Effectief	Kosten (€mln)
4, lijnstroombegrenzing ICM activeren	n.v.t.	nee	n.v.t.

4.2.3 Oplossingsrichting 5: Aarden van de spoorstaaf

In de capaciteitsanalyse hebben we deze mogelijkheid als kansrijk bestempeld. In de nadere uitwerking van deze oplossingsrichting moeten we hierop terugkomen. Door de spoorstaaf te aarden introduceren we zwerfstromen in de aarde en daarmee mogelijk in andere geleiders. Als tussenoplossing hebben we aarding middels Voltage Limiting Devices (VLD) voorgesteld. Deze op de markt verkrijgbare aardingsystemen koppelen een geleider, in ons geval de spoorstaven, alleen aan de aarde als een vooraf ingestelde potentiaal overschreden wordt. Dus alleen als het nodig is, als de spanning te hoog wordt, wordt de retour, de spoorstaaf, aan

aarde gekoppeld. Frequentie, omvang en duur van de zwerfstromen verkleinen we op die manier, maar voorkomen we niet.

We zijn vervolgens nagegaan of we met de VLD's een oplossing kunnen bieden voor de hoge aanraakspanningen. Introductie van een dergelijke oplossing blijkt op een aantal problemen te stuiten:

De VLD heeft invloed op de omgeving van de infra:

1. De VLD zal leiden tot een aanzienlijke toename van zwerfstromen waardoor installaties van kabel- en leidingeigenaren verstoord kunnen worden of beschadigd kunnen raken. Vanuit de Spoorwegwet geldt de verplichting het uittreden van deze zwerfstromen tegen te gaan.

De VLD heeft invloed op de (trein)veiligheid van de infra:

2. De VLD heeft zeer waarschijnlijk een negatieve invloed op de veiligheid en beschikbaarheid van treindetectie en ATB. Het kan leiden tot een onbedoelde bezetmelding (omloopstroom) of in het ergste geval tot een veiligheidsincident (het onterecht opblijven van het spoorrelais en daarmee een onterechte vrijmelding van de sectie).

De VLD heeft invloed op de beschikbaarheid van de infra:

3. Toepassing van de VLD zal leiden tot toename van de functieherstelduur van EV- en/of TB-storingen (doordat de VLD een tweede aardfout kan introduceren naast een onopgemerkte eerste aardfout). Ook kan het lastig zijn de onbedoelde aardfout (defecte doorslagveiligheid) te vinden.

De VLD heeft invloed op de slijtage van de infrastructuur

4. Een mogelijk gevolg van de verhoogde zwerfstromen is het ontstaan of verergeren van vlambogen over ES-lassen. Hierdoor branden ES-lassen mogelijk uit en kunnen inbrandpunten rond deze lassen ontstaan. Dit leidt tot een snellere veroudering waardoor de ES-lassen onbetrouwbaar worden (en tot onterechte bezetmeldingen leiden) en eerder vervangen moeten worden (kostenverhogend).

Al met al hebben we ten aanzien van deze oplossingsrichting geconcludeerd dat:

- De oplossing op dit moment niet maakbaar is;
- Een eventuele introductie van het systeem een zorgvuldig en ook langdurig vrijgaveproces zal kennen.

Maakbaarheid

Niet op korte termijn realiseerbaar

Effectiviteit

De maatregel is effectief.

Kosten en baten

We kunnen geen kostenschatting opgeven. Er zal eerst een product vrijgegeven moeten worden.

Oplossingsrichting	Maakbaar	Effectief	Kosten (€ln)
5, aarden van de spoorstaaf	Nee	Ja	n.v.t.

4.2.4 Oplossingsrichting 8: Schakelstations ombouwen naar onderstations

In deze oplossingsrichting lossen we het risico op te hoge aanraakspanningen op door het aantal onderstations te verhogen. We hadden al geconstateerd dat het knelpunt in de tractie zich alleen voordoet als een enkelvoudig onderstation uitgevallen is. Door de grote afstand tot

het daaropvolgende onderstation neemt de weerstand en spanningsopbouw in het retourcircuit dermate toe dat het risico op te hoge aanraakspanningen te hoog wordt. Door de schakelstations om te bouwen tot onderstations halveren we ruwweg de afstand die de retour moet overbruggen. De spanningsopbouw in de retour wordt daarmee ook gehalveerd. Schakelstation Heerenveen wordt al omgebouwd tot onderstation. Er resteren dan nog vijf schakelstations, Idaard-Roodahuizen, Akkrum, Wolvega, Steenwijk en Nijenveen. De ombouw van schakelstation Heerenveen kost circa €5,5 mln. We nemen aan dat Heerenveen representatief is; de ombouw van de overige vijf onderstations vraagt dan circa €27,5 mln. Deze oplossingsrichting is functioneel vergelijkbaar met oplossingsrichting 2, maar vraagt een grotere investering. Zelfs al zouden we slechts enkele schakelstations ombouwen, en op enkele locaties de dwarskoppeling in de retour versterken, dan nog is een aanzienlijk grotere investering nodig. We hebben deze oplossingsrichting dan ook niet verder uitgewerkt tot een optimale mix tussen ombouw en extra dwarskoppelingen. We concluderen dat de oplossing altijd meer investering zal vragen dan de functioneel vergelijkbare oplossingsrichting 2.

Maakbaarheid

Deze oplossingsrichting is zeker maakbaar.

Effectiviteit

Het tractieknelpunt wordt met deze oplossingsrichting volledig weggenomen.

Kosten

De kosten liggen bij vijf om te bouwen schakelstation op ongeveer €27,5 mln.

Oplossingsrichting	Maakbaar	Effectief	Kosten (€mln)
8, schakelstations ombouwen naar onderstations	Ja	Ja	10 - 27,5

4.2.5 Oplossingsrichting 10: Meer dwarskoppelingen in de retour

Door meer dwarskoppelingen aan te brengen in de retour neemt de weerstand van de retour af. Op dit baanvak is de afstand tussen de dwarskoppelingen soms aanzienlijk groter dan de huidige ontwerpvoorschriften aanbevelen. Uit simulaties blijkt dat we de aanraakspanning omlaag kunnen brengen door meer dwarskoppelingen aan te brengen, maar dat dit onvoldoende effect heeft. De aanraakspanning blijft in sommige situaties nog steeds te hoog.

Maakbaarheid

Deze oplossingsrichting is zeker maakbaar.

Effectiviteit

Het tractieknelpunt wordt met deze oplossingsrichting niet volledig weggenomen.

Kosten

De kosten liggen per dwarskoppeling rond de €100k.

Oplossingsrichting	Maakbaar	Effectief	Kosten (€mln)
10, Meer dwarskoppelingen in de retourschakelstations ombouwen naar onderstations	Ja	Nee	n.v.t.

De kwaliteit van het baanvak wordt zeker verbeterd door de dwarskoppelingen in het retourcircuit op het niveau van de huidige ontwerpvoorschriften te brengen. We adviseren dan ook om dit op te nemen bij onderhoud aan het baanvak.

4.2.6 Oplossingsrichting 11: Meer retour

De oplossingsrichting is effectief als de weerstand in de retour aanzienlijk wordt verlaagd. Dit kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van extra geleiders met een vergelijkbare weerstand als die van een spoorstaaf. We hebben verschillende mogelijkheden verkend om de weerstand in de retour en daarmee de spoorstaaf-aarde spanning, te verminderen. De geleiders in het retourcircuit maken onderdeel uit van de treindetectie. Daarom worden er speciale eisen gesteld aan de retour. De verkenning die we hebben uitgevoerd laat zien dat alleen de variant waarbij de retour in de ziel van het spoor wordt gerealiseerd haalbaar is.

Maakbaarheid

Alleen de oplossingsrichting waarbij een kabel in de ziel van het spoor ligt hebben we als maakbaar beoordeeld. Het is wel een noviteit in het ontwerp van de retourcircuits, maar de complexiteit van de oplossingsrichting is laag. De diameter van de kabel moet wel aanzienlijk zijn. In praktische zin komt dat neer op een bundel kabels waarvan de optelling van de diameter ongeveer gelijk is aan die van een spoorstaaf, een flinke bundel dus.

Effectiviteit

Mits er voldoende geleidend vermogen toegevoegd wordt, is deze maatregel zeer effectief. Het knelpunt van de te hoge aanraakspanning kan volledig weggenomen worden.

Kosten

De kosten van deze maatregel zijn aanzienlijk. Om voldoende geleidend vermogen te realiseren zijn bijzonder veel kabels nodig. Door het IB is een voorbeeld gegeven. Indien 50 km traject voorzien zou moeten worden van extra retourgeleiders, dan komt dat neer op een circa €1 mln per procent verlaging van de retourweerstand. Om de aanraakspanning evenredig te laten zakken met de retourweerstand verlaag je voor elk miljoen dus de spanning met 1%. In de simulaties hebben we gezien dat in normale bedrijfssituaties aanraakspanningen tot 190 volt zouden kunnen optreden. Deze spanning moet omlaag gebracht worden naar maximaal 160 volt. De spanning zal dus met 40V, 21%, verlaagd moeten worden. De investering zou dan circa €21 mln bedragen. Om ook effectief te zijn bij een n-1 bedrijfssituatie wordt de benodigde investering alleen maar groter.

Oplossingsrichting	Maakbaar	Effectief	Kosten (€mln)
11, meer retour	Ja	Ja	>> 21

4.3 Mogelijke dienstregeling 2020, doortrek Sprinter tot Zwolle

De provincie Fryslân heeft de ambitie om de Sprinters tussen Leeuwarden en Meppel op termijn door te trekken tot Zwolle. Voordat dit werkelijkheid kan worden, moet de viersporigheid tussen Zwolle en Herfte aansluiting gereed zijn. Deze ambitie is ondergebracht in het Programma Noord Nederland. In dat programma is geconstateerd dat deze extra Sprinters op het traject tussen Meppel en Zwolle, naast andere aanpassingen, ook om versterking van de tractie-installatie vragen. In onze analyse zijn we ook kort nagegaan of deze treindienst tot aanvullende maatregelen zou leiden. In lijn met eerdere bevindingen concluderen we dat op dit traject de onderstations Dedemsvaart en Staphorst versterkt moeten worden met een volwaardige tweede tractiegroep.

4.4 Overzicht haalbaarheid oplossingsrichtingen

In de voorgaande paragrafen hebben we aangegeven in hoeverre de oplossingsrichtingen maakbaar en effectief zijn. Daarnaast hebben we aangegeven wat de verhouding tussen kosten en baten is. De resultaten hebben we samengevat in onderstaande tabel met ons advies voor vervolg.

Oplossingsrichting	Maakbaar	Effectief	Kosten (€ln)
2, extra tractiegroep enkelvoudige onderstations	Ja	Ja	5,6
4, lijnstroombegrenzing ICM activeren	n.v.t.	nee	n.v.t.
5, aarden van de spoorstaaf	Nee	Ja	n.v.t.
8, schakelstations ombouwen naar onderstations	Ja	Ja	27,5
10, Meer dwarskoppelingen in de retourschakelstations ombouwen naar onderstations	Ja	Nee	n.v.t.
11, meer retour	Ja	Ja	>> 21

Van de zes oplossingsrichtingen blijven er drie over die maakbaar en effectief zijn. In kosten is er een duidelijk verschil: oplossingsrichting 2 kent de laagste investeringskosten. Wij adviseren dan ook om oplossingsrichting 2 te realiseren.

De kwaliteit van het baanvak wordt zeker verbeterd door de dwarskoppelingen in het retourcircuit op het niveau van de huidige ontwerpvoorschriften te brengen. We adviseren dan ook om dit op te nemen bij onderhoud aan het baanvak.

4.5 Impact op goederenverkeer

Hoewel er de laatste jaren geen goederenvervoer meer is geweest richting Leeuwarden sluiten we niet uit dat dit in de toekomst terug kan komen. We zijn nagegaan of oplossingsrichting 2, extra tractiegroep voor enkelvoudige onderstations, geschikt is om een goederentrein te faciliteren. De rapportage maakt ons duidelijk dat er een zeer kleine kans is op een lokale overschrijding van de aanraakspanningen. Dit risico kan gemitigeerd worden door op die locaties de dwarskoppelingen in de retour te verdichten. Omdat het goederenverkeer zo gering is, en het risico op een te hoge aanraakspanning zo laag is, adviseren we de dwarskoppelingen pas te versterken op het moment dat op het baanvak groot onderhoud gepleegd wordt.

4.6 Overzicht financiering oplossingsrichtingen en planning op hoofdlijnen

In onze verkenning hebben we met de provincie Fryslân, het Ministerie van Infrastructuur en Milieu en NS Reizigers overeenstemming bereikt over de financiering van de maatregelen. Aangezien het knelpunt zijn oorsprong vindt in een combinatie van de kwaliteit van het lokale tractiesysteem, de wens om de treindienst uit te breiden en de keuze voor inzet van ICM-materieel, worden de kosten gedragen vanuit de motie Koopmans (provincie en IenM), het budget Kleine Functiewijzigingen (ProRail en IenM) en een bijdrage van NS Reizigers. We steken daarbij in op een gefaseerde oplevering.

1. Eerste fase verzwaren 4 onderstations met tweede tractiegroep. Na oplevering kan de gevraagde treindienst gereden worden, maar met terugvalscenario in geval van een storing in een enkelvoudige voedingskabel. Deze fase ronden we af december 2017. Deze krappe planning kent de volgende risico's:
 - a. Levering componenten kritische doorlooptijd

- b. Engineering moet first time right
 - c. Externe besluitvorming mag geen vertraging opleveren
 - d. Orde grootte van dit risicoprofiel is 3 à 4 maand
2. Tweede fase tweede voedingskabel naar de onderstations. Na oplevering kan de treindienst zonder terugvalsscenario gereden worden. Oplevering van deze fase is eind 2018. In deze fase bevat de volgende risico's:
- a. Engineering kabeltracé 's parallel
 - b. Beschikbaarheid aansluiting netbeheerder

5 Conclusies en besluit

We hebben geconstateerd er operationele situaties bestaan waarbij de spoorstaaf-aarde spanning, de aanraakspanning, te hoog wordt. Deze situatie ontstaat op het moment dat tussen Meppel en Leeuwarden twee Intercity's en twee Sprinters per uur per richting rijden, alle met elektrische tractie, en één van de onderstations op het baanvak niet operationeel is. In de capaciteitsanalyse hebben we, om aan de capaciteitsvraag te kunnen voldoen, vijftien oplossingsrichtingen gevonden waarvan we zes oplossingsrichtingen als kansrijk (groen in de tabel) zien:

Nr	Omschrijving
1	Realiseren 3kV bovenleidingspanning
2	Extra tractiegroepen in de enkelvoudige onderstations Havelterberg, Peperga, Grouw en Tjonger
3	Supercondensatoren langs de baan
4	De lijnstroombegrenzing in het ICM materieel activeren op het baanvak Zwolle/Meppel – Leeuwarden
5	Aarden van de spoorstaaf
6	Supercondensatoren in de trein
7	Procedure tractie afschakelen bij tegemoetkomende trein
8	Schakelstations ombouwen naar onderstations
9	DC-DC autotransformator
10	Meer dwarskoppelingen in de retour
11	Meer retour
12	Mobiel onderstation als aggregaat.
13	HESOP (Alstom)
14	Gelijkrichtergruppen permanent
15	Dedicated gelijkrichterwagen plus extra aansluitingen in OS waar nodig

De kansrijke oplossingsrichtingen hebben we in het capaciteitsvergrotingsplan verder uitgewerkt. De resultaten hebben we samengevat in onderstaande tabel met ons advies voor vervolg.

Oplossingsrichting	Maakbaar	Effectief	Kosten (€mln)
2, extra tractiegroep enkelvoudige onderstations	Ja	Ja	5,6
4, lijnstroombegrenzing ICM activeren	n.v.t.	nee	n.v.t.
5, aarden van de spoorstaaf	Nee	Ja	n.v.t.
8, schakelstations ombouwen naar onderstations	Ja	Ja	27,5
10, Meer dwarskoppelingen in de retour	Ja	Nee	n.v.t.
11, meer retour	Ja	Ja	>> 21

Van de zes oplossingsrichtingen blijven er drie over die maakbaar en effectief zijn. In kosten is er een duidelijk verschil, oplossingsrichting twee kent de laagste investeringskosten. Wij adviseren dan ook om oplossingsrichting twee te realiseren.

De kwaliteit van het baanvak wordt verbeterd door de dwarskoppelingen in het retourcircuit op het niveau van de huidige ontwerpvoorschriften te brengen. Met name mogelijk toekomstige

ontwikkelingen als herintroductie van goederenverkeer of de inzet van DDZ materieel worden dan beter ondersteund. We adviseren dan ook om dit op te nemen bij onderhoud aan het baanvak.

De maatregel wordt gefinancierd door de provincie Fryslân, het Ministerie van Infrastructuur en Milieu en NS Reizigers. De tweede sprinter Leeuwarden Meppel kan, met een terugvalscenario, gereden worden nadat we de enkelvoudige onderstations uitgerust hebben met een tweede tractiegroep. We verwachten dat dit per december 2017 gerealiseerd is. De belangrijkste risico's voor deze fase zijn:

- Levering componenten kritische doorlooptijd
- Engineering moet first time right
- Externe besluitvorming mag geen vertraging opleveren
- Orde grootte van dit risicoprofiel is 3 à 4 maand

De tweede sprinter kan zonder beperkingen ingelegd worden als ook de voedingskabels redundant zijn uitgevoerd. Dit is naar verwachting eind 2018 het geval. De belangrijkste risico's zijn hier:

- Engineering kabeltracé 's parallel
- Beschikbaarheid aansluiting netbeheerder

Bijlage 1 Overbelastverklaring

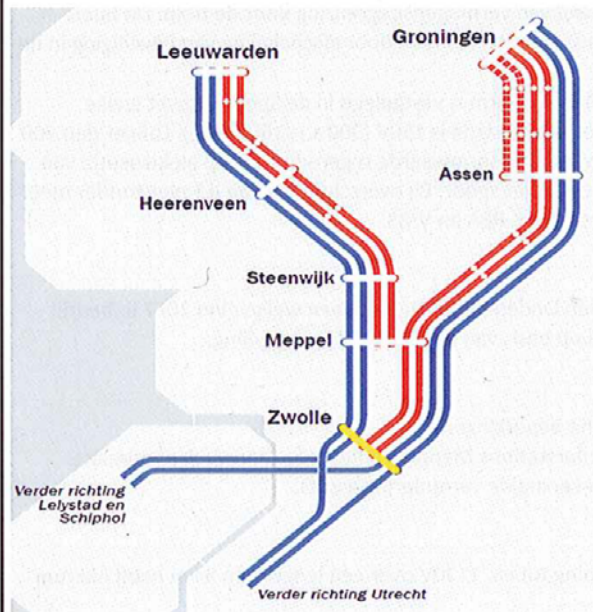
ProRail OVERBELASTVERKLARING NABIJE TOEKOMST		Definitief
Datum	14 april 2016	
Nummer	2017/01	
Betreft	Overbelastverklaring nabije toekomst	
Partijen		
Contactpersonen	ProRail CV: E. Thieme	

Beschrijving van het baanvak / emplacement / station

Betreft baanvak Leeuwarden-Meppel

Beschrijving van de gevraagde capaciteit en/of paden

In de pre-studie fase voor de dienstregeling 2017 is door NS een 4e trein van Leeuwarden-Meppel v.v. ingebracht. De gewenste dienstregeling bestaat uit twee Intercity's en twee Sprinters.



Beschrijving van het conflict

Voor de 4^e trein is er een gereede kans dat er te weinig capaciteit in de tractie-energievoorziening beschikbaar is.

Tijdens de uitvoering van de treindienst kan er sprake zijn van een onveilige aanraakspanning van de rail en een te lage bovenleidingspanning. Ook na de ombouw van schakelstation Heerenveen naar onderstation blijft deze situatie naar de huidige inzichten bestaan.

In situaties waarin één onderstation niet beschikbaar is, een n-1 situatie, zullen de resterende onderstations overbelast raken en mogelijk uitvallen. De aanraakspanning op diverse locaties stijgt tot onveilige hoogtes, de bovenleidingspanning daalt over grote afstanden tot onder een acceptabel niveau.

Er is een netanalyse uitgevoerd en daarin worden de volgende zaken getoetst:

- Thermische belasting: in hoeverre raken componenten zoals kabels, transformatoren, gelijkrichters e.d. overbelast. Naast versnelde veroudering is er kans op uitschakeling met stilvallende treinen tot gevolg (beschikbaarheid).
- Minimale bovenleidingspanning: Conform TSI-Energy moet de gemiddelde bovenleidingspanning tenminste 1200 V zijn. Bij onderschrijding is sprake van vermogensbegrenzing door de trein. Dit heeft impact op rijtijden. Onder de 1000V zal de trein stil komen te staan door afschakeling van beveiliging in de trein.
- Maximale spoorstaaf-aarde spanning: Deze veiligheidsnorm is vastgelegd in de Spoorwegwet welke verwijst naar de EN50122-1. De maximaal toegestane waarde is 150V (300 s.) /160V (1 s.). Langer dan 300 s is toegestane waarde 120V. Bij overschrijden van deze normwaarde is gereede kans op elektrocutie van reizigers, passanten en van medewerkers in en nabij het spoor. Bij overschrijding kan ILT niet zonder meer een indienstellingsverklaring geven in kader van CSM-REA en VMS.

Resultaten netanalyse PrePHS Leeuwarden-Zwolle:

Deze netanalyse gaat uit van de aanwezigheid van een Onderstation Heerenveen welke eind 2017 in bedrijf gaat. Dit onderstation is reeds door ProRail gepland op basis van de huidige dienstregeling.

Thermisch

In de normale bedrijfsvoering (n) zijn geen thermische beperkingen.

In de niet-normale bedrijfsvoering (n-1) raken de onderstations Meppel en Peperga thermisch overbelast. Gevolgen zijn afschakeling TEV (beschikbaarheid) en versnelde veroudering assets.

Bovenleidingspanning

In de normale bedrijfsvoering (n) daalt de BVL-spanning tot ca. 1120V over een lengte van 8 km nabij Akkrum en 1170V tussen Steenwijk-Wolvega.

In de niet-normale bedrijfsvoering - van welke onderstation dan ook - treedt lage tot zeer lage spanning (onder 1200V) over lange afstanden (tussen 10 km en 18 km) . In deze gevallen is sprake van ernstige vermogensbeperking (langzamer rijden) en kans op afschakeling (onder 1050 V).

Spoorstaaf-aarde spanning

In de normale bedrijfsvoering (n) overschrijdt de spoorstaaf-aarde spanning de waarde van 160V nabij Akkrum. Daarmee voldoet ProRail niet aan spoorwegwet. In de niet-normale bedrijfsvoering van welk onderstation dan ook, treden hoge tot zeer hoge spoorstaaf-aarde spanningen op over lange afstanden.

Overigens zijn er in het kader van het Programma Noord Nederland reeds eerder capaciteitsstudies uitgevoerd.

- 15-10-2013; ARCADIS, Netanalyse Zwolle – Leeuwarden in opdracht van PNN
Uitgangspunten
 - BUP 2013 (ICM04 en ICM08)
 - BUP 2020 (ICM04 en ICM08)
 - BUP 2020 Light (ICM04 en ICM08)
- 14-02-2016; ARCADIS, Netanalyse Zwolle – Leeuwarden in opdracht van PNN
Uitgangspunten
 - BUP 2022 (Worst Case, VIRM 10 en DDZ8)
 - BUP 2022 (Best Case, ICM10 en SLT8)
- 14-02-2016; ARCADIS, Netanalyse Zwolle – Leeuwarden in opdracht van PrePHS
Uitgangspunten
 - BUP 2017 (SS Heerenveen, ICM10 en DDZ10)
 - BUP 2017 (OS Heerenveen, ICM10 en DDZ10)
 - Elfstedendienstregeling (OS Heerenveen, 4 pendelsprinters per uur tussen Zw-Lwd)

Samenvatting van de resultaten van de uitgevoerde studies:

#	Onderzoek	Regio	Capaciteit		Bovenleidingspanning		Aanraakspanning	
			Normaal	Gestoorde bedrijfsvoering (n-1)	Normaal	Gestoorde bedrijfsvoering (n-1)	Normaal	Gestoorde bedrijfsvoering (n-1)
1	BUP 2013	N-Oost	OK	OK	OK	Niet OK	Niet OK	?
1	BUP 2020	N-Oost	Niet OK	Niet OK	Niet OK	?	Niet OK	?
1	BUP 2020 light	N-Oost	OK	Niet OK	Niet OK	*	Niet OK	Niet OK; 200V<
2	BUP 2022 (worst case)	N-Oost	OK	OK	Niet OK	Niet OK	Niet OK	Niet OK; 200V<
2	BUP 2022 (best case)	N-Oost	OK	OK	Niet OK	Niet OK; kans op afschakeling	Niet OK	Niet OK; 210V<
3	BUP 2017 (SS Heerenveen)	N-Oost	OK	*	Niet OK	*	Niet OK	*
3	BUP 2017 (OS Heerenveen)	N-Oost	OK	Niet OK	Niet OK	Niet OK; kans op afschakeling	Niet OK	Niet OK; 210V<
3	Elfstedendienstregeling	N-Oost	OK	*	OK	*	Niet OK	*
	* is niet gesimuleerd							

Conflictoplossingen/oplossingsvarianten

ProRail versterkt de energievoorziening op het baanvak middels een onderstation te Heerenveen. Deze zal niet beschikbaar zijn ten behoeve van de dienstregeling 2017.

Er is met verschillende materieelinzetten gerekend in de bovenstaande studies. Er is een zeer geringe kans dat in 2017 de tractie energievoorziening onvoldoende is. Op basis van de definitieve capaciteitsaanvraag van de vervoerder zal beoordeeld worden of nog een aanvullende berekening noodzakelijk is en wat daarvan de mogelijke consequenties zijn voor de capaciteitsverdeling.

Er is middels al wel een quick scan onderzocht of inzet van dieselmaterieel inpasbaar is. Het beeld is als volgt:

- GTW heeft betere rijtijden dan ICM en lijkt daarmee inpasbaar
- Lint.
 - Meppel richting Leeuwarden ontstaat een tekort van 6 seconden t.o.v. berekende rijtijd met 5% rijtijdtoeslag. Percentage wordt 4,9%. Voorkeur voor inzet Lint in het half uur waarin de lange brugopeningen van het Harinxma-kanaal vallen en is er ook geen aansluiting op de uursverbinding sneltrein naar Groningen.
 - Leeuwarden richting Meppel ontstaat een tekort van 1,4 minuut, dus de aankomsttijd in Meppel wordt 2 minuten later en de hoekom-aansluiting naar Hoogeveen wordt in dat half uur verbroken. Goederenpad Onnen – Zwolle wordt verschoven naar het andere half uur.
- DM'90. Bij inzet DM'90 4 bakken wordt per richting een rijtijdverlenging van rond de 2 minuten berekend

t.o.v. inzet ICM. Dit is passend te krijgen door de reistijd Meppel – Leeuwarden v.v. te verlengen, maar gaat wel ten koste van de bovengenoemde overstappen in Meppel en Leeuwarden.

Ook na de realisatie van een onderstation te Heerenveen is er een gereede kans dat de tractie energie voorziening onvoldoende is. Dit vergt een capaciteitsanalyse en een capaciteitsvergrotingsplan. Daarin worden verdere oplossingen beoordeeld. Deze kunnen bestaan uit (combinaties van) aanpassingen in materieelinzet, dienstregeling en infrastructuur. Op basis van de Netanalyse in opdracht van Programma Noord-Nederland voor het BUP 2022 is als de oplossing in de infrastructuur wordt gezocht, een kostenschatting op basis van kengetallen van ca. € 16-18 mln,= niet ondenkbeeldig. Dit betekent dat besluitvorming over de wijze van financieren van eventuele maatregelen onderdeel zou moeten zijn van het capaciteitsvergrotingsplan.

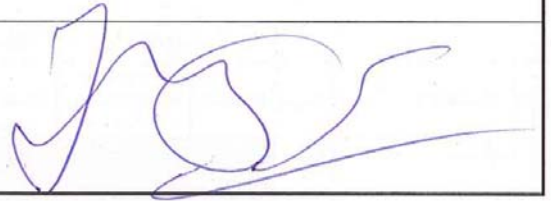
Gekozen oplossing voor dienstregelingsjaar 2017

Te bepalen tijdens de jaardienstverdeling.

Ondertekening

Utrecht,

14-4-2016



H. Thomassen

Manager Capaciteitsverdeling

Bijlage 2

Deelnemers werkgroep

Werkgroep 13 juli

Wie	Organisatie	
Jos Molenaar	ProRail Projecten	Projectmanager
Robert Roosemolen	ProRail projecten	RSE
Annemieke Spitse	ProRail Projecten	Projectcoördinator
Jebbe Westerbeek	ProRail Operatie	Systeemverantwoordelijke
Bertil van Kant	ProRail Operatie	Systeemverantwoordelijke
Frank van Veldhuizen	ProRail Operatie	Regiomanager Architectuur en Techniek
Hans Offermans	Provincie Fryslân	Manager OV
Ed Siemonsma	NSR	Adviseur
Marcel Walraven	ProRail Operatie	Netbeheerder
Jack Kruijjer	ProRail VenD	Programmamanager

Werkgroep 21 juli

Wie	Organisatie	
Jos Molenaar	ProRail Projecten	Projectmanager
Frank van Veldhuizen	ProRail Operatie	Regiomanager Architectuur en Techniek
Geert Scheepers	ProRail Operatie	Tracémanager
Jan Mulder	ProRail Relatiemanagement	Regiodirecteur
Pim Raaijmakers	NSR	Accountmanager
Marcel Walraven	ProRail Operatie	Netbeheerder
Jack Kruijjer	ProRail VenD	Programmamanager

Werkgroep 26 oktober

Wie	Organisatie	
Jos Molenaar	ProRail Projecten	Projectmanager
Annemieke Spitse	ProRail Projecten	Projectcoördinator
Jebbe Westerbeek	ProRail Operatie	Systeemverantwoordelijke
Rob Dirven	ProRail Operatie	Specialist retour
Frank van Veldhuizen	ProRail Operatie	Regiomanager Architectuur en Techniek
Hans Offermans	Provincie Fryslân	Manager OV
Ed Siemonsma	NSR	Adviseur
Pieter Lautenbach	ProRail Relatiemanagement	Relatiemanager
Marcel Walraven	ProRail Operatie	Netbeheerder
Jack Kruijjer	ProRail VenD	Programmamanager
Bart de Vet	Movares	Adviseur

Bijlage 3 Ondersteunende documentatie

Titel	Kenmerk	Datum	Bron
EV Meppel Leeuwarden, verbeteren tractie energievoorziening	TES-BDV-160011790	23 nov 2016	Movares
Position Paper, Meppel Leeuwarden, Methoden verlagen spoorstaaf-aarde potentiaal	RA-HJDV-20160817-01	1 sep 2016	Movares
Standpunt Voltage Limiting Device voor Meppel-Leeuwarden	MW163901, v2.0	26 okt 2016	ProRail
E-mail Marcel Walraven aan Jack Kruijer	E-mail 8-12-2016, 16:15	8 dec 2016	ProRail

Colofon

Titel Capaciteitsanalyse en –vergrotingsplan Leeuwarden - Meppel
Documentnummer [T20160204-1304387649-33395](#)
Versie/Datum 1.0/ 25-01-2017
Status Definitief

Van ProRail
Auteur Jack Kruijer