

Hoogspanningsmasten in Gelderland

Het concessiegebied van de PGEM



Tom Börger

VOORWOORD

Dit rapport is geschreven uit interesse voor hoogspanningsmasten en de geschiedenis ervan. Het biedt een blik op een eeuw aan mastenbouw en past in een serie naslagwerken over hoogspanningslijnen in Nederland. Gereed of in voorbereiding zijn soortgelijke verslagen over masten in andere provincies. Het rapport gaat vooral over de bovengrondse lijnen en hun aanwezigheid in het landschap, niet zozeer over het netwerk of de trafostations en de elektrotechniek. Zijdelings komt dit natuurlijk wel voorbij. In Gelderland zijn van oudsher de lijnen gebouwd door de PGEM: de “Provinciale Geldersche Electriciteits Maatschappij”. In de volksmond ook wel uitgesproken als “Pee-G-Em”.

Er zijn in de loop der jaren veel hoogspanningsleidingen gebouwd. Lang niet alle zijn heden nog aanwezig, vooral van het 50 kV-net dat het eerst gebouwd was, is veel inmiddels vervangen door hetzij ondergrondse kabels, hetzij 150 kV-lijnen. Toch blijft er een behoorlijk dicht netwerk aanwezig. De masten die door de PGEM zijn neergezet hebben een herkenbaar uiterlijk. Dat ligt niet alleen aan de vorm van de mast, met bijvoorbeeld de zeer kenmerkende tonmast, maar ook aan de wijze waarop de isolatorkettingen zijn uitgevoerd, als dubbele parallelle ketting. Voor de kenner en de liefhebber is de PGEM-mast direct herkenbaar. Misschien is Gelderland wel de meest rijke provincie als het aankomt op lijnhistorie.

Het gebied van de hoogspanningslijnen is wat betreft beschikbare openbare informatie een vrij schaars terrein. Dit terwijl de zichtbaarheid ruim voldoende lijkt. Ook in vergelijking tot andere infrastructuur scoort dit onderwerp laag: over bijvoorbeeld spoorwegen is veel meer (openbare) informatie te vinden. Voor de auteur zelf is dit rapport een vorm van het vastleggen van de beschikbare kennis over de masten, voor anderen voorziet het hopelijk in de behoefte om meer te weten te komen over de masten. Vanwege de website www.hoogspanningsnet.com met het bijbehorende forum is de kennis van het hoogspanningsnet en de toegankelijkheid ervan sterk vergroot. Het heeft het niveau van dit rapport aanzienlijk verbeterd, maar zorgde ook voor een opgave om alle (beeld)informatie te verwerken.

In de ogen van de meeste mensen zijn hoogspanningsmasten maar lelijke objecten die het uitzicht over het landschap bederven, vergelijkbaar met moderne windmolens. Daarnaast heeft ook slechts een minderheid oog voor techniek. Toch kunnen de hoogspanningslijnen wel degelijk boeien. Ten eerste is er de leeftijd van de lijnen, die zodanig is dat het beschrijven van het complete net, betekent dat je een duik in het verleden maakt. Daarnaast kan als men de moeite neemt de masten goed te bekijken wel degelijk interessante verschillen waarnemen, en zijn bepaalde mastbeelden te waarderen, terwijl andere juist minder geslaagd zijn. Helaas zijn veel van de oude lijnen, maar ook verassend genoeg tamelijk recente, al afgebroken. Dit is de reden dat ook oud foto- en kaartmateriaal is gebruikt.

De beschrijving van de masten en hoogspanningslijnen is grotendeels een feitelijke beschrijving van jaartallen, lengtes en andere eigenschappen. Maar over de masten hebben we geprobeerd om ook een onderbouwing te geven over de vraag of een bepaald mastontwerp “mooi” is of juist minder geslaagd is. Hoewel zo goed mogelijk geprobeerd is om een mening van argumenten te voorzien, zit hier natuurlijk ook een dosis subjectiviteit achter. In de provincie Gelderland hebben heel veel verschillende masten gestaan. En wat betreft het vraagstuk of dit mooie exemplaren zijn valt zeker te zeggen dat er mooie ontwerpen bij zitten.

Rest nog een woord van dank aan iedereen van het forum www.hoogspanningsnet.com voor het delen van de informatie en beeldmateriaal, dat onmisbaar was voor het samenstellen van dit rapport.

Tom Börger
December 2017

Voorblad: mast 23 in de lijn Doetinchem - Zutphen. De voor deze provincie zo kenmerkende tonmast. Op de achtergrond mast 16 van de 380 kV-lijn Doetinchem - Hengelo.

SAMENVATTING

Het rapport behandelt de geschiedenis van de bovengrondse hoogspanningsleidingen in de provincie Gelderland. In Gelderland zijn lijnen aanwezig met de spanning van 50-, 150- en 380 kV. Voor wat betreft de spanningen van 50- en 150 kV zijn alle lijnen gebouwd door het elektriciteitsbedrijf de PGEM. De Provinciale Gelderse Elektriciteitsmaatschappij werd in 1915 opgericht en verzorgde tot zij in 1999 opging in de Nuon de energiebedrijf in vrijwel geheel Gelderland en later ook Flevoland.

In 1918 werd het opzetten van een 50 kV-hoogspanningslijn van de energiecentrale in Nijmegen naar Apeldoorn gepland. De reden hiervoor was het voeden van de straalzenders van Kootwijk. De eerste hoogspanningsleiding tussen Lent en Apeldoorn werd in 1922 in gebruik genomen op 10 kV. De masten in de lijn waren van het "tontype", met een eenvoudige slanke mast. In Lent, Arnhem en Apeldoorn werden in de jaren twintig 50 kV-trafostations gebouwd voor deze lijn. Vanaf Lent verscheen in de jaren twintig ook een hoogspanningslijn naar Tiel, via een tussenstation bij Opheusden. In oostelijke richting werd een lijn naar Doetinchem aangelegd. Enkele jaren later, in 1930 werd de ringstructuur gecombineerd met de lijn Hemmen - Apeldoorn via Ede en Kootwijk. In al deze jaren '20-lijnen werden de typische "schaarmasten" gebruikt.

1935 markeerde de bouw van de Centrale Gelderland, een grote energiecentrale die relatief ongeschonden de oorlog heeft doorstaan, echter betreurenswaardig in de jaren negentig is afgebroken. Erbij hoorde een voedingslijn naar Arnhem. Verder zijn er in de jaren dertig geen lijnen gebouwd. Aan het begin van de oorlog breidde het net nog uit met 50 kV-verbindingen naar Hattem, Winterswijk en Zaltbommel. Deze werden uitgevoerd met zeer kleine masten enkel voor enkelsluit.

Reeds voor de oorlog gepland maar pas in 1949 gerealiseerd, was de eerste 150 kV-lijn van Nijmegen naar Apeldoorn. Een grote ruimtelijke mast met de geleiders in dennenboomconfiguratie werd in deze lijn toegepast. Kort hierna verschenen nog een verbinding in westelijke richting bij Hemmen en in noordoostelijke richting naar Deventer. Het ging hier om lijnen bedoeld als onderdeel van het landelijke koppelnet. Het 50 kV-net breidde begin jaren vijftig ook uit met een wat steviger maar bescheiden masttype, geschikt voor dubbelsluit.

Vanaf 1955 doet het karakteristieke Gelderse 150 kV-tonmastmodel zijn intrede. Er zijn vele lijnen tot eind jaren zestig met dit masttype aangelegd. De eerste uit dit tijdvak was Nijmegen - Doetinchem. Samen met de lijn naar Ede had deze tonmast een enkel balkje als boventraverse. Vervolgens zijn meerdere lijnen gebouwd met dit masttype.

Het 50 kV-net heeft lang een belangrijke rol gespeeld in Gelderland, in dat opzicht onderscheid de provincie zich van andere provincies als bijvoorbeeld Noord-Brabant waar al voor 1960 een groot deel van het 50 kV-net was vervangen door 150 kV. In Gelderland breidde het 50 kV-net nog uit in de jaren zestig, maar vanaf het einde van dat decennium kwam het tot een halt. In eerste instantie werden nog lange verbindingen gebouwd, later werden het korte stukjes als uitloper. Veel van deze laatstgenoemde verbindingen zijn vrij snel al weer afgebroken.

In de jaren zestig kwam ook in Flevoland het hoogspanningsnet tot stand, vanuit de Flevocentrale verschenen twee grote drie-circuitlijnen met daarin deltamasten. In de zuidelijke Flevopolder kwam nog een verbidingslijn naar Soest en later naar Almere tot stand.

Zoals ook in andere provincies te zien valt, trad halverwege de jaren zeventig een sterke neergang op in de lijnenbouw. en tussen Nijmegen en Druten werden nog tot in de jaren tachtig lijnen gebouwd. Twee nieuwe mastontwerpen werden toegepast, de Maas-Waalmast en de buismast. Die laatste is met name in de Achterhoek toegepast, waar deze onder andere een bestaande 50 kV-lijn verving.

Gelderland werd onderdeel van het landelijk 380 kV-koppelnet vanaf 1970, toen de lange verbinding Maasbracht - Dodewaard gereed kwam. Twee jaar later verscheen in Flevoland de 380 kV-verbinding tussen Diemen en Ens, die echter van weinig betekenis was voor het Gelderse net. Hoewel er lang plannen waren voor het sluiten van de koppelnetring via Oost-Nederland, gebeurde dat pas in 1991, toen met de lijn Dodewaard - Doetinchem en het vervolg over Hengelo en Ens, de landelijke ring

compleet werd. Vanaf dat moment was ook Gelderland vanaf twee richtingen verbonden in plaats van een uitloperlijn via Maasbracht.

In de jaren tussen 1980 en 2005 werd het 50 kV-net afgebroken op twee lijnen na. Als eerste verdwenen de oudste uit de jaren twintig daterende verbindingen, met in 1990 de karakteristieke lijn Arnhem - Apeldoorn. Begin jaren tweeduizend verdween het 50 kV-net over de Veluwe waaronder Kootwijk.

In 2005 gingen de 150 kV-lijnen van Nuon over naar Tennet. Het 50 kV-net ging naar de opvolger van Nuon, Liander.

In het afgelopen decennium zijn er meerdere kleinere projecten uitgevoerd, waaronder het ondergronds brengen van lijnen in de buurt van woonwijken, zoals in Apeldoorn. Ook zijn masten aangepast vanwege gewijzigde (veiligheids)normen. Zo is bijvoorbeeld de ophanging van de geleiders veranderd en zijn valbeveiligingen aangebracht in de vorm van leuningen. Ondanks dit alles is er nog een groot aantal masten waarin het oorspronkelijke PGEM-ontwerp goed zichtbaar is.

De bouw van 380 kV-lijn Doetinchem - Wesel zorgde voor de introductie van de wintrackmast in het Gelderse landschap. De bestaande 150 kV verbinding tussen Doetinchem en Ulft moest wijken voor deze nieuwbouw die als combinatie van 380/150 kV werd gebouwd. Het ontwerp van deze nieuwe masten is een gevolg van de wetgeving omtrent magneetvelden. Vanwege de aanzienlijke hoogte en de uitvoering als bi-pole buismast zijn de masten een opvallende verschijning in het landschap.

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	2
SAMENVATTING.....	3
1 INLEIDING	8
2 DE PGEM	10
3 HET VOOROORGLOGSE 50 KV-NET	12
3.1 LENT - ARNHEM - APELDOORN	13
3.1.1 Masttype	14
3.1.2 Tracé	15
3.1.3 Ontwikkelingen in de tijd	23
3.2 LENT - HEMMEN - TIEL	25
3.3 ARNHEM - DOETINCHEM	30
3.4 HEMMEN - EDE - KOOTWIJK - APELDOORN	34
4 CENTRALE GELDERLAND	40
4.1 CENTRALE GELDERLAND - ARNHEM	43
5 DE HOOGSPANNINGSLIJNEN IN DE OORLOGSJAREN	48
5.1 MASTTYPE	49
5.2 APELDOORN - HATTEM	49
5.3 DOETINCHEM - WINTERSWIJK.....	52
5.4 TIEL - NEERLIJNEN	54
5.5 NIJMEGEN - KLEEF (TOT GRENS)	55
6 DE NAOORLOGSE 150-KV LIJNEN	57
6.1 NIJMEGEN - APELDOORN	57
6.2 NIJMEGEN - DODEWAARD - VEENENDAAL (TOT GRENS).....	65
6.3 APELDOORN - DEVENTER.....	66
6.4 NIJMEGEN - BLERICK (TOT GRENS)	69
7 DE JAREN VIJFTIG 50 KV-LIJNEN	74
7.1 DOETINCHEM - ZUTPHEN	75
7.2 APELDOORN - ZUTPHEN.....	77
7.3 KOOTWIJK - NUNSPEET	80
7.4 EDE - BARNEVELD - NIJKERK	82
8 TONMASTENLIJNEN DEEL I.....	85
8.1 DE TONMAST.....	86
8.2 NIJMEGEN - DOETINCHEM	87
8.3 DODEWAARD - EDE.....	90
8.4 DODEWAARD - TIEL.....	92
8.5 TERWOLDE - HATTEM.....	94
8.6 HATTEM - HARCULO.....	98
8.7 DOETINCHEM - ZUTPHEN	100
8.8 EDE - HARDERWIJK.....	102
9 LAATSTE UITBREIDING VAN HET 50 KV-NET	104
9.1 MASTTYPE	105
9.2 DOETINCHEM - WINTERSWIJK.....	106

9.3	AFTAK EERBEEK	108
9.4	HATTEM - BERGHUIZEN.....	110
9.5	NUNSPEET - HARDERWIJK.....	111
9.6	HARDERWIJK - NIJKERK.....	113
9.7	AFTAK ANKLAAR.....	114
9.8	AFTAK ANGERLO.....	116
9.9	AFTAK ZEVENAAR	117
9.10	TIEL - CULEMBORG.....	118
10	TONMASTENLIJNEN DEEL II	120
10.1	APELDOORN - ZUTPHEN.....	121
10.2	ZUTPHEN - LOCHEM	123
10.3	AFTAK VAASSEN.....	126
10.4	GKN (CENTRALE DODEWAARD) - DODEWAARD	127
10.5	VERBINDINGSLIJN STATION DODEWAARD.....	128
11	FLEVOLAND	130
11.1	FLEVOCENTRALE	130
11.2	HET NET IN FLEVOLAND	131
11.3	DE DRIECIRCUIT-DELTAMAST	131
11.4	HARDERWIJK - LELYSTAD.....	134
11.5	HATTEM - LELYSTAD.....	136
11.6	AFTAK BIDDINGHUIZEN - ZEEWOLDE EN ZEEWOLDE TOT GRENS	137
11.7	ZEEWOLDE - ALMERE	139
12	TONMASTENLIJNEN DEEL III.....	141
12.1	DOETINCHEM - ULFT.....	143
12.2	WOUDHUIS - HATTEM	147
12.3	LOCHEM - BORCULO	150
12.4	TIEL - ZALTBOMMEL.....	152
12.5	NIJMEGEN - NEERBOSCH - NIJMEGEN TEERSDIJK.....	155
12.6	NEERBOSCH - DRUTEN - WAMEL.....	156
13	BUISMASTEN	159
13.1	DE BUISMAST.....	159
13.2	ULFT - DALE - WINTERWIJK	161
13.3	WINTERSWIJK - BORCULO	161
13.4	NUNSPEET - HARDERWIJK.....	163
14	380 KV-LIJNEN	164
14.1	INLEIDING	164
14.2	MASTTYPE	165
14.3	DIEMEN - ENS (GRENS TOT GRENS).....	166
14.4	MAASBRACHT - DODEWAARD (VANAF GRENS).....	169
14.5	DOETINCHEM - HENGEL (TOT GRENS)	170
14.6	DOETINCHEM - DODEWAARD.....	176
14.7	DOETINCHEM - WESEL	179
14.7.1	<i>Ontbrekende traverses</i>	<i>180</i>
14.7.2	<i>Vakwerkmast niet mogelijk?.....</i>	<i>181</i>
14.7.3	<i>Lijnbeeld</i>	<i>182</i>

14.7.4	<i>Hoogte en zichtbaarheid</i>	182
14.7.5	<i>Vormgeving</i>	183
14.7.6	<i>Technische prestatie</i>	183
14.7.7	<i>Conclusie</i>	184
14.7.8	<i>Vervangen lijnen</i>	185
14.7.9	<i>Tracé</i>	185
15	GERAADPLEEGDE BRONNEN	189
BIJLAGE A:	LIJNENTABEL VAN GELDERLAND	190
BIJLAGE B:	LIJNENOVERZICHT GELDERLAND	191

1 INLEIDING

Dit rapport beschrijft de historie van de hoogspanningslijnen en vooral van de hoogspanningsmasten in Gelderland. De lijnen zijn grotendeels gebouwd door het elektriciteitsbedrijf de PGEM. Vanaf de jaren zestig echter met de toevoeging van het 380 kV-koppelnets ook door de SEP, de voorloper van het huidige Tennet. Omdat vrijwel alle lijnen in Gelderland door de PGEM zijn gebouwd, hebben deze een bepaalde samenhang die bij het bekijken van de netkaart niet meteen zichtbaar wordt, maar door de historie erbij te beschouwen wel duidelijk is te maken. In dit rapport proberen we hierover duidelijkheid te bieden. Gelderland heeft een rijke historie op het gebied van bovengrondse hoogspanningsleidingen. Er heeft een heel dicht net gestaan dat bestond uit een 50 kV-net, en een bovenliggend 150 kV-net. In de jaren zeventig was het op zijn hoogtepunt.

De bronnen die gebruikt zijn om dit rapport te schrijven zijn voor het grootste deel openbaar toegankelijk. Van historische foto's die beschikbaar zijn via "beeldbanken" is dankbaar gebruik gemaakt. Deze bronnen breiden nog steeds uit. Daarnaast zijn de topografische kaarten bestudeerd waar de lijnen op zijn ingetekend. Als laatste is ook geput uit eigen fotomateriaal en dat van anderen.

Helaas is het vooralsnog niet mogelijk geweest om gebruik te maken van archiefgegevens vanuit de PGEM of Tennet zelf. Dit zou mogelijk veel informatie hebben opgeleverd van inmiddels verdwenen 50 kV-lijnen, waar verder weinig van bekend is. Ook de bouwtekeningen van de masten zijn helaas niet beschikbaar geweest. Wel hebben de gedenkboeken die gemaakt zijn over de PGEM informatie verschaft die op een andere wijze niet was na te gaan. Vooral voor het verkrijgen van informatie over de oudste vooroorlogse lijnen zijn de gedenkboeken van veel waarde geweest.

Onvermijdelijk was het gebruik van een aantal vaktermen. Voor uitleg wordt verwezen naar de website www.hoogspanningsnet.com, waar veel uitleg te vinden is. Sinds 2011 is deze website er in zijn huidige vorm, inclusief een discussieforum zodat het onderwerp van de hoogspanningslijnen een stuk toegankelijker is geworden. Voor de mastnummers en de types is de via genoemde website netkaart v5 van grote hulp geweest.

Het rapport is chronologisch opgebouwd en per tijdvak worden de lijnen en erin toegepaste masten beschreven, omdat die overeenkomsten hebben. De hoofdstukken zijn zo ingedeeld dat soortgelijke masten per hoofdstuk worden behandeld. Want uiteindelijk gaat het hier over de hoogspanningsmasten. Voor de grotere plaatsen als Arnhem, Nijmegen en Apeldoorn gaan we apart in op de ontwikkeling in de tijd.

In dit rapport zijn van de oudste lijnen grafische overzichten opgenomen: een kaartje met het tracé en naast dit kaartje de kengetallen lengte, bouwjaar en hoogte van de mast. Tevens is het mastbeeld schematisch getekend. Slechts indien vereist, vaak bij de grote steden of bij lijnen waar geheel geen beeldmateriaal van bekend is, komen in dit rapport detailkaartjes voor. Vanwege de leesbaarheid zijn de 50 kV-lijnen in de tracékaartjes in een bruine kleur getekend in plaats van de gebruikelijke gele kleur. Per hoofdstuk worden per tijdvak de lijnen in tabelvorm aangegeven. De beschrijvingen van de tracés zijn consequent in de verleden tijd geschreven.

Dit rapport begint na een korte introductie over het elektriciteitsbedrijf het verhaal in hoofdstuk 3 met de vooroorlogse lijnen, allemaal van 50 kV. Er stond voor de oorlog een aanzienlijk net in Gelderland. De stations en andere gebouwen hadden een prachtige architectuur met als hoogtepunt de Centrale Gelderland in Nijmegen.

In de oorlogsjaren werden opvallend genoeg ook hoogspanningsleidingen aangelegd. Hieronder viel een lijn die speciaal bedoeld was als koppellijn met de Brabantse PNEM. Maar hoewel al wel gepland, kwam het niet tot uitvoering van lijnenbouw voor het 150 kV-koppelnets. Hoofdstuk 4 beschrijft de koppellijn en de overige lijnen die werden gebouwd. Een opmerkelijke lijn uit de oorlog is die van Nijmegen naar Kleef die direct na de oorlog buiten dienst raakte en prompt werd afgebroken.

Centraal in het netwerk was lange tijd de Elektriciteitscentrale in Nijmegen. Vanaf hier werden na de oorlog drie belangrijke 150 kV-verbindingen gebouwd. Ook hierin zitten hele herkenbare masten die

voor het grootste deel nog altijd aanwezig zijn. In hoofdstuk 6 gaat het over deze karakteristieke masten. In dezelfde tijd werd ook het 50 kV-netwerk vergroot op de Veluwe en in de achterhoek. Zie daarvoor hoofdstuk 7.

In de daaropvolgende ruwweg twintig jaar tussen 1954 en 1974 worden vrijwel alle huidige aanwezige lijnen gebouwd. De periode is duidelijk onder te verdelen in een aantal vakken waarbij ook het masttype tot een bepaalde tijd kan worden herleid. Tot eind jaren zestig werden nog verbindingen aangelegd voor de spanning van 50 kV. Veel daarvan zijn echter niet voldoende tijdsbestendig gebleken en inmiddels vervangen. In hoofdstuk 9 gaat het over deze laatste slag.

Van 1954 tot eind jaren zestig werd voor de 150 kV-lijnen het voor Gelderland zo kenmerkende type tonmast gebruikt. De verschillen in de masten zijn klein, maar wel aanwezig. De masten treffen we aan in de regionale lijnen overal door de provincie. Hoofdstuk 8 gaat in op deze masten.

Hierna neemt de lijnenbouw duidelijk af en is het masttype minder eenduidig. Een nieuw, zwaarder type tonmast verschijnt en wordt nog toegepast tot halverwege de jaren zeventig. Een lichtere versie ervan komen we tegen in enkele uitloperlijnen in de Achterhoek en naar Tiel. In de hoofdstukken 9 t/m 12 gaan we in op de diverse masttypes.

De leidingen waar buismasten in voorkomen zijn gebundeld in een hoofdstuk, nummer 13. Deze masten zijn in de jaren zeventig geïntroduceerd. De laatste is de vervangende nieuwbouw uit 2005 bij Harderwijk.

De provincie Flevoland is vanaf 1968 (zuidelijk deel) drooggelegd en vanaf die tijd onder beheer van de PGEM. Vanwege de bouw van een energiecentrale en twee nieuwe lijnen speelde dit gebied een belangrijke rol in het hoogspanningsnet. In het hoofdstuk 11 worden alle 150 kV-lijnen behandeld in Flevoland.

Het 380 kV-koppelnets is sinds 1969 aanwezig in Nederland. Gelderland had lange tijd een eindpunt in dit net bij Dodewaard. In het noordwesten liep de verbinding Diemen - Ens over het "grondgebied" van de PGEM. In 1990 werd de oostelijke ring "gesloten" en kwam er de nieuwe verbinding tussen Hengelo en Dodewaard via Doetinchem bij. Tenslotte volgde in 2017 de nieuwbouw van de verbinding tussen Doetinchem en Wesel. Het laatste hoofdstuk gaat over deze lijnen, met een wat langere beschouwing over de in aanbouw zijnde Wintrackmasten in laatstgenoemde lijn.

We sluiten af met de bronvermelding en een overzichtstabel van alle gebouwde bovengrondse lijnen inclusief een weergave per tijdvak.



Het logo van de PGEM in de jaren tachtig.

2 DE PGEM

De PGEM of voluit de Provinciale Geldersche Electriciteits-Maatschappij was het nutsbedrijf dat in de provincie Gelderland de stroomvoorziening verzorgde. Het was eigenaar van het hoogspanningsnet, met uitzondering van enkele gemeentelijke netten, het laagspanningsnet en de energiecentrales. In 1915 was het bedrijf opgericht en werd gevestigd in Arnhem. Vanaf de jaren twintig werd onder leiding van directeur ir. H. Lohr de energieproductie overgenomen van de gemeentelijke centrales. De belangrijkste locatie voor energieopwekking was in Nijmegen.

In de tweede wereldoorlog werd veel schade aangericht aan de bovengrondse netten. Na de oorlog volgde herstel en trad een periode van groei op. Zowel de energieproductie als het hoogspanningsnet breidde sterk uit. Aan het einde van de jaren tachtig werd de productie ondergebracht in de EPON. Dat gebeurde samen met de Overijsselse IJsselmij, het Friese PEB en de Gronings-Drentse EGD. Later ging dit bedrijf verder als Electrabel. Het distributienet tot 150 kV bleef echter in handen van PGEM. In 1994 werd het bedrijf opgeheven en ging het over in de NUON. Dat was een fusie met het Friese PEB en nog twee kleinere bedrijven. Een jaar eerder waren de IJsselmij en de EGD al samengegaan als EDON. Een fusie met het aangrenzende bedrijf in Overijssel kwam er dus niet van. Vanwege de zogenaamde splitsingswet uit 2006 moest het elektriciteitsnet voor de spanningen vanaf 110 kV en hoger worden afgesloten. In 2009 werd het beheer van het netwerk van NUON, waaronder het Gelderse 150 kV-net viel, door Tennet overgenomen.

Het bedrijf was vanaf 1938 gevestigd in een karakteristiek gebouw aan de Utrechtseweg 68 in Arnhem. Veel gebouwen van de PGEM zijn in een vergelijkbare architectuur ontworpen, daaronder vallen bijvoorbeeld het bedieningsgebouw van station Het Broek in Arnhem, de Centrale Gelderland in Nijmegen en diverse gebouwen bij trafostations zoals in Doetinchem en Apeldoorn. In dat opzicht onderscheidt de PGEM zich van andere energiebedrijven. De architect van deze gebouwen was Hendrik Fels (1882-1963). Dit was een broer van Jan Jacob Fels, die werkzaam was bij de PGEM, vanaf 1940 in de directie. Samen konden zij hun stempel drukken op de vormgeving van de inrichting van de gebouwen en terreinen die samenhangen met het elektriciteitsnet. Het is niet bekend of dat ook gold voor het ontwerp van de masten. Wellicht dat in de toekomst de ontsluiting van het PGEM-archief hier nadere informatie over kan geven. Met uitzondering van de 380 kV-lijnen die vanuit de SEP tot stand zijn gekomen, zijn vrijwel alle andere lijnen in Gelderland en Flevoland door de PGEM ontworpen en gebouwd.



Het kantoor van de PGEM in Arnhem aan de Utrechtseweg 68. Archiefphoto uit de jaren tachtig. Het gebouw was gebouwd volgens de architectuur van de Amsterdamse School. In 1989 is het helaas afgebroken en vervangen door het huidige gebouw van Alliander.

Ondanks het feit dat heden het gehele landelijke hoogspanningsnet boven de 110 kV door Tennet wordt beheerd, is te constateren aan bijvoorbeeld de toepassing van hekwerkjes op de masten, dat bij (ver)bouw projecten nog regionale invloeden bestaan. In dat opzicht zou je nog iets van de invloed van het vroegere provinciale elektriciteitsbedrijf kunnen herkennen.



Fotocollage van typische PGEM-kenmerken van hoogspanningsmasten.

3 HET VOOROORGLOGSE 50 KV-NET

Voor het verhaal over de bouw van de eerste hoogspanningslijnen maken we gebruik van het oudste gedenkboek, dat de PGEM beschrijft tussen 1915 en 1940. Ook is een artikel van architect ir. Fels uit het tijdschrift “de Ingenieur” over het station in Arnhem gebruikt. De lijnenbouw in Gelderland begint in de jaren twintig. Alle lijnen zijn gebouwd voor de spanning van 50 kV. Aan het begin van de jaren dertig is er een indrukwekkende ringleiding over de Veluwe aanwezig en wordt vanuit de centrale van Nijmegen vrijwel de gehele provincie van stroom voorzien. Het net heeft twee uitlopers naar Tiel en een naar Doetinchem. Voorts zijn er plannen om het 50 kV-net verder uit te breiden met lijnen naar Hattem, Ede, Zutphen en Bredevoort. Deze plannen zouden echter niet meer gerealiseerd worden voor de jaren veertig, en de lijn naar Ede kwam er zelfs nooit als 50 kV-lijn. Wat nog wel plaatsvond was de bouw van de centrale “Gelderland” in Nijmegen, met bijbehorende 50 kV-lijn naar Arnhem.

Hoogspanningslijn	Spanning	Lengte	Bouwjaar	Vervallen	Masttype
Lent - Arnhem	50 kV	15,0	1922	1950	Tonmast
Arnhem - Apeldoorn	50 kV	27,0	1922	1990	Tonmast
Lent - Hemmen	50 kV	13,9	1926	1981	Schaarmast
Hemmen - Tiel	50 kV	16,8	1926	1987	Schaarmast
Arnhem - Doetinchem	50 kV	24,5	1927	1984	Schaarmast
Hemmen - Ede	50 kV	16,2	1929	-	Schaarmast
Ede - Kootwijk	50 kV	18,8	1930	2001	Schaarmast
Kootwijk - Apeldoorn	50 kV	12,0	1931	2001	Schaarmast
Centrale Gelderland - Arnhem	50 kV	13,0	1935	-	Drievlaksmast

Tabel: lijnen uit de vooroorlogse periode.



Netkaart uit het artikel van Fels in *De Ingenieur*, 1930. Vanuit de centrale in Nijmegen wordt stroom geleverd aan het grootste deel van de provincie via een ringleiding over Arnhem, Apeldoorn, Ede en Hemmen. Twee uitlopers naar Tiel en Doetinchem zijn verder al aanwezig. De in de figuur geplande gestippelde lijnen zijn niet meer voor 1940 gebouwd, de lijn naar Ede kwam er uiteindelijk niet.

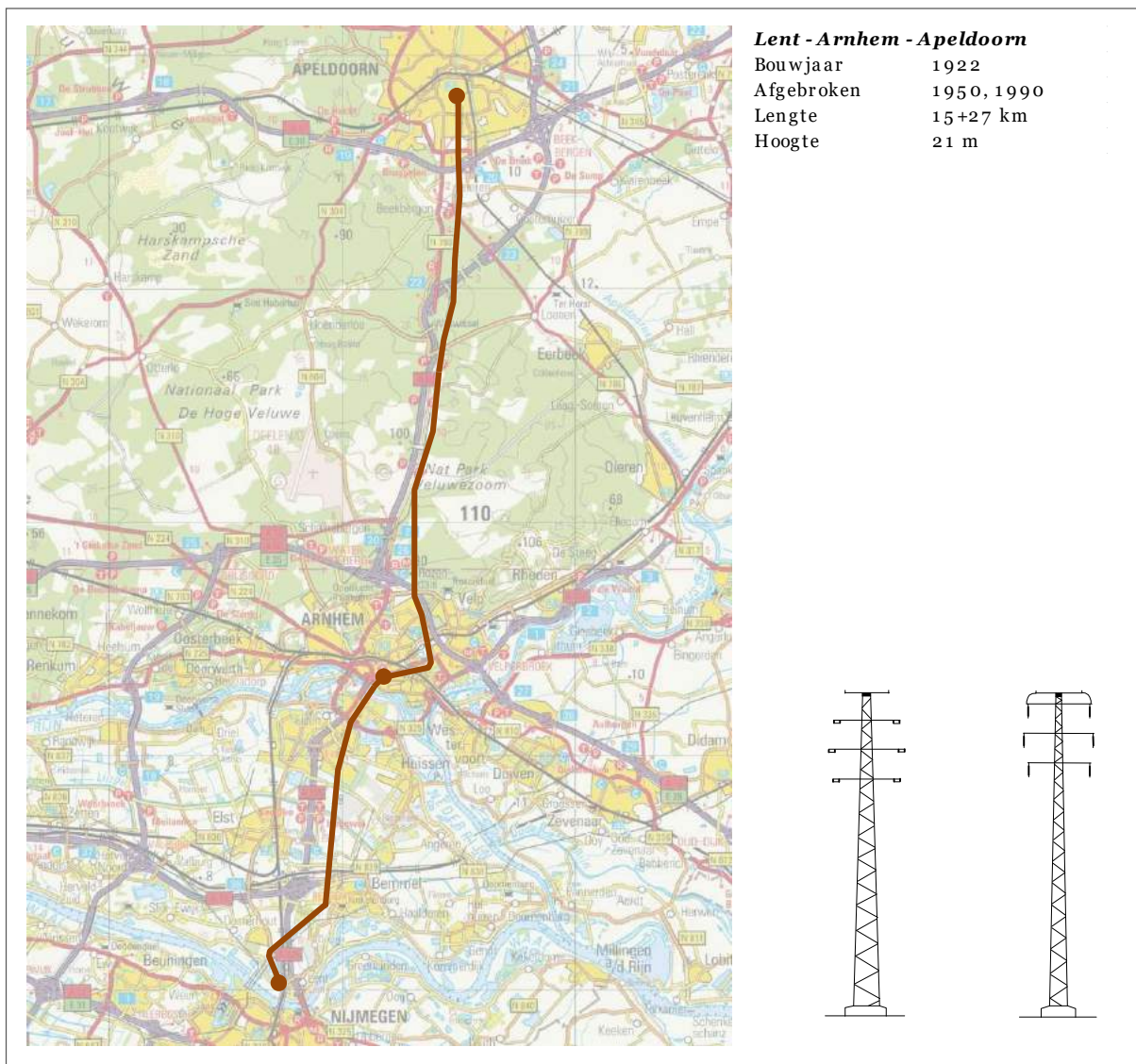
Hoewel het niet de eerste provincie is met hoogspanningsleidingen, groeit het 50 kV-net in Gelderland wel uit tot het grootste van het land en blijft het voor het grootste deel tot de jaren tachtig in gebruik. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld Noord-Brabant waar al in de jaren vijftig de meeste 50 kV-

leidingen zijn vervangen. In het noordoosten heeft men destijds gekozen voor 100 kV, waardoor er daar nooit een onderliggend 50 kV-net ontstond.

Een belangrijk deel van het 50 kV-net is al voor de oorlog gebouwd. Deze lijnen zullen in dit hoofdstuk aan bod komen. In 2013 is nog slechts een lijn daarvan geheel aanwezig (Hemmen - Ede), een tweede (Nijmegen - Arnhem) bestaat nog uit twee losse korte delen. De overige lijnen zijn met name in de jaren tachtig afgebroken. Aan de eerste lijn, Lent - Apeldoorn, zullen we extra aandacht besteden omdat er meer informatie over beschikbaar maar ook vanwege de unieke situatie zoals de hoogspanningsleiding door de stad liep in Arnhem.

3.1 Lent - Arnhem - Apeldoorn

Het gaat hier om de eerste 50 kV-lijn van de PGEM. De voorgeschiedenis heeft volgens het gedenkboek te maken met de zendinstallatie te Kootwijk. In de jaren van de Eerste Wereldoorlog werd besloten tot de bouw van een nieuwe zendstation waarvoor een 50 kV-verbinding noodzakelijk zou zijn. Als enige kwam de centrale in Nijmegen in aanmerking. Aldus werd in de jaren '14 en '18 een tracé gezocht voor een rechtstreekse verbinding tussen Nijmegen en Kootwijk. De geschiedenis nam echter een andere wending, want door vertraagde leveringen en nieuwe inzichten in de groei van de benodigde elektrische energie bij Arnhem en Apeldoorn, werd na de eerste wereldoorlog besloten tot een tracé van Nijmegen - Arnhem - Apeldoorn, met Lent als uitgangspunt.



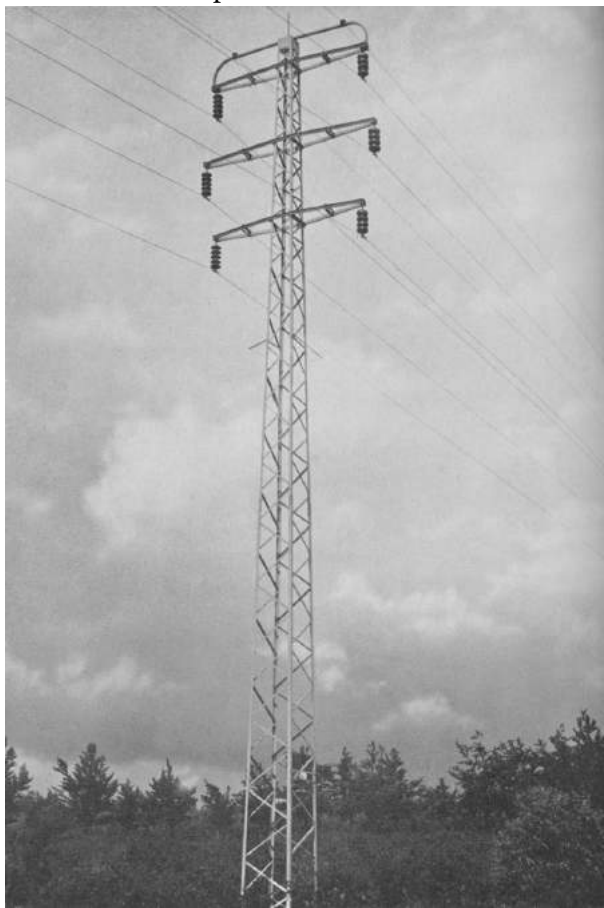
Overzichtskartaal van de 50 kV-lijn Lent - Arnhem - Apeldoorn

Volgens het gedenkboek werd de lijn in het najaar van 1922 in gebruik genomen, nog tot 1924 op 10 kV. In 1925 kwam het definitieve trafostation Lent gereed. Hetzelfde geldt voor het station in Arnhem, dat station was provisorisch ingericht tot in 1929 het definitieve station gereed was. In Apeldoorn werd bij het eindpunt van de lijn in 1923 een 50 kV-station gebouwd aan de Talingweg. Later kwam in 1933 aan de nabijgelegen oude Beekbergseweg een groter 50 kV-station in gebruik.

Het deel van de lijn tussen Lent en Arnhem is kort na de oorlog afgebroken. Bij Arnhem is in de jaren vijftig vanwege de wijk Presikhaaf ook een gedeelte verdwenen. Hetzelfde geldt voor het laatste stuk bij Apeldoorn. Het deel tussen Arnhem Noord en Apeldoorn heeft echter bestaan tot 1990. Door de landschappelijk interessante ligging was dat een uniek stuk hoogspanningsleiding dat we nergens anders in Nederland zo hebben gekend.

3.1.1 Masttype

De masten waren van een eenvoudig maar kenmerkend type, in het algemeen gekarakteriseerd als tonmast, vanwege de brede middentraverse. Heel erg uitgesproken was de tonvorm echter niet: de ideale tonvorm waarbij de geleiders in een gelijkzijdige zeshoek hangen zou een veel bredere middentraverse hebben gegeven. Het mastlichaam bestond uit een recht en slank mastlichaam, met daaraan drie draagarmen voor de kabels en een vierde gekromde traverse voor twee bliksemkabels. De centrale toren loopt niet heel ver door boven de traverse.



50 kV-steunmast in de lijn Lent-Apeldoorn. De oudste masten van de provincie Gelderland uit 1922. Een vriendelijk ogende mast door de tonvorm met de afgeronde bovenhoek tussen de boventraverse.

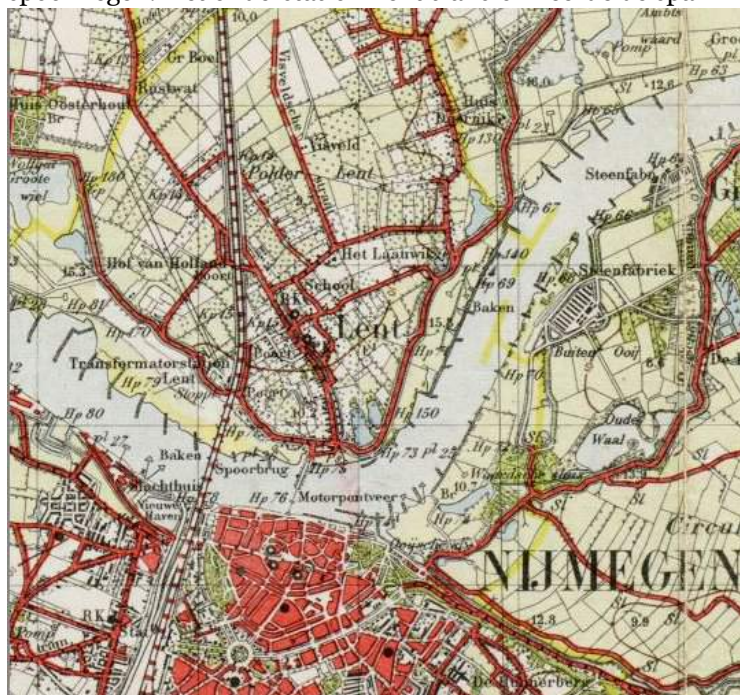
Het ontwerp lijkt enigszins op dat van de 50 kV-masten zoals die door de PNEM in Brabant zijn gebruikt. In plaats van staande isolatoren van de PNEM-masten werden echter hangende isolatorkettingen toegepast, dit volgens de “laatste stand van de techniek”. Bij wegkruisingen hingen de kabels aan twee kettingen, in plaats van een enkele. Die dubbele ketting was in de breedte van de mast gepositioneerd. De hoekmasten verschilden van de steunmasten in de zin dat ze breder waren en dat ze in plaats van de gekromde boventraverse een aparte bliksemdraadtraverse hadden. Het zijn kleine masten en de veldlengte was met 200 meter ook minimaal. De kabels hingen op hun laagste punt slechts 7 meter van de grond. De diagonalen in het mastlichaam hadden een eenvoudig

slingerpatroon met geklonken verbindingen. De traverses waren eveneens eenvoudig samengesteld uit twee U-profielen die zich tot een punt verenigden bij de isolatorketting. In tegenstelling tot de ranke masten, was het fundament bijzonder groot, zeker in de Betuwe waar de grondslag waarschijnlijk minder goed was dan op de stuwwal van de Veluwe. Massieve betonsokkels markeerden de onderzijde van de mast. De bouwtechniek was zo dat de masten werden ingestort in deze betonsokkels. Dat verklaart waarom in de mast nog klinkverbindingen voorkwamen: de gehele mast werd geprefabriceerd en vervolgens verticaal gezet en ingestort in de beton.

De lichte boventraverse met de gekromde einden is het beeldbepalende kenmerk van deze masten. Het zorgt voor een “vriendelijke” uitstraling van het mastbeeld, zeker in combinatie met de korte isolatorkettingen. Helaas is na de afbraak van de lijn in 1990 geen complete mast meer overgebleven met de zo typische boventraverse.

3.1.2 *Tracé*

De lijn begon qua naamgeving in Lent, omdat daar het onderstation stond dat de stroom van de centrale uit Nijmegen verdeelde over de hoogspanningsverbindingen. De centrale bevond zich nog op de locatie aan de westkant van het spoor, nabij het centrum. De invoeding van het station gebeurde via meerdere dikke 10 kV-kabels die over de bodem van de rivier gingen. Volgens het gedenkboek is nog overwogen om via de spoorbrug de rivier te passeren maar dat stuitte, begrijpelijk, op bezwaren van de spoorwegen. Het onderstation Lent transformeerde de spanning tot 50 kV.



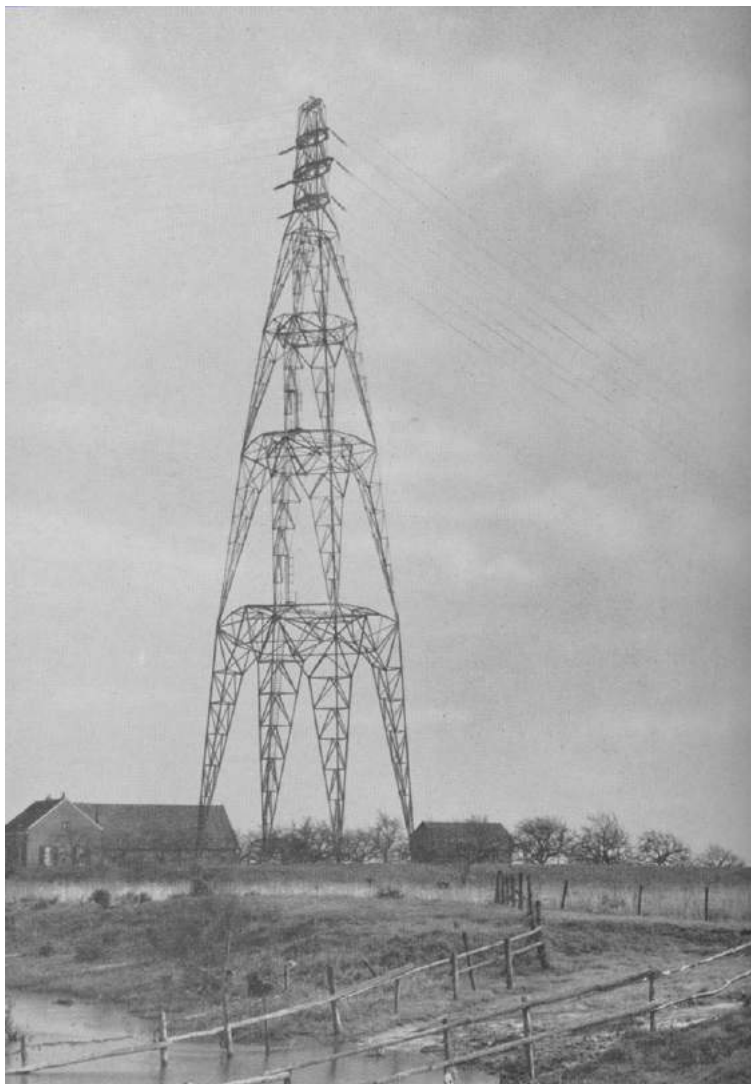
Het station van Lent, nabij de spoordijk. De eerste elektriciteitscentrale van Nijmegen dat het station voedde met 10 kV-kabels, bevond zich aan de andere kant van de spoorlijn aan de Waalkade.

Na de bouw van het nieuwe 50 kV-station aan de Winselingseweg (aan de zuidkant van de rivier!) verloor het station Lent omstreeks 1950 zijn functie. De hoogspanningslijn naar Arnhem vertrok in noordwestelijke richting en liep vanaf 1927 parallel met de lijn naar Hemmen. Al snel boog ter hoogte van huis Oosterhout de 50 kV-lijn af in noordoostelijke richting. Daarna werd het spoor gekruist. Voor Bemmelen werd weer een meer noordelijke koers gevolgd die aangehouden werd tot aan Elden.



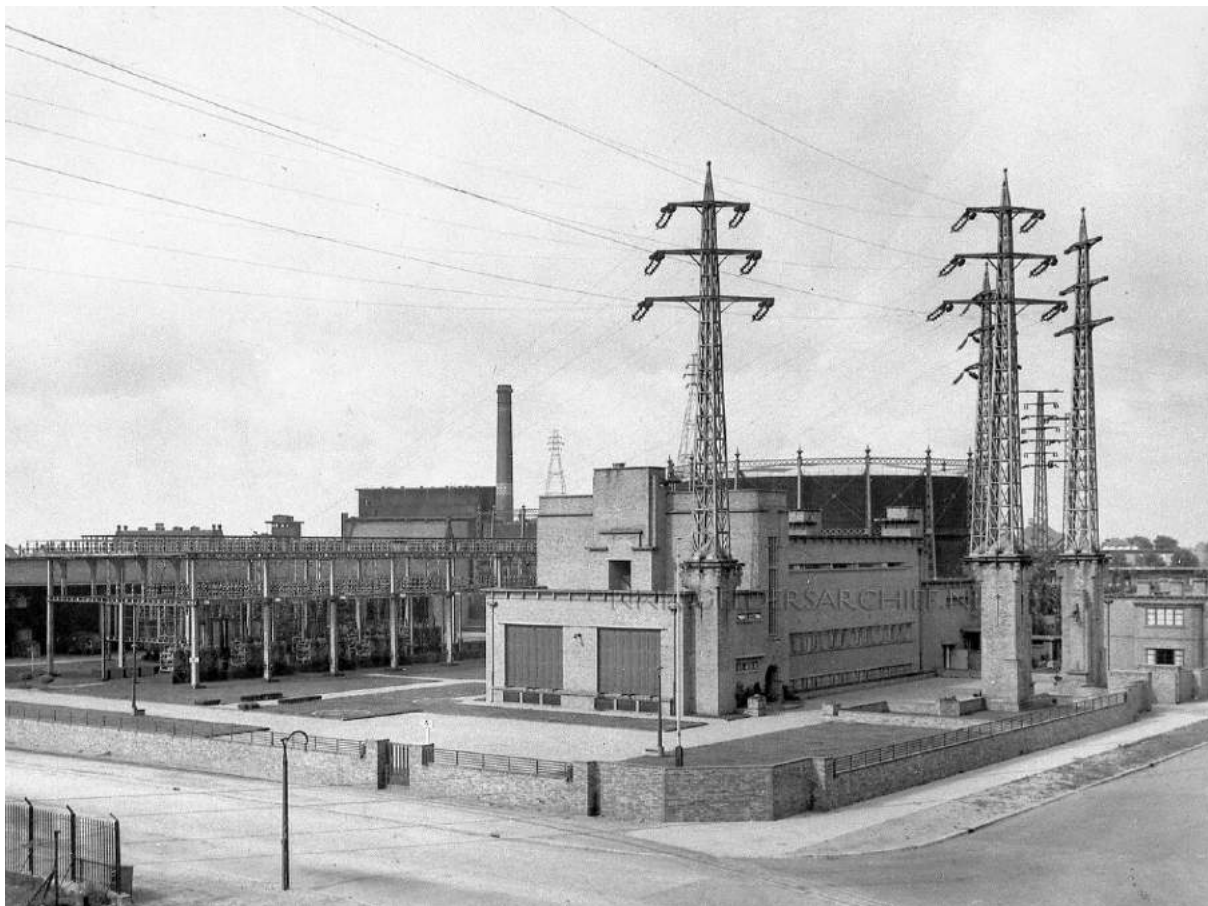
Twee eindmasten bij station Lent. Links de lijn naar Hemmen, rechts de lijn naar Apeldoorn.

In Arnhem kwam een bijzondere situatie voor. De rivier de Rijn werd gekruist en direct hierna bereikte de lijn door een stedelijk gebied het trafostation. We zien hier een tracé dat eigenlijk nergens anders in Nederland zo voorkwam. De rijnkruising werd met zeer bijzondere masten gekruist. De overspanning bedroeg 295 meter, de vrije doorvaarthoogte 31 meter. Bijzonder is de “gestapelde” constructie met driescharnierspanten, waarbij het mastlichaam wisselde tussen een vierkante en een achtkantige doorsnede. Hoewel er in het gedenkboek gerept wordt over een economische constructie, die het zelfs won van buitenlandse inschrijvers, kan dat haast niet waar zijn, deze mastvorm zien we later ook niet meer terug zien bij andere lijnen. Verder is opmerkelijk dat de masten niet waren uitgevoerd als steunmasten, maar als afspanmasten. Helaas hebben deze masten niet de oorlog overleefd, waarschijnlijk zijn ze in 1944 of 1945 gesneuveld bij de oorlogshandelingen om Arnhem.



Rijnkruisingsmast in de lijn Lent - Apeldoorn. Een zeer bijzondere constructie bestaande uit gestapelde driescharnierspanten. De "tafels" hadden een ruimtelijke vorm die moeilijk te doorzien is vanaf een foto. Zo lijkt het wel een achtkantvorm te zijn.

Uit het artikel in De Ingenieur maken we op dat direct na de aanleg de lijn Lent - Apeldoorn door Arnhem passeerde zonder dat er een trafostation was. Om he lokale net toch een aansluiting te geven werd aanvankelijk een transformator rechtstreeks op de lijn aangesloten. Ook de enige jaren later gereedgekomen verbinding Arnhem - Doetinchem werd op de lijn direct afgetakt. Deze situatie was vooral vanwege de storingsgevoeligheid niet ideaal. Omdat ook de belasting met de tijd groeide werd het noodzakelijk een nieuw schakel- en transformatorstation te bouwen. Het was gelegen op een terrein aan de Broekstraat, niet ver van het centrum. In de nabijheid bevindt zich een industriegebied met onder andere de elektrische centrale, de gasfabriek en een rangeerterrein.



Staatsiefoto van het trafostation aan de Van Oldenbarneveltstraat te Arnhem. Zeer opvallend zijn de eindmasten op de sokkels die onderdeel zijn van het gebouw. Links is het 50 kV-station zichtbaar. Op de achtergrond de rijnkruising.

Op het terrein van het station aan de Van Oldenbarneveltstraat stonden vier onderdelen: het hoofdgebouw, het 50 kV-station, de gebouwen voor opslag en vier dienstwoningen. Het station kwam aan de doorgaande lijn Lent - Apeldoorn te liggen. Op de foto is te zien dat het station vanuit de lijnen gezien achter het hoofdgebouw ligt. Hierdoor heeft het gebouw een unieke eigenschap gekregen. Op de twee hoeken van de voorzijde, aan de Broekstraat, heeft men grote sokkels gebouwd waarop twee eindmasten konden staan. Op twee sokkels aan weerszijden van de oprijlaan staan nog eens twee eindmasten. De kabels gingen dus van mast tot station over het gebouw heen! Het gebouw was zelf door zijn fraai vormgegeven metselwerkgevels monumentaal van karakter, en bestaat dus nog steeds.



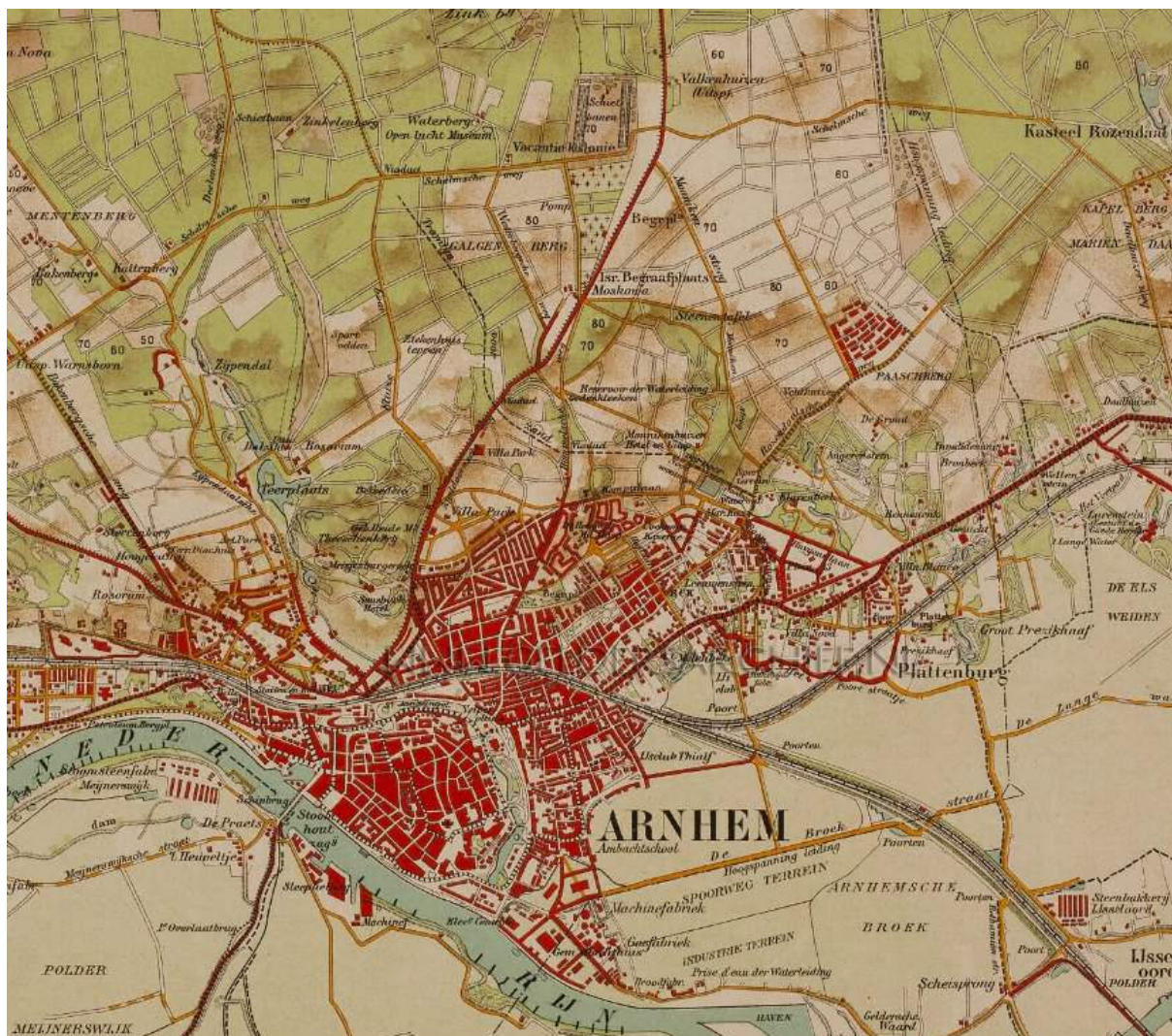
Nadat het zijn functie verloor bleef het bedieningsgebouw van station Het Broek nog wel staan. Een eindmast bleef behouden. Het is het exemplaar dat ooit dienst deed in de lijn naar Doetinchem.

Er stonden vier masten op het gebouw, waarvan er één bewaard is gebleven. Twee andere masten werden gebruikt in de lijnen naar Apeldoorn (in feite het vervolg vanuit Lent) en naar Doetinchem. Een tussengelegen mast bleef ongebruikt, mogelijk was die bedoeld voor een lijn naar Ede, die er echter nooit is gekomen. De masten op het gebouw waren bijzonder van vorm, met diagonaal ten opzichte van het mastlichaam geplaatste traverse. Dat was nodig omdat de hoek van de mast door de oriëntatie van het gebouw niet optimaal was voor de lijnrichting. Een ander opmerkelijke eigenschap van de masten is dat er in ieder zijvlak in het midden nog een extra verticale staaf aanwezig was. De top van de mast eindigde met een bol, een vorm die elektrisch interessante eigenschappen heeft.



De Broekstraat met één mast zichtbaar van de dubbele rij die er jarenlang stond.

Direct na het trafostation ging de lijn in oostelijke richting verder. In dezelfde tijd werd naast de lijn een nieuw spoorwegemplacement ontwikkeld, dat parallel aan de lijn kwam te liggen. Uit archiefphoto's valt op te maken dat de hoogspanningslijn enkele jaren ouder is dan de woonwijk Arnhemse Broek, desondanks werden de nieuwe woningen naar hedendaagse begrippen zeer dichtbij de masten gebouwd. De Broekstraat werd zelfs tussen de twee mastenrijen van de lijnen naar Doetinchem en Apeldoorn ingebouwd, de noordelijke lijn naar Apeldoorn markeerde de begrenzing tussen voortuin en trottoir. De spoorlijn naar Zevenaar werd gekruist en vlak hierna in de huidige wijk Presikhaaf II, maakte het tracé een zeer scherpe bocht in noordelijke richting.



De hoogspanningslijn in het Arnhem van 1920. Het station aan de Van Oldenbarneveltstraat zou komen nabij de Machinefabriek, kort na de Rijnkruising. Hierna ging de lijn verder langs de Broekstraat en kruiste de spoorweg. Met een driehoekje, vooruitlopend op de lijn naar Doetinchem boog de lijn af in noordelijke richting op de plek waar later stadsuitbreiding plaats zou vinden. De kaartuitsnede wordt verlaten bij de Schelmseweg, waar later het viaduct met de A12 kwam.

Op de bovenstaande kaart uit 1920 en ook op een foto tijdens de bouw van Presikhaaf II, in de jaren vijftig, zien we twee hoekmasten staan. De kaart geeft zelfs een driehoekje aan tussen de drie masten. Dit is een overblijfsel van de situatie voor 1929 toen de lijn naar Doetinchem nog direct werd afgetakt.



Historische opname uit de tijd van de bouw van de wijk Presikhaaf II. Datering 1957. We zien hier de drie hoekmasten bij het splitsingspunt, en daarachter moeilijk zichtbaar een steunmast in de lijn naar Doetinchem. De kijkrichting is oostelijk, de maisonnettenflats aan de laan van Presikhaaf zijn in aanbouw. Enkele jaren later is de lijn hier verdwenen.

Na de scherpe bocht ging de lijn langs het landgoed Presikhaaf en kwam aan bij een hoekmast juist ten zuiden van de spoorlijn. Deze mast, aan de Van Remagenlaan, zou na de wijzigingen bij Presikhaaf eindmast worden. Hierna kwam de lijn precies in het verlengde van de Bronbeeklaan te liggen. Deze straat dateert volgens kaarten uit dezelfde tijd als de hoogspanningslijn. Vanwege de stuwwal van de Veluwe stijgt het landschap en deze straat moet een mooi decor zijn geweest hier. De lijn verlaat de Bronbeeklaan via de hoogte van de Paasberg, letterlijk een hoogtepunt. Na de Paasberg passeerde de lijn de Rozendaalseweg.



Een steunmast op de Paasberg.



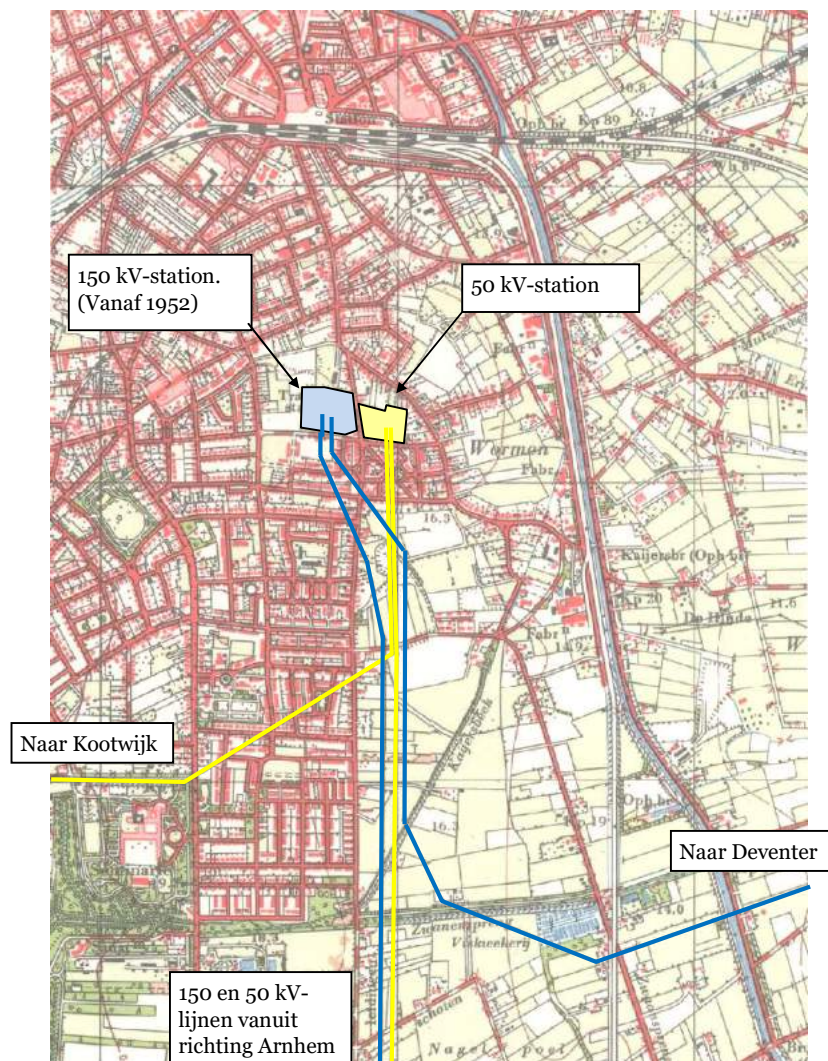
De hoekmast aan de Rozendaalseweg. Een foto in kleur uit de jaren tachtig.



De Bronbeeklaan met zichtbaar hoe de masten op een gemetselde sokkel stonden.

De lijn liep langs de Moslaan in de wijk Geitenkamp, nog steeds stijgend naar de hooggelegen delen van de Veluwe. Net nadat de Schelmseweg de A12 kruist, ging de hoogspanningslijn eerst over de Schelmseweg heen en daarna de A12. Op archieffoto's is te zien dat er een "dikkere" hoekmast bij deze wegkruising stond. Na de A12 verdwijnt de lijn uit het zicht door de bossen en heidegebieden van de Hoge Veluwe. Heden is echter het tracé nog goed te volgen aan de hand van paden die met de lijn meeliepen. Ook op luchtfoto's is de ligging gemakkelijk te herkennen vanwege de afwijkende

boomtoppen. Vlak voor de Imboschweg ten zuiden van Terlet, ontmoette de lijn de rijksweg Arnhem - Apeldoorn. Daarbij boog de lijn met een hoekmast af in noordelijke richting. Eind jaren veertig kwam vanaf hier de 150 kV lijn Nijmegen-Apeldoorn parallel aan de 50 kV-lijn te lopen. Met flauwe bochten zigzagde de lijn verder noordwaarts. Bij Groenendaal verwijderde hij zich een stukje van de weg en liep aan de oostelijke kant van het stukje landbouwgebied langs. Bij Woeste Hoeve kwam hij nog een keer in de buurt van de rijksweg waarna hij weer meer door de bossen ging lopen een halve kilometer oostelijk van de weg, uit het zicht. Met het passeren van de Loenenseweg ten zuiden van Beekbergen kwam de lijn uit de bossen van de Veluwe.



Apeldoorn op de topografische kaart uit 1958. Er zijn twee 50 kV lijnen en twee 150 kV lijnen aanwezig. Beide hebben een eigen station, aan weerszijden van de Oude Beekbergseweg, een kilometer zuidelijk van het centrum. In de jaren vijftig liep de lijn vanuit Arnhem nog helemaal door tot aan het station. Later werd de lijn ingekort. Voor een foto van de mastenstraat uit de jaren vijftig zie het hoofdstuk over de lijn Hemmen - Apeldoorn.

Het dorp Beekbergen werd oostelijk gepasseerd, hierna ging het verder richting Apeldoorn in een exact noordelijke richting. Nabij het buurtschap "Wormen" eindigde de lijn bij een terrein aan de Talingweg. Het 50 kV-station bestaat heden nog, echter met woonbestemming. Later werd in 1933 ten noorden van het eerste station een nieuw openluchtstation in gebruik genomen. Wat betreft architectuur en ontwerp vergelijkbaar met de stations in Kootwijk en Ede.

3.1.3 Ontwikkelingen in de tijd

In 1935 kwam naast deze 50 kV lijn een tweede 50 kV-lijn tussen Nijmegen en Arnhem gereed. Die begon echter niet in Lent, maar begon na een ondergrondse kabel onder de Waal, direct bij de Centrale Gelderland. In de jaren tot 1945 liepen dus twee lijnen parallel, maar wel enkele kilometers van elkaar naar Arnhem.

Zoals genoemd is er in de oorlogsjaren schade opgetreden aan de lijn. Het is moeilijk te achterhalen hoe groot die schade is geweest. In ieder geval is de rijnkruising bij Arnhem vernield. Maar op foto's direct na de bevrijding genomen, loopt het vervolg van de lijn richting de Betuwe nog door. Ook het trafostation aan de Broekstraat lijkt weinig schade te hebben opgelopen. Zeker in vergelijking tot de schade die werd toegebracht aan de installaties van de PNEM in Zuid-Nederland. Hoe precies het lot van de verbinding tussen Lent en Arnhem was, is niet precies bekend. In ieder geval werd de kruising over de Rijn bij Arnhem niet meer hersteld en is de rest van de lijn tot Lent voor 1950 afgebroken.

Het tweede deel van de verbinding, tussen Arnhem en Apeldoorn heeft veel langer tot 1990 bestaan. Niet helemaal compleet, want vanwege de Arnhemse stadsuitbreiding Presikhaaf was het deel tussen de spoorlijnen naar Zutphen en Zevenaar afgebroken. Dat moet te oordelen aan archieffoto's zijn gebeurd rondom het jaar 1957. Op de eerste naoorlogse topografische kaart van 1958 zien we dat het tracé eerst nog bovengronds is verplaatst. Daarbij werd de spoorlijn richting Zutphen gevolgd tot Bronbeek, waarna weer op het oorspronkelijke deel werd aangesloten. Op de archieffoto's is er echter geen bewijs voor te vinden en het strookt ook niet met de plek van de stijpunten. Dat is dus een twijfelachtige zaak. Op de eerstvolgende kaart van 1966 ontbreekt vanwege defensie de verbinding bij de Broekstraat, zodat daar een stukje informatie mist. De volgende kaarten van 1972 laten zien dat het hele gedeelte vanaf het station aan de Van Oldenbarneveltstraat tot Bronbeek is afgebroken. De lijn naar Apeldoorn werd ondergronds verbonden met het station Presikhaaf. Wat nog wel bovengronds overbleef was een deel van de lijn naar Doetinchem, zie het betreffende hoofdstuk.

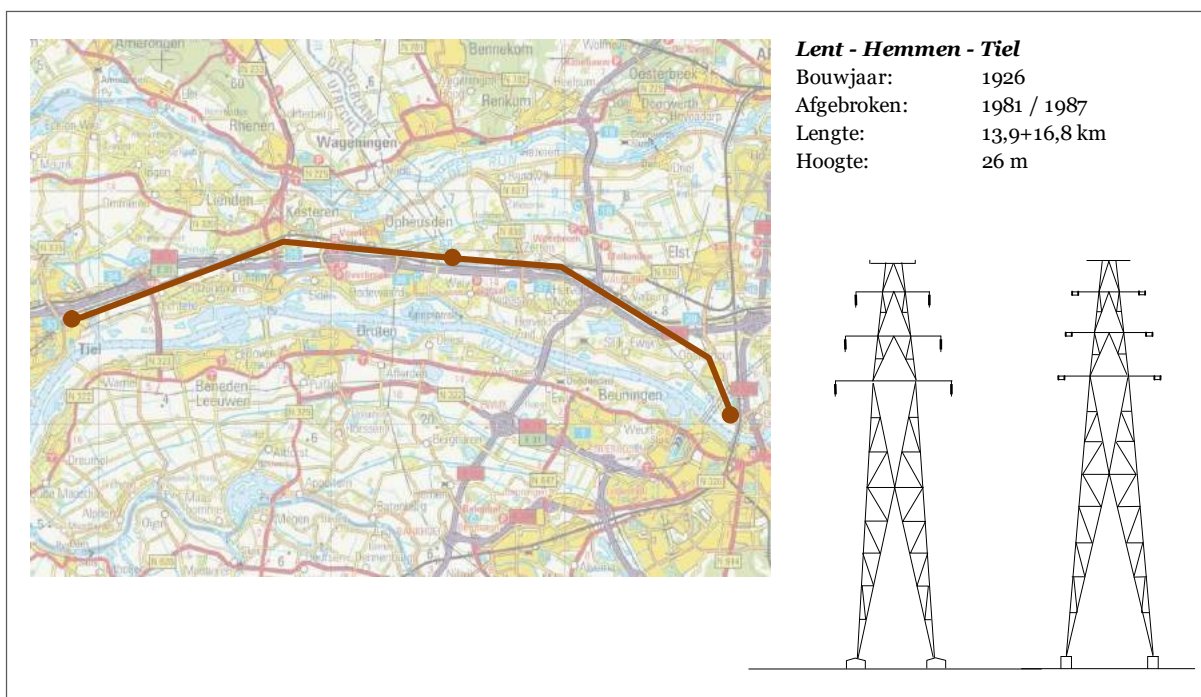


De 50 kV-lijnen in Arnhem, de situatie van de jaren zestig tot tachtig. De twee oorspronkelijke lijnen zijn die naar Doetinchem (via Velperbroek) en Apeldoorn (naar het noorden). Na de aanleg van de wijk Presikhaaf begon laatstgenoemde lijn bij de Van Remagenlaan en werd aangesloten met een kabel op het station Presikhaaf. Het korte bovengrondse lijndeel dat eindigde bij de Slaakweg was een restant van de lijn naar Doetinchem.

In de jaren tachtig werden veel van de jaren twintig 50 kV-lijnen afgebroken. Sluitstuk van deze golf was de 50 kV-lijn tussen Apeldoorn en Arnhem. De lijn heeft nog in 1988 - 1990 de aanleg van de A50 meegemaakt. De herinnering van de auteur gaat net terug tot deze tijd en vanaf de A50 was te zien dat de kleine mastjes naast de grote 150 kV-masten stonden. Bij het naderen van Arnhem, ter hoogte van de Schelmseweg waren de mastjes nog even te zien, terwijl ze geleidelijk achter de heuvels verdwenen. Bij een volgende keer dat we deze route aflegden stonden ze er niet meer.

3.2 Lent - Hemmen - Tiel

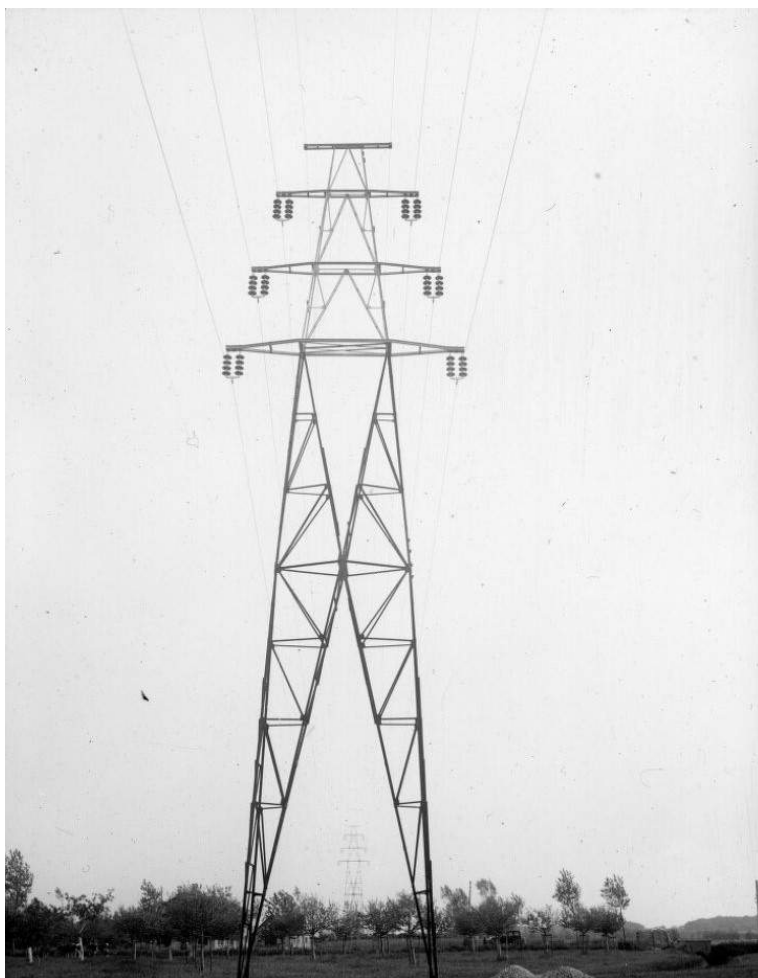
In het gedenkboek 1915 - 1940 is aardig wat informatie te vinden over deze hoogspanningsleiding. Meest in het oog springend is dat in deze lijn een nieuw masttype verschijnt dat daarna nog meer toegepast zou worden in de PGEM-lijnen. Het is de "schaarmast", genoemd naar het kenmerk van de zeer steile diagonaal met één knooppunt halverwege de hoogte in het onderstuk. De geleiders hangen niet in tonvorm, maar in dennenboom-configuratie, dat wil zeggen rechtlijnig en verbreedend naar onderen toe. De mast is duidelijk groter dan zijn voorganger in Lent - Apeldoorn en kan een grotere overspanning aan.



Overzichtsk kaart van de 50 kV-lijn Lent - Hemmen - Tiel

Het schaarmasttype is buiten Gelderland niet zo gangbaar geweest, maar er zijn wel invloeden aanwijsbaar in andere masten. Zoals in het noorden van het land in de lijn Groningen - Opperkooten. In Limburg heeft een lijn bestaan waarin bij een spooremlacementkruising een met de PGEM-schaarmast vergelijkbare mast stond. Er zijn aanwijzingen dat de oorsprong van het PGEM-ontwerp ook uit die richting van die provincie komt.

In drie lijnen kwamen de schaarmasten voor: Lent - Tiel, Arnhem - Doetinchem en Hemmen - Apeldoorn. Een ervan is nu nog deels aanwezig: Hemmen-Ede. Als we vergelijken met de twee andere verbindingen waar de schaarmasten in voorkomen, en dat moeten we voorzichtig doen, omdat niet van alle lijnen evenveel foto's zijn, dan valt op dat de schaarmasten van Lent - Hemmen - Tiel een hogere versie zijn dan Hemmen - Apeldoorn. Dat gold ook voor Arnhem - Doetinchem. Net als de masten in die lijn hadden de masten naar Tiel een boventraverse. Toch zijn de masten niet geheel gelijk aan laatstgenoemde lijn.



De "nieuwe" zogenaamde schaarmast op een beeld uit de Kema-fotocollectie.

Opvallend kenmerk is dat de mast niet een gelijke doorsnede heeft, maar een constructie is van ruimtelijke spanten, een aantal gestapelde driehoekige constructies, waarbij de randen niet zoals gebruikelijk op afstand van elkaar blijven, maar elkaar halverwege de mast kruisen. Hierdoor is de mast intrigerend om naar te kijken, want er ontstaat een steeds veranderende aanblik als de mast vanaf een andere hoek wordt bekeken. Het kan nog tussen Hemmen en Ede.

De constructie is zonder meer ingewikkeld, door de vele benodigde verbandstaafjes en knoopplaatjes. In tegenspraak met de complexiteit van de mast zijn de eenvoudige traverses, die niet meer zijn dan simpele balken van U-profiel. Er komen nog klinknagels in de constructie voor, zodat er delen vooraf moeten zijn samengesteld. In het gedenkboek wordt nog gesproken over "pootjesmasten", omdat de masten niet als geheel worden verbonden met een fundering, maar met losse poten zijn verbonden. Dat bracht een "voordeel in de uitvoering" met zich mee, daar de bouw van de "betonfunderatie en de ijzerconstructie onafhankelijk kan geschieden". Ondanks dit zien we toch dat de betonfundaties nog erg groot en hoog zijn uitgevoerd en het staalprofiel van de mast volledig ingestort is in beton en niet op ankers is bevestigd. De term "pootjesmasten" gaat voorbij aan de unieke vorm van deze masten, die later zeer treffend als "schaarmasten" werden aangeduid volgens ingewijden bij PGEM.



Een hoek- en steunmast in de lijn Hemmen - Tiel, nabij Ochten. De vreemde vorm van de hoekmast valt op: het bovenstuk helt meer naar binnen dan het onderstuk. De steunmast is van de zijkant gezien bijzonder slank. Datering 1953.

Van de hoekmasten is nog minder beeld te achterhalen, voor zover bekend en mede op basis van de nog bestaande lijn Hemmen - Ede, waren de hoekmasten niet zomaar een verzwaarde versie van de steunmast, maar geheel afwijkend. De doorsnede vorm is in tegenstelling tot de steunmasten wel vierkant. Het gehele onderstuk bestaat uit één driescharnierspant, met de "schaarvorm". Daarboven helt de toren meer naar binnen wat enigszins vreemd oogt. Het is alsof de twee mastdelen niet op elkaar passen. In Kootwijk - Apeldoorn kwamen vergelijkbare masten voor, zij het met een andere onderstuk, dat slechts de helft van de "schaar" had. Bij station Kootwijk zijn er nog twee overgebleven. Maar in de rest van de verbinding, en dat gold waarschijnlijk ook voor Arnhem - Doetinchem, kwam een ander type hoekmast voor, waarbij zich juist onder de traverse nog een kort diagonaaltje bevond. Zie verder voor duidelijkere foto's die lijnen.



Het einde van de lijn naar Tiel bij station Hemmen. De lijn vanuit Ede valt links buiten deze foto en is dus niet zichtbaar. Het stuk van Nijmegen tot Hemmen was ten tijde van deze foto al afgebroken. Achter de geheven spoorboom bevindt zich een verhoogde steunmast in de hoogspanningsleiding naar de kerncentrale Dodewaard. Kopie uit een onbekend treinentijdschrift, datering 1983.

De lijn is in 1926 in gebruik genomen als directe verbinding tussen Lent en Tiel. Het tracé volgde voor een groot deel de oude “Betuwespoorlijn” Elst - Kesteren - Tiel. De huidige 150 kV en 380 kV-lijnen in het gebied herinneren nog aan de plaats van de oude lijn. Drie jaar na de aanleg werd in 1929 de verbinding in tweeën gedeeld, met het station Hemmen, waar de lijn naar Ede en Kootwijk begon. Het trafostation lag op korte afstand van het treinstation van Hemmen, niet ver van het huidige 150 kV-station. In de jaren veertig werd vanuit Tiel een 50 kV-verbinding naar Neerijnen en Orthen gebouwd, zodat via het 50 kV-net de centrale van Nijmegen verbonden was met Geertruidenberg! Pas in 1938 werd volgens het gedenkboek het definitieve trafostation in Tiel in gebruik genomen. In de oorlog bevond de lijn zich in het niemandsland tussen het bevrijde zuiden en bezette noorden.

Er is een verslag te vinden over een vliegtuigcrash op 18 september 1944, waarbij een hoogspanningsmast “omgevlogen” werd! Dit was ten zuiden van Opheusden nabij de huidige mast 9 in de 150 kV-lijn naar Tiel. Tot de jaren tachtig heeft de verbinding uiteindelijk bestaan. Als eerste werd het deel vanaf Lent in 1981 afgebroken. Betrekkelijk laat vond in circa 1987 afbraak plaats van het laatste deel naar Tiel.



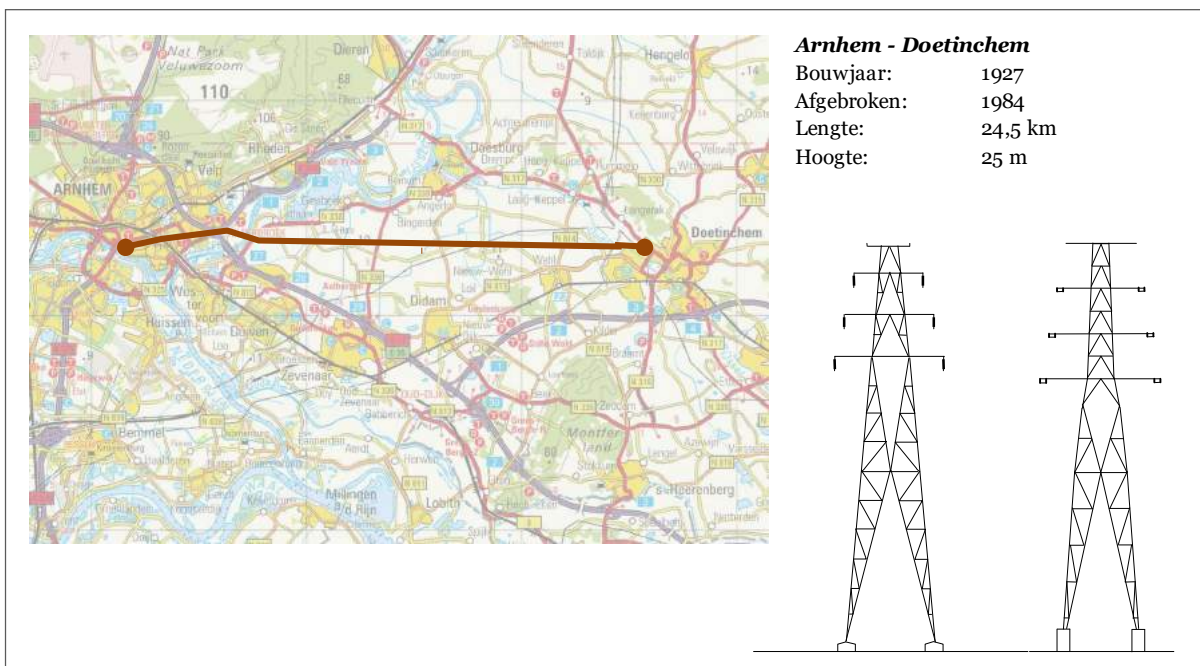
Foto uit 2001 van het 50 kV-station Hemmen. Op de voorgrond de destijds buiten bedrijf zijnde hoogspanningsleiding naar de kerncentrale Dodewaard. Op de achtergrond de 380 kV-lijn naar Doetinchem. Die staat ongeveer op de plek van de vroegere 50 kV-lijn naar Nijmegen.



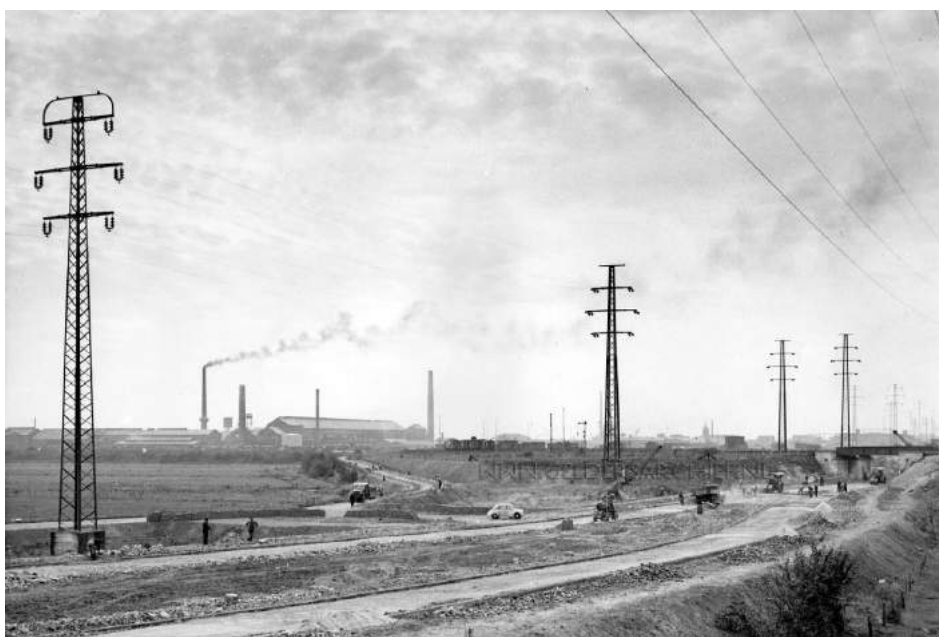
Nog een archiefbeeld van Hemmen - Tiel. De typische "schaarmasten" zijn hier goed van voren te herkennen.

3.3 Arnhem - Doetinchem

De verbinding tussen Arnhem en Doetinchem kwam in de jaren twintig tot stand, volgens het gedenkboek eind 1927 met een provisorisch eindstation in Doetinchem. Dat gebeurde aldus nog voor de ingebruikname van het trafostation in Arnhem. Daardoor werd de lijn gebouwd als directe aftak van de reeds bestaande verbinding Arnhem - Apeldoorn. Het splitsingspunt bevond zich in de huidige wijk Presikhaaf. Zie het hoofdstuk over Lent - Apeldoorn. Nadat in 1928 het 50 kV-deel van het station in Arnhem gereed was, kon de lijn hierop worden aangesloten. Vanaf het splitsingspunt bij Presikhaaf, tot het trafostation werd naast de bestaande hoogspanningslijn een tweede lijn gebouwd, waarbij dezelfde masten werden gebruikt als de bestaande voor de lijn naar Apeldoorn. Dit ondanks het feit dat er in de rest van de lijn naar Doetinchem weer de zogenaamde schaarmasten toegepast werden.



Overzichtskartaal van de 50 kV-lijn Arnhem - Doetinchem



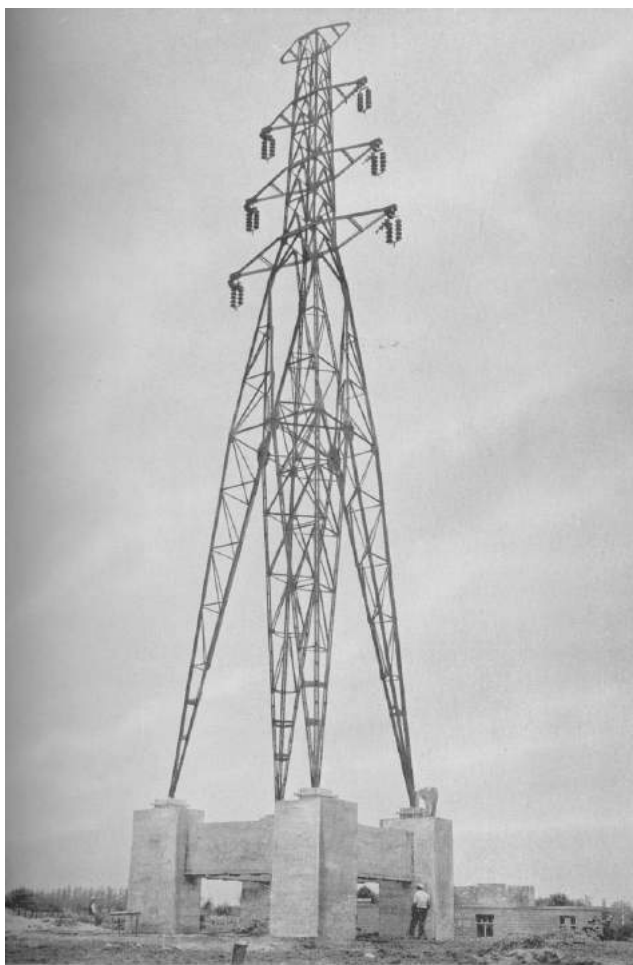
De dubbele mastenrij bij de Zevenaarseweg te Arnhem in 1948. De hoogspanningsleiding naar Doetinchem (links) begon met masten van hetzelfde type als de lijn naar Apeldoorn (rechts, gedeeltelijk buiten beeld). Het is dit stuk dat nog tot 1990 zou blijven staan.

Het masttype was naar alle waarschijnlijkheid vrijwel gelijk aan de verbinding naar Tiel. Er zijn helaas weinig foto's van het stuk van de lijn voorbij de IJsselkruising bekend. De foto in Presikhaaf toont in ieder geval een verhoogde mast, waarbij vier knikverkorterstaven in het bovenste stuk van het broekstuk aanwezig waren, in tegenstelling tot de nog bestaande masten van Hemmen - Ede. Van de hoekmasten zijn eveneens weinig foto's bekend. Er is een foto gevonden in het gedenkboek. Daaruit blijkt dat de hoekmast wat betreft vorm wel overeenkomt met de masten in de lijn Hemmen-Ede-Apeldoorn. Wel gaat het hier om een hogere versie dan de masten in laatstgenoemde lijn. De masten van de IJsselkruising bij Lathum waren te oordelen aan een archiefphoto globaal gelijk aan de Rijnkruisingsmasten bij Wageningen, maar ook hier in een slankere vorm. Van de situatie bij Doetinchem is één foto bekend, zie het hoofdstuk over 150 kV Nijmegen - Doetinchem.



“Velperbroekcircuit”, winter van '79. Een van de twee masten binnen de rotonde is hier zichtbaar. Tot in de jaren tachtig liep de A12 niet met een viaduct over de rotonde. De hoogspanningslijn vormde lange tijd een obstakel. De bouw van het viaduct tussen 1984 en 1986, vond plaats onmiddellijk nadat de hoogspanningslijn verdween.

Het tracé liep van Arnhem Presikhaaf voor een groot deel in een kaarsrechte nagenoeg oostelijke richting. Nabij het station in Arnhem stonden de masten aan de zuidzijde van de Broekstraat. Ze kruisten met een aantal hoekmasten de spoorlijnen van het rangeerterrein en de spoorlijn naar Zevenaar die op een hoge dijk lag vanwege de brug over de IJssel. De laatste hoekmast had geen tonvorm maar een “dennenboom”-vorm om aan te sluiten op de geleiderpositie van de daarop volgende scharmasten. Kort hierop verliet de lijn naar Apeldoorn de verbinding, waar dus voorheen het aftakingspunt was. Hierna kwam in de jaren zestig de kruising met de A12, dat plaatsvond bij het knooppunt Velperbroek. Dat was tot in de jaren tachtig een rotonde. Er stonden twee masten binnen de rotonde. Een ervan, de oostelijke, was later bijgeplaatst, mogelijk kwam die uit het vervallen stuk lijn bij Presikhaaf. De twee masten in de rotonde bleven na afbraak van de lijn in 1984 nog even staan, om als mogelijk “kunstwerk” te dienen, maar werden uiteindelijk in 1986 toch afgebroken. Na een hoekmast kwam dan de IJsselkruising. De masten stonden in de uiterwaarden op zware massieve betonfundamenten.



Een foto uit het gedenkboek over de PGEM van een van de hoekmasten aan weerszijden van de IJsselkruising bij Arnhem. De massieve betonnen fundatie maakt indruk.



Panorama van de IJsselkruising van de lijn Arnhem - Doetinchem. Gezien vanuit het zuiden, waarschijnlijk vanaf de brug over de IJssel in de autosnelweg A12.

Na de kruising kwam nog een kleine knik in het tracé waarna een strakke koers richting Doetinchem kwam. Deze rechtstand die ook door een zeer open en dunbevolkt gebied ging, was bijna twintig kilometer lang! Waarschijnlijk bevonden zich wel om de circa tien masten een afspanmast in de lijn, zoals dat ook in andere lijnen het geval was. Met een tweetal dichtbij elkaar staande hoekmasten werd de Oude IJssel bij Doetinchem gepasseerd. Kort hierna werd het station Doetinchem aan de Keppelseweg bereikt. Dat station kwam volgens het gedenkboek enigszins laat in 1937 definitief gereed. Het monumentale gebouw van architect Fels bestaat nog steeds.



De driepoortenweg in Arnhem, jaren tachtig. We zien hier links het stijgpunt nabij de spoorlijn aan de Slaakweg waar na de bouw van de wijk Presikhaaf omstreeks 1960 de lijn ondergronds verder ging. Het stukje lijn tussen dit stijgpunt en het station aan de Van Oldenbarneveltstraat bleef nog tot 1990 staan.

In 1954 werd de 150 kV-lijn naar Doetinchem gebouwd zodat de 50 kV-lijn zijn belang wat minder werd. In de jaren 1960 werd het stuk van de lijn in de wijk Presikhaaf afgebroken en vervangen door een korte ondergrondse verbinding. De masten bij de Broekstraat bleven echter wel staan, in tegenstelling tot de masten in de lijn naar Apeldoorn. Aan de Slaakweg bij de Driepoortenweg werd een hoekmast omgebouwd tot stijgpunt. Nabij het knooppunt Velperbroek kwam een nieuwe eindmast met stijgpunt voor het vervolg naar Doetinchem. De kabelverbinding liep niet tussen de twee stijpunten maar ging via het trafostation Presikhaaf. Zie de figuur in het hoofdstuk over Lent - Apeldoorn.

De verbinding werd in de jaren zestig en zeventig voorzien van twee aftakkingslijnen, naar Angerlo bij Doesburg en naar Zevenaar. Het masttype dat daarin voorkwam was de jaren zestig 50 kV-Donaumast zoals die ook in de verbinding Harderwijk - Ermelo staat. In de jaren tachtig werd vooruitlopend op de aanleg van de 380 kV-oostering gezocht naar ruimte voor de geplande verbinding tussen Dodewaard en Doetinchem. Toen in 1984 een ondergrondse kabel tot stand kwam tussen station Doetinchem en Angerlo viel nog in datzelfde jaar het doek voor de oude 50 kV-lijn. Echter, van Presikhaaf tot Doetinchem. Pas rondom het jaar 1990 is waarschijnlijk gelijktijdig met de 50 kV-lijn Arnhem-Apeldoorn het nog resterende deel van negen masten bij de Broekstraat afgebroken.

3.4 Hemmen - Ede - Kootwijk - Apeldoorn

Dit is de hoogspanningslijn die de eerste 50 kV-ring in Gelderland completeerde. Het tracé liep langs het dorp Kootwijk vanwege de daar aanwezige radiozenders. Volgens het gedenkboek van de PGEM uit 1940, begon het in 1918 met een onderzoek naar een hoogspanningslijn tussen de centrale in Nijmegen en Kootwijk. Uiteindelijk werden dus eerst de lijnen naar Apeldoorn, Tiel en Doetinchem gebouwd, alvorens Kootwijk werd bereikt. De bouw van de verbinding vond plaats tussen 1929 en 1931. Er werd begonnen in Hemmen. De mastnummering begon daar ook en liep door tot Apeldoorn, ondanks dat de tussenstations in Ede en Kootwijk er sinds de aanleg zijn geweest. Het deel van de lijn tussen Hemmen en Ede bestaat anno 2017 grotendeels nog, met bouwjaar 1929 een van de oudste, zo mogelijk de oudste nog bestaande hoogspanningsleiding in Nederland, afhankelijk van de definitie of aanvang bouw telt of oplevering.

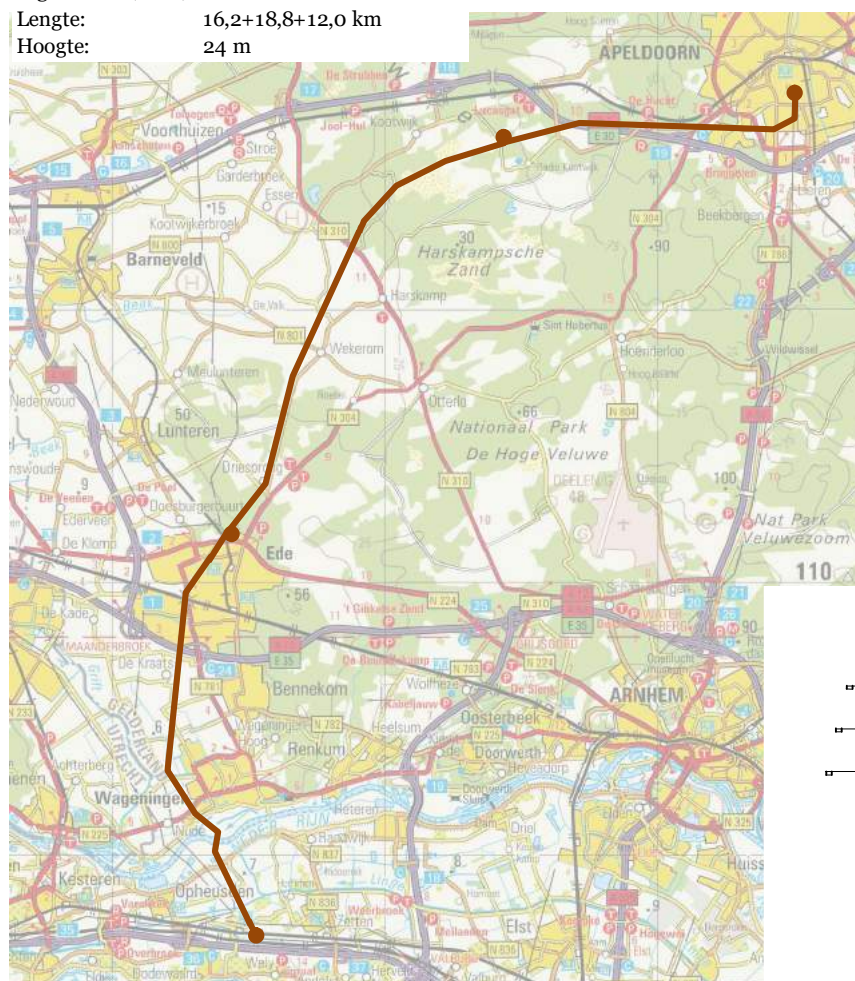
Hemmen - Ede - Kootwijk - Apeldoorn

Bouwjaar: 1929-1931

Afgebroken (deels): 2001

Lengte: 16,2+18,8+12,0 km

Hoogte: 24 m



Overzichtskaart van de 50 kV-lijn Hemmen - Apeldoorn

Het masttype was net als de voorgaande twee lijnen de “schaarmast”. Maar in deze lijn wel in een andere, lagere variant. Naast de kleinere hoogte valt op dat de traverses enigszins langer zijn en dat een boventraverse ontbreekt. In plaats daarvan zijn de bliksemkabels bevestigd op de twee toppen van het mastlichaam. Door deze aanpassingen komt de mast wat “minder sierlijk” over naar de mening van de auteur, maar natuurlijk blijft het een uniek gezicht de schaarmast. De hoekmasten zijn waarschijnlijk vergelijkbaar met de voorgaande lijn naar Doetinchem, hoewel dat slechts op basis van

één foto gezegd kan worden. Als het werkelijk zo is, dan is de hoekmast in de lijn Hemmen - Apeldoorn net als de steunmast een lagere variant, waarbij geen boventraverse aanwezig is.

Er is nog een bijzonderheid, dat er op de Veluwe tussen Kootwijk en Apeldoorn nog een afwijkende hoekmast voorkwam, die meer leek op een exemplaar dat op foto's van Lent - Tiel is aangetroffen, dat wil zeggen een recht onderstuk met een enkel spant en een sterker hellend bovenstuk. De eindmasten bij Kootwijk waren ook van dit type en bestaan nog steeds. Een andere bijzonderheid is dat in Apeldoorn waar de lijn parallel ging lopen met Arnhem - Apeldoorn, het masttype wijzigde in een type dat ongeveer gelijk was aan Arnhem - Apeldoorn, echter in dennenboomvorm in plaats van tonvorm.



De kruisingsmasten over de Rijn bij Wageningen, 2007.

De totale verbinding bestond uit circa 200 masten, een erg lange dus. Het tracé begon bij het 50 kV station van Hemmen dat in 1929 in gebruik genomen werd. Na een eerste rechtstand boog de leiding af voor de rijnkruising. De masten zijn een gedrongere uitvoering van de masten van de IJsselkruising bij Lathum. Bijzonder aan deze masten was dat het broekstuk van de mast eerst nagenoeg verticaal begon en dan steeds verder naar binnen boog. Bij het deel met de traverse boog de toren weer terug tot een verticale richting. Zo bezien bezat de mast meer overeenkomsten met een hoekmast dan een steunmast. De toren bestaat uit twee gestapelde scharen. Uiteraard zien we weer de zeer zware betonfundaties. Na deze kruising volgt ten oosten van Wageningen nog een tweetal verhoogde masten over de haven. Hierna werd met een bocht een noordelijke koers aangehouden richting Ede. De spoorlijn werd met twee dichtbij elkaar staande masten overbrugd, waarna de lijn in noordoostelijke richting afboog.



Mast 62 aan de Proosdijerveldweg te Ede in 2000. De masten staan letterlijk in de achtertuin.

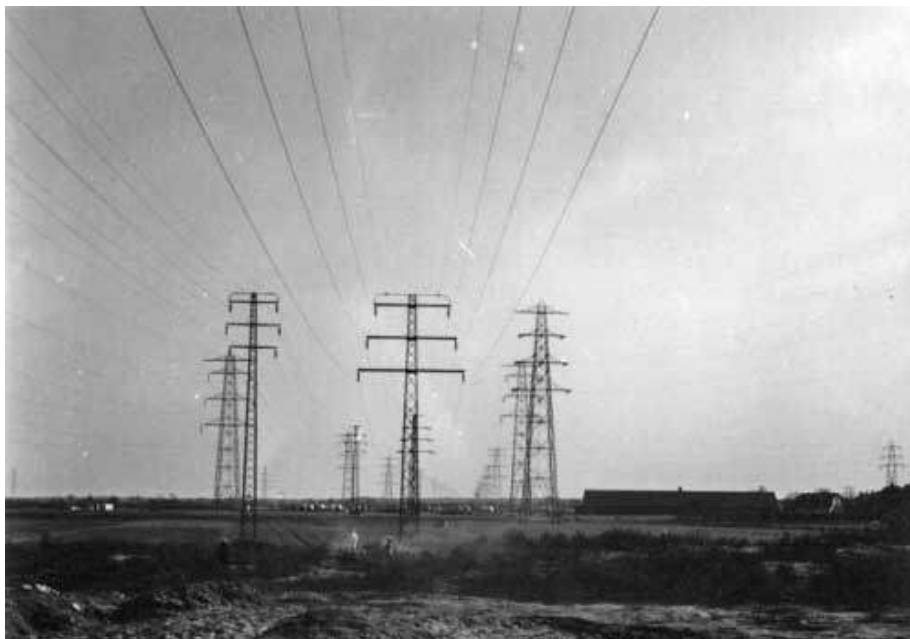
Met twee verhoogde masten ging de lijn over de toenmalige weg Ede - Utrecht, de Amsterdamseweg. Kort hierop werd het trafostation van Ede met mast 70 bereikt. Er stonden twee hoekmasten naast het trafostation. Dat station was gelijksoortig als Kootwijk, een openluchtstation met een gebouw ernaast. Vanaf Ede liep ook een ondergrondse 50 kV-kabelverbinding naar Veenendaal. Mogelijk is daardoor dit station al vanaf het begin in de lijn opgenomen. Na station Ede ging de lijn verder richting Kootwijk, een tracé waar globaal een knik in zat, bij Harskamp boog de lijn met twee hoekmasten af in meer oostelijke richting, waar het Kootwijkerzand werd aangedaan. Mogelijk speelde bij de bouw een rol dat zandverstuivingen vaker voorkwamen dan heden zodat de keuze voor een tracé door dit gebied niet bijzonder was.



Mast 139 en 141 in het Kootwijkerzand. Een uniek beeld dat helaas in 2001 met de afbraak van de lijn verloren is gegaan. Deze foto is uit september 2000. De bliksemdraden werden in tegenstelling tot de andere twee lijnen met “schaarmasten” rechtstreeks op de randstaven van de mast afgesteund. De masten hadden nog hun oorspronkelijke donkergrijze “PGEM”-kleur.

Het trafostation bij Kootwijk lag een kilometer noordelijk van het tegenwoordig beroemde zendergebouw. Het was gelegen aan de spoorafkapping die vanaf de Veluwelijn naar het zendergebouw ging. Er stonden twee eindmasten onmiddellijk ten zuiden van het openluchtstation. Bovendien stonden nog eens twee hoekmasten dicht naast deze eindmasten zodat zich vier masten in de directe nabijheid van het station bevonden. De eindmastnummers waren 148 en 149. Alle waren van het afwijkende “plompe” type, dat lijkt op de “Betuwse”-50 kV-hoekmast. Voorbij het station ging de lijn in oostelijke richting verder met af en toe een kleine knik. Mast 161 (later nabij de A1!) en 171 waren net als de eindmasten bij Kootwijk van het afwijkende type. Bij mast 186 aan de weg naar Ugchelen boog de lijn nog een keer af in een strak oostelijke koers. Het is dit deel aan de rondweg Apeldoorn dat een bekend stukje lijn was. Onmiddellijk ten zuiden van de hoogspanningsleiding werd tussen 1932 en 1935 het grote gebouw van het Klein Seminarie gebouwd. Later werd dit een politieschool.

De lijn maakte aan de Arnhemseweg nog een bocht in noordoostelijke richting en kwam drie masten verder aan bij de 50 kV-lijn Arnhem - Apeldoorn, waar hij zich bijvoegde met een speciaal hiervoor aangepast masttype (Zie figuur in het hoofdstuk over Lent - Apeldoorn). Het mastlichaam was nu geen schaarvorm, maar een eenvoudige toren als de masten vanuit Arnhem. De nieuwere lijn had wel bredere en grotere masten in dennenboomvorm blijkens een foto. Na nog een kilometer werd het trafostation aan de Talingweg bereikt. Daarbij liepen beide lijnen eerst nog over korte afstand door het wijkje “Wormen” heen.



De aankomst van de hoogspanningslijnen in Apeldoorn nabij het 50 kV-station ter plaatse van het huidige Zuiderpark, ergens in de jaren vijftig. De lijn uit Arnhem is de kleinere tonmast links op de foto, rechts daarvan de versie in de verbinding vanuit Kootwijk. Die lijn loopt rechts het beeld uit, er is nog net een schaarmast te zien.

Deze hoogspanningsleiding heeft lange tijd bestaan, pas in 2001 is hij afgebroken tussen Ede en Apeldoorn. Het overgebleven deel tussen Hemmen en Ede bestaat zoals vermeld grotendeels nog. Als eerste wijziging in de loop van de lijn kwamen omstreeks 1949 de 150 kV-lijnen in Apeldoorn aan weerszijden van de 50 kV-leidingen erbij. De verbinding werd met twee hoge masten overbrugd. Al op de kaart van 1966 is echter het tracé van de 150 kV-leiding aangepast en zijn de beide 50 kV-lijnen ingekort. Sinds die tijd eindigde de lijn vanuit Kootwijk bij mast nummer 191 aan de Arnhemseweg. Station Kootwijk werd begin jaren vijftig beginpunt van de 50 kV-lijn naar Nunspeet. Daarmee werd het station de centrale punt van de drie Veluwe 50 kV-lijnen. Het trafostation werd met één portaal verlengd voor deze lijn. Bij Ede werd in de jaren zestig de eindmast met nummer 71 een stuk verplaatst of vervangen vanwege de uitbreiding van het 150 kV-station. In de jaren zeventig wordt de lijn in Wageningen aangesloten op een 50 kV-station. Er wordt een portaal tussen mast 22 en 23 geplaatst. Mast 24 en 25 werden vervangen door nieuwe hogere exemplaren, vanwege een universiteitsgebouw dat zeer nabij de lijn werd gebouwd. Voor het overige zijn er lange tijd geen wezenlijke veranderingen.

In de jaren negentig worden op meerdere plaatsen stukken van de lijn aangepast of "verkabeld". Bij Hemmen verdwijnen mast 1 t/m 5 vanwege de aanleg van de 380 kV-leiding Dodewaard - Doetinchem. In Ede werden vanwege een woonwijk mast 49 t/m 53 afgebroken en vervangen door een ondergrondse kabel. Bij Wekerom werd vanwege de vuilstortplaats de lijn over twee masten ondergronds gebracht. Drie steunmasten tussen nummer 91 en 93 werden afgebroken. In de loop van de jaren breidde Ede sterk uit, maar tot heden loopt de lijn behalve dan in het stuk bij mast 49-53 nog steeds door de woonwijken. Dit is op deze schaal in Nederland niet zo gauw ergens anders te vinden.

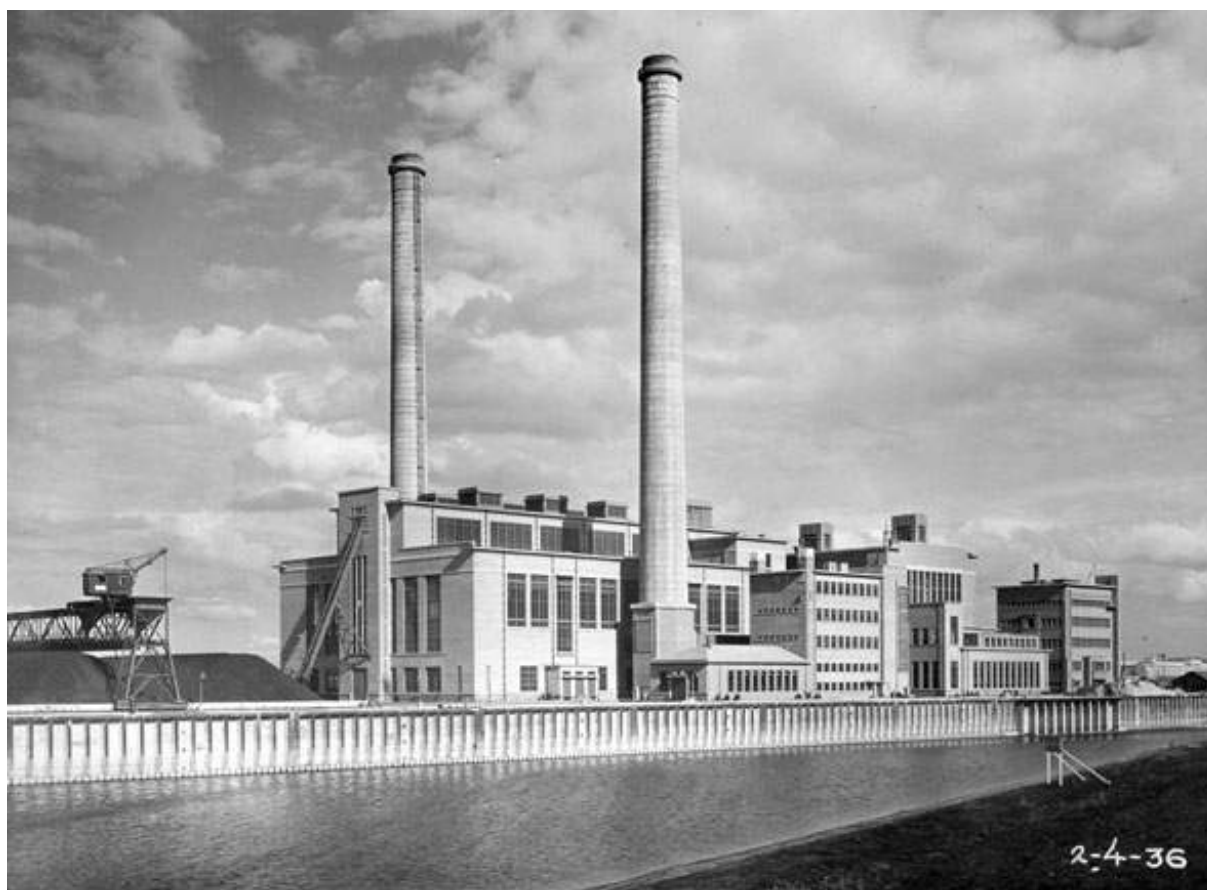


Eindmast 148 bij station Kootwijk, september 2000. In 2000 leek er nog niets te wijzen op het naderende einde van deze lijn. In 2001 veranderde dat echter. Deze mast bleef nadien staan, samen met nummer 149, als wellicht het enige duo monumentale masten in Nederland. Maar zonder kabel en zeker na de afbraak van het trafostation (het gebouw bleef wel) biedt het heden maar een troosteloze aanblik.

In 2001 volgde dan het einde van deze oude hoogspanningsleiding die uiteraard allang niet meer zo'n belangrijke functie had als tijdens de bouw. Het zendstation Kootwijk had na de komst van de ruimtevaart vanaf de jaren zestig geen functie meer als zender. En de verbindende functie was overgenomen door het 150 kV-net. De afbraak werd door Nuon gebruikt om het imago een natuurvriendelijke draai te geven, want de afbraak van de mast op het Kootwijkerzand werd met een persmoment gepaard, waarbij een vlag in de mast werd aangebracht, kort voor die werd neergehaald. Een treurig gezicht dat geen recht deed aan de historie van deze masten. Sinds die tijd moeten we het met de foto's doen van de oude hoogspanningsleiding in dit decor van de zandverstuiving. Een stukje historie is wel bewaard gebleven, de twee eindmasten 148 en 149 en het schitterende stationsgebouw van Kootwijk. Helaas kon vanwege verontreiniging het openluchtstation niet behouden blijven, het is in de jaren tussen 2002 en 2005 afgebroken. Dat is te betreuren omdat stations uit die tijd vrijwel niet meer bestaan. Eenzelfde lot trof ook de 50 kV-openluchtstations in Hemmen, Ede en Apeldoorn. Tot de afbraak van Hemmen in de jaren 2000 werd het station nog met een kabel bereikt, daarna werd het beginpunt van de hoogspanningslijn het 50 kV-deel op het 150 kV-station Dodewaard. Anno 2017 bestaat dus enkel het lijndeel tussen Dodewaard en Ede grotendeels! In 2008 kreeg de lijn een verbouwing waarbij helaas ontsierende hekken op de traverses werden geplaatst. De kruisingsmasten bij de Rijn bij Wageningen werden versterkt met enkele koppelstaven daar waar de diagonalen op de randstaaf aansluiten halverwege de toren. De steile hoofddiagonalen van de "schaarvorm", zijn naar de huidige inzichten namelijk niet heel stabiel. De auteur hoopt dat de 85 jarige masten nog een tijdje mogen blijven staan.

4 CENTRALE GELDERLAND

De energieopwekking in Nijmegen gaat terug tot 1908 toen de gemeentelijke centrale in de benedenstad aan de Waal in gebruik werd genomen. Na de oprichting van de PGEM ging deze in de jaren twintig over naar die maatschappij. De centrale aan de Waalkade was in 1930 aan de grenzen van de mogelijkheden gekomen zodat dit noopte tot uitbreiding op een andere locatie. Daarvoor werd een plek gekozen bij de monding van het in 1927 gereed gekomen Maas-Waalkanaal. Tussen 1933 en 1935 werd in zeer korte tijd deze centrale gebouwd. Dat gebeurde onder leiding van de latere PGEM-directeur ir. J.J. Fels, de architectuur werd verzorgd door zijn broer H. Fels. Zijn hand is duidelijk herkenbaar aan het uiterlijk van de centrale. De constructie werd verzorgd door het bureau Dwars, Hedrik en Verhey, dat tegenwoordig nog bestaat als RHDHV. De centrale werd gebouwd met vier hoofdturbines van 25 MW per stuk. Daarnaast waren er nog twee kleinere turbines. De hoofdturbines hadden als eenheden waarschijnlijk de namen 1 t/m 4. Kenmerkend voor die tijd werd de gevel nog geheel uitgevoerd in baksteen. Een groot verschil met de huidige generatie centrales waar de gevel door stalen beplating wordt gevormd. Ook de constructie van de schoorstenen is afwijkend van de latere constructies, er werd nog geen voorgespannen beton gebruikt waardoor de slankheid niet zo groot. Het draagt samen met de hoogte van 110 meter bij aan het indrukwekkende beeld van deze centrale. De schoorstenen stonden op imposante sokkels, afgewerkt met metselwerk. Het machinegebouw was haaks op het ketelgebouw gepositioneerd en had drie torenvormige constructies op het dak. Direct voor de centrale kwam een 50 kV-station, vanaf daar werd begon een geheel nieuwe 50 kV-lijn naar Arnhem.



De centrale Gelderland I kort na de ingebruikname. De centrale had twee imposante gewapend betonnen schoorstenen van 110 meter hoogte.

Toen het land de schade van de tweede wereldoorlog te boven was gekomen en het elektriciteitsverbruik snel steeg verrees al snel een tweede centrale op de locatie aan de Waal. Uitbreiding van centrale I was niet mogelijk, er kwam op een nog braakliggend terrein dicht bij de Waal een nieuw gebouw. Ook deze centrale had net als de eerste, vier eenheden en twee schoorstenen. Ook had de centrale een gemetselde gevel, zodat het voorkomen gelijkwaardig was als de eerste. Uiteraard was de

architectuur een stuk soberder. Tussen 1953 en 1954 werden de eenheden van deze “Centrale Gelderland II” in gebruik genomen. Deze breidde direct hierna al uit met eenheid 09 en 10, die aan de oostkant tegen het gebouw van de eerder gerealiseerde gebouwen werden neergezet. Beide eenheden kregen grotere vermogens van 62 respectievelijk 81 MW. Deze hadden ook elk een nieuwe schoorsteen, zodat er vier schoorstenen in lijn stonden. Een beeld dat we ook kennen van de centrale Herculio, de Hunzencentrale en de Merwedecentrale.



De centrale Gelderland Zuid in aanbouw in 1962. De gebouwen kregen een moderne metalen gevel in plaats van baksteen. Op de achtergrond de gebouwen van I en II en daarachter de Waalportalen.

Centrale Gelderland

Eenheid	Vermogen	Brandstof	In gebruik	Buiten gebruik	Bijzonderheden
01	25 MW	Kolen	1936	1963	Centrale Gelderland I
02	25 MW	Kolen	1936	1963	in monumentaal gebouw
03	25 MW	Kolen	1936	1963	pas in jaren '90 afgebroken
04	25 MW	Kolen	1936	1963	In 1951 178 MW opgesteld.
05	52 MW	Kolen / zware olie	1953	1978	Centrale Gelderland II na-oorlogse uitbreiding
06	52 MW	Kolen / zware olie	1953	1978	
07	52 MW	Kolen / zware olie	1954	1979	
08	52 MW	Kolen / zware olie	1954	1979	
09	62 MW	Zware olie	1957	1982	Centrale Gelderland Zuid van de centrales I en II
10	81 MW	Zware olie	1959	1984	
11	123 MW	Kolen / zware olie	1963	1989	
12	115 MW	Kolen / zware olie	1963	1991	Laatste uitbreiding
13	602 MW	Kolen / zware olie	1981	2015	

Overzichtstabel van de diverse eenheden van de Centrale Gelderland in Nijmegen.

De bouw van nieuwe eenheden ging door. In 1963, werd al een geheel nieuwe centrale in gebruik genomen. Dit was op een iets zuidelijkere locaties aan de overkant van de insteekhaven. Het gebouw werd genaamd de “Centrale Gelderland Zuid”. Dominant in het beeld zijn twee hoge ketelhuizen. Deze waren voorzien van een typische vrij lichtgekleurde gevel, anders dus dan het metselwerk van Centrale I en II. Elk van de eenheden had een vermogen van circa 120 MW. Beide waren voorzien van een hoge en vrij slanke schoorsteen. Vanaf dit gebouw liep een hoogspanningsleiding naar het 150 kV-station. Er stond slechts één mast in de lijn, een deltamast van een bijzonder en uniek type. Als we ervan uitgaan dat er geen andere ondergrondse verbinding bestond, is het opmerkelijk dat twee eenheden waren aangesloten op één enkelcircuitlijn.

Na de snelle uitbreidingen tot en met de centrale Gelderland Zuid stakte echter de verdere bouw van centrales in Nijmegen. Waarschijnlijk is daar de reden van dat men in Flevoland een nieuwe locatie vond. Toch vond er nog eenmaal nieuwbouw plaats, dat was de meest recente eenheid 13, die is gebouwd aan het eind van de jaren zeventig. Het werd een zeer grote eenheid die met 600 MW een van de grootste eenheden was van Nederland. Deze centrale kon de overige naoorlogse eenheden die hun levensduur gehaald hadden en uit bedrijf werden genomen volledig compenseren. Het werd een imposant gebouw vanwege de omvang. Hoewel de architectuur met de afgeschuinde daken en de grote horizontale lijnen in het machinehuis niet bij iedereen in de smaak valt. De schoorsteen is een gigant van 160 meter hoog die jarenlang de skyline van Nijmegen zou domineren.



Overzicht van de eenheden van de centrale Gelderland. Tussen 1936 en 2015 werd hier energie opgewekt. In de jaren tachtig stonden alle gebouwen er nog, vandaar de keuze voor de onderliggende kaart.



De interne lijn van de twee blokken van de "Centrale Gelderland Zuid" naar het 150 kV-station. Deze lijn had waarschijnlijk slechts één mast, die geïnspireerd lijkt op de schaarmasten. Op deze ongedateerde foto is de centrale Gelderland II niet meer te zien en zal dus na 1985 zijn gemaakt, maar voor de afbraak van gebouw I in de jaren negentig.

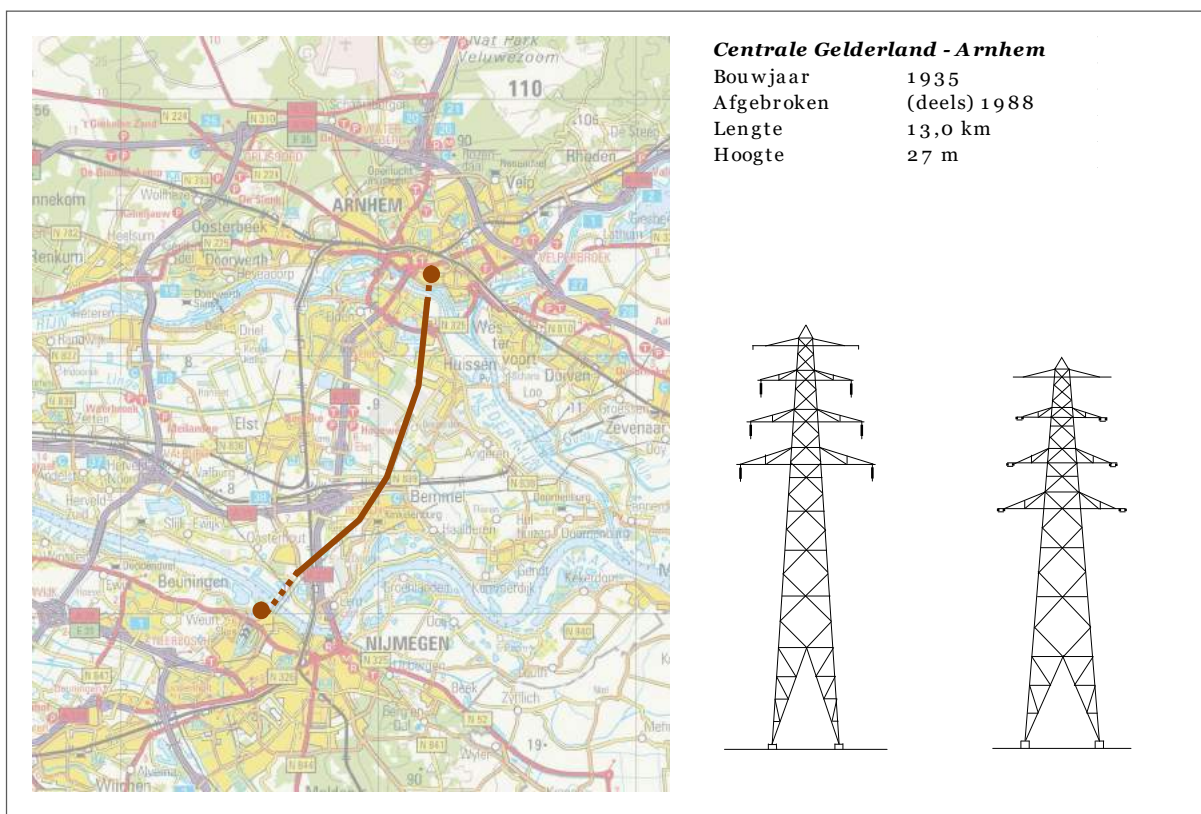


De interne lijn van de jongste eenheid van de Centrale Gelderland naar het 150 kV-station. Er stonden drie masten in deze lijn. De geleiders waren uitgevoerd als zware vierbundels, vanwege het grote vermogen van meer dan 600 MW van de centrale. Deze foto is van januari 2001, toen op de centrale nog het logo van EPON prijkte.

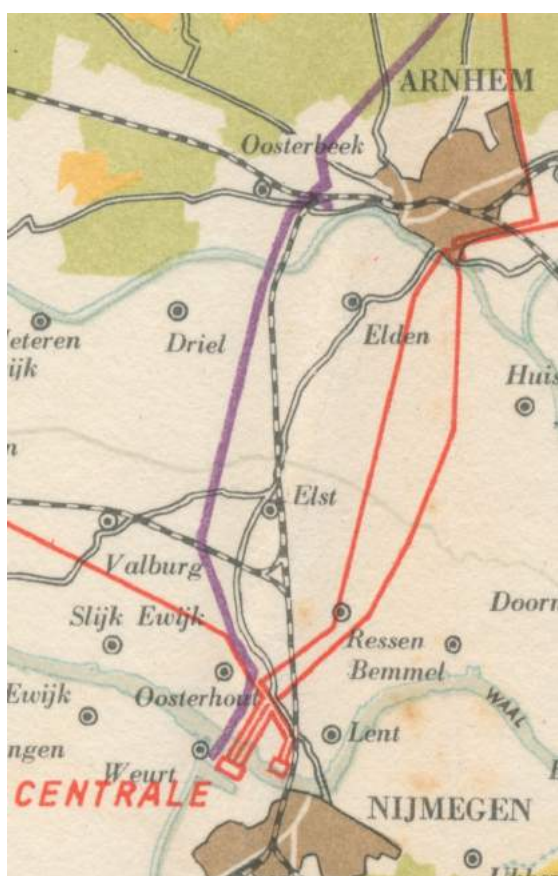
Aan het begin van de jaren tachtig stonden alle eenheden nog op de locaties aan de Waal, er waren veel schoorstenen te zien. Dat veranderde echter, want na gereedkomen van de grote eenheid 13 volgde afbraak van de Centrale Gelderland II. Het gebouw was reeds afgebroken toen in mei 1985 de vier schoorstenen met explosieven werden neergehaald. In de jaren negentig volgde de Centrale Gelderland Zuid en Centrale Gelderland I. Dat laatste valt zeer te betreuren, want zonder meer zou dit gebouw als misschien wel de mooiste elektriciteitscentrale van Nederland beschouwd kunnen worden. In de jaren tachtig werd EPON de eigenaar van de centrale, later ging ze over naar Electrabel. De centrale kwam nogal eens in het nieuws, dan ging het om bijstook van houtsnippers en of de grote uitstoot van CO₂ vanwege de kolen. Het energieakkoord dat de sluiting betekende van de oudere kolencentrales deed de centrale de das om, in december 2015 werd voor het laatst energie geproduceerd. Afbraak is gepland voor 2017/2018. Omdat er vanuit rijksoverheidsbeleid geen nieuwe centrales meer worden gebouwd in het binnenland, zal daarmee een einde komen aan de elektriciteitsproductie in Nijmegen.

4.1 Centrale Gelderland - Arnhem

Behorend bij de Centrale Gelderland was een nieuwe hoogspanningsleiding door de Betuwe, naar Arnhem. Vanuit de centrale werd eerst met een aantal ondergrondse kabels de Waal gepasseerd. Hierna begon ongeveer een kilometer noordelijk van de rivier de bovengrondse lijn, daar waar de eerste lijn Lent - Arnhem afboog van de lijn Lent - Hemmen. Opmerkelijk is dat het station Lent niet door de nieuwe verbinding werd aangedaan. Door de Betuwe kreeg de verbinding een geheel nieuw tracé en werd dus niet gebundeld met de bestaande 50 kV-lijn uit 1922. Het tracé boog meer oostelijk af in de richting van Bemmelen, waarna een strakke noordelijke richting werd gevolgd. De bovengrondse lijn eindigde vervolgens direct ten zuiden van de Rivier de Rijn, bij het toenmalige buurtschap "Malburgen". Met een ondergrondse kabel ging de verbinding verder naar het station aan de Van Oldenbarneveltstraat. Er kwamen dus geen hoge kruisingsmasten voor in deze lijn.



Overzichtskaart van de 50 kV-lijn Centrale Gelderland - Arnhem. Begin en einde waren via een ondergrondse kabel verbonden met het station.



Figuur uit het gedenboek van de PGEM 1915 - 1940. De twee 50 kV-lijnen naar Arnhem prijken duidelijk op de kaart. In paars is ook de 150 kV-lijn getekend, maar die zou er pas omstreeks 1950 komen.



Een foto van het bovengrondse einde van de lijn bij Malburgen, uit 1974.

Het masttype was een geheel nieuw type. Het concept van de schaarmasten werd verlaten en een veel modernere mast vond zijn toepassing. Enige overeenkomst met de voorgaande masten is dat er nog steeds drie vlakken in de mast zitten, waarbij de geleiders in dennenboomconfiguratie hangen. Er is een duidelijke boventraverse aanwezig, die qua breedte aansluit bij de andere traverses. Het mastlichaam is in tegenstelling tot de masten in de lijn Lent - Apeldoorn geen slanke mast, maar een veel bredere toren, waarbij de diagonalen een open structuur hebben. De randstaven van de mast staan ieder op een eigen betonpoer. Die zijn zodanig ver van elkaar dat het voor de landbouw mogelijk is onder de mast door te rijden. Bij de steunmasten is opvallend dat de toren geen vierkante maar een rechthoekige plattegrond heeft. Een overeenkomst met de Groningse hamerkopmasten, eveneens uit de jaren dertig. De tussenafstand van de masten is met 290 meter een stuk groter dan de 200 tot 250 meter van de oudere lijnen. De doorsnede van de kabels was 150 mm² koper, eveneens aanzienlijk meer dan de schaarmasten hadden (50 of 95 mm²). Het masttype vertoonde ook aardige overeenkomsten met de latere 150 kV-masten in Nijmegen - Apeldoorn. We kunnen dan ook stellen dat die 150 kV-masten in dezelfde tijd moeten zijn ontworpen maar door de tweede wereldoorlog pas aan het eind van de jaren veertig zijn gebouwd.



Lijnbeeld van de 50 kV-lijn in de buurt van Bommel, op de achtergrond de vreemde driewegsmast bij het gelijknamige 50 kV-station. Foto uit 2013.

Deze lijn bevond zich aan het eind van de oorlog in de Betuwe tussen het bevrijde zuiden en het nog bezette Noord-Nederland. De schade aan de lijn is niet bekend, de verbinding is na de oorlog weer geheel in gebruik genomen in tegenstelling tot Lent - Arnhem. Aan het begin van de jaren vijftig werd de lijn aangesloten op het nieuwe 50 kV-station aan de Winselingseweg. Halverwege de jaren zeventig werd bij Bommel een trafostation gebouwd waar via een driewegsmast de 50 kV-lijn mee werd verbonden. Tot tenminste het einde van de jaren tachtig bleef de verbinding in zijn originele lengte aanwezig, toen werd bij Malburgen de lijn ingekort en werd Bommel het nieuwe eindpunt. Ook bij Nijmegen wijzigde het een en ander. Bij de aanleg van de 380 kV-lijn Dodewaard - Doetinchem werd de oude lijn nog bovengronds gelaten, in 2002 veranderde dat toen voor de Betuweroute een aantal masten afgebroken werden waarna de lijn ondergronds passeerde. In 2010 vervielen mast 1 t/m 9 vanwege de aanleg van een woonwijk. Daarmee verdween ook de typische hoekmast 5 die in de middenberm van de autosnelweg A325 stond.



Het begin van het bovengrondse deel bij Lent. De laatste mast is wat afwijkend en lijkt op de hoekmast die voorkwam in de 50 kV-lijn tussen Lent en Tiel. Foto uit 2003. Enkele jaren later is het eindpunt verplaatst naar het noorden vanwege de aanleg van nieuwe woonwijken.



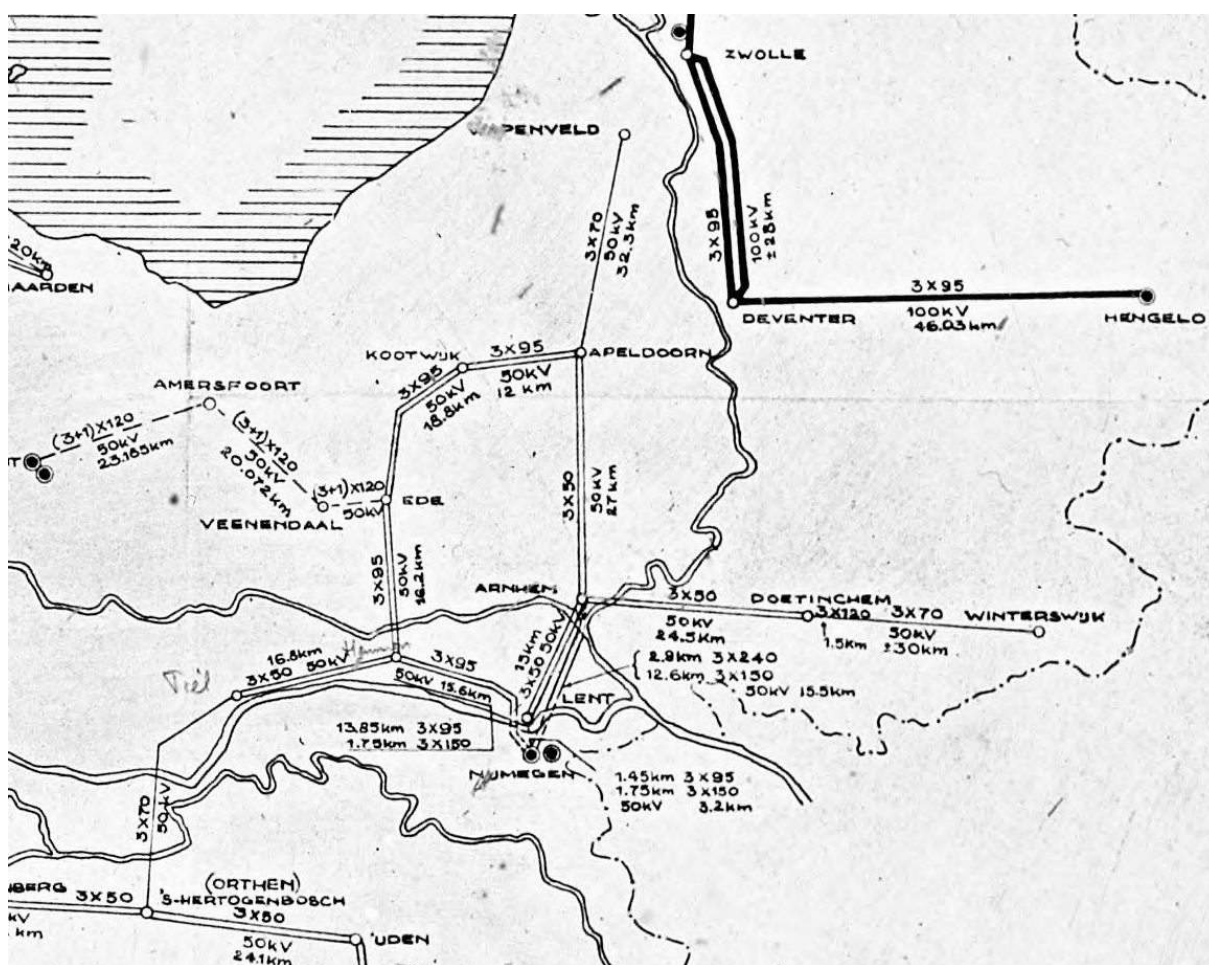
Het 50 kV-station van Nijmegen aan de Winselingseweg heeft direct aan het schakelruimtegebouw een imposant gebouw. Het is in 1950 in gebruik genomen ter vervanging van station Lent. Op deze foto uit 2001 is van de stadsvernieuwing "Waalfront" met de tweede Waalbrug en de buiten gebruikstelling van de centrale nog geen sprake.

5 DE HOOGSPANNINGSLIJNEN IN DE OORLOGSJAREN

In een artikel van architect Fels in *De Ingenieur*, 1930 zien we een kaartje van het 50 kV-net, inclusief in voorbereiding zijnde lijnen (zie hoofdstuk 3.1). Wat opvalt is dat een nieuwe 50 kV-ring in ontwerp is, via Zutphen. Daarnaast zijn twee uitlopers naar Bredevoort en Hattem getekend. Ook is de 50 kV-lijn tussen Arnhem en Ede ingetekend. Geen van alle zou uiteindelijk voor 1940 gebouwd worden. Wel werd in de jaren dertig nog de verbinding tussen de centrale Gelderland en Arnhem aangelegd. Op basis van het gedenkboek 1915 - 1940, was ook een 150 kV-lijn tussen Nijmegen en Apeldoorn in voorbereiding. Deze was al zover gereed dat het tracé in dat gedenkboek werd weergegeven. In de oorlogsjaren kwam het echter niet tot realisatie, prioriteit werd aan andere verbindingen onder andere in West-Nederland gegeven. Ondanks dat werden er toch lijnen aangelegd in de jaren van de Duitse bezetting. Dat betrof twee 50 kV-lijnen en een van 150 kV, die laatste was een speciale omdat het een grensoverschrijdende lijn ging, vanuit de Centrale Gelderland naar Kleef. Deze lijn is echter kort na de oorlog weer afgebroken. De andere lijnen van 50 kV hebben langer bestaan.

Hoogspanningslijn	Spanning	Lengte	Bouwjaar	Vervallen	Masttype
Nijmegen - Kleef (tot grens)	220 kV	26,0	1942	1947	Dennenboommast (D)
Apeldoorn - Hattem	50 kV	31,3	1941	1973	Asym.donaumast
Tiel - Neerijnen	50 kV	16,8	1943	1980	Asym.donaumast
Doetinchem - Winterswijk	50 kV	28,6	1943	1977	Asym.donaumast

Tabel: overzicht met 50 kV-lijnen die in de oorlogsjaren tot stand gekomen zijn.



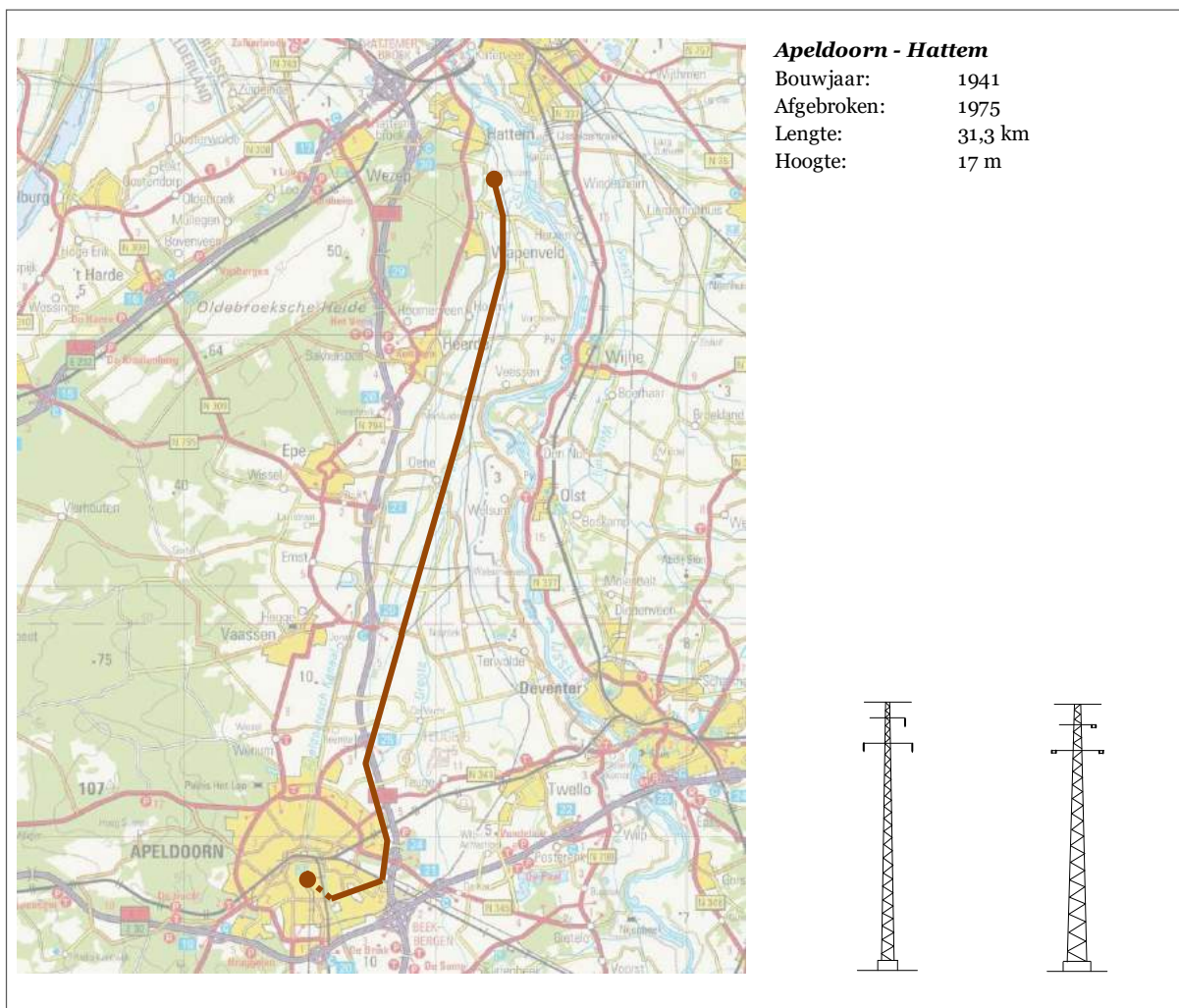
Een fragment uit een netkaart uit het jaar 1945 toont hoe het Gelderse hoogspanningsnet er uit zag in de oorlogsjaren. De uitloperlijnen naar Winterswijk, Wapenveld (Hattem) en Den Bosch kwamen in de oorlog gereed. De curieuze landsgrensoverschrijdende lijn naar Kleef kwam niet op de kaart.

5.1 Masttype

Het masttype in deze lijnen was er een van eenvoud en slankheid. Een zeer lichte toren met drie balkvormige traverses. Er was geen sprake van een gelijkzijdige driehoeksvorm, zoals bij de 50 kV-enkelcircuitlijnen van de PNEM en zoals die in het buitenland te vinden zijn. Die masten hebben drie traverses, waarbij alle kabels op een verschillende hoogte hangen. Bij de PGEM-mast hangen er twee kabels aan de ondertraverse en is de middentraverse simpelweg voor de helft onbenut gelaten. Verder is er nog een boventraverse voor de bliksemkabel, die breder is dan de middentraverse. Hoewel het met de beschikbare weinige informatie niet geheel uit te sluiten is, lijkt de mast niet geschikt om in te richten als dubbelcircuit. In ieder geval is dat nooit gebeurd bij alle lijnen met dit masttype.

5.2 Apeldoorn - Hattem

Deze lijn was de netuitbreiding vanuit Apeldoorn in noordelijke richting. Het bouwjaar was op basis van het gedenboek van de PGEM 1941. Het betrof een enkelcircuit verbinding. Helaas zijn van het stuk bij Hattem weinig foto's van deze verbinding in omloop, waarschijnlijk omdat al in de jaren zeventig de lijn het veld moest ruimen voor een nieuwe 150 kV-lijn. Wel is er een aantal foto's gevonden van de lijn bij Apeldoorn, waar de huidige woonwijk "De Maten" ligt.

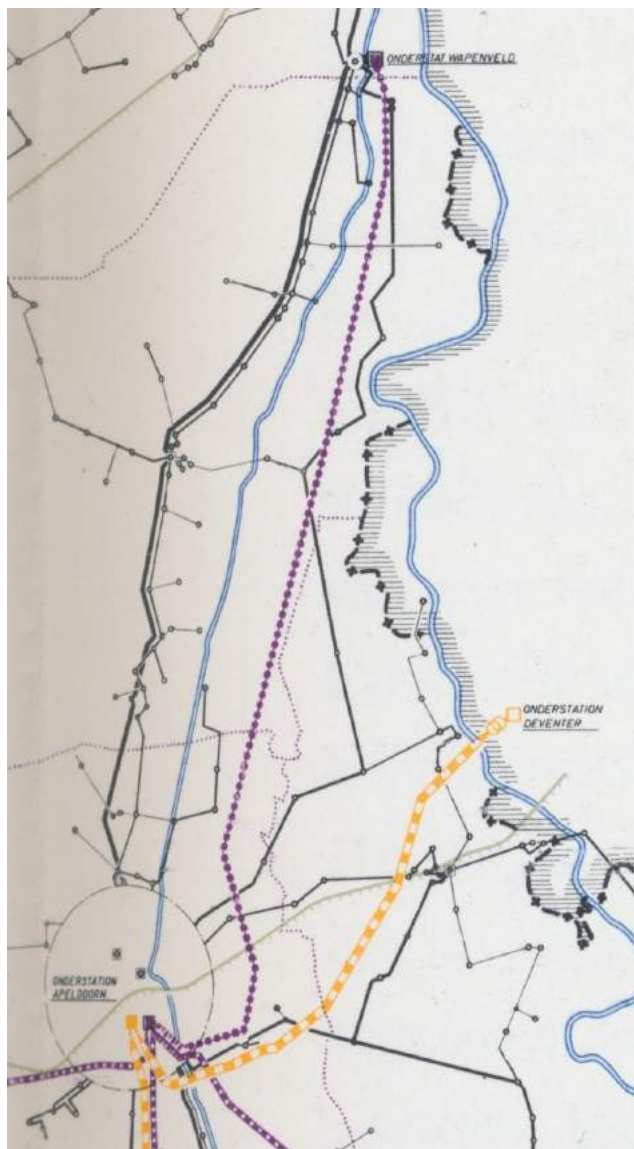


Overzichtskartaal van de 50 kV-lijn Apeldoorn - Hattem



Foto uit de jaren zeventig van een steunmast. De foto is genomen net ten oosten van het stijgpunt, in het buurtschap de Wormense Maten. Niet veel later zou hier de huidige wijk De Maten verrijzen.

De verbinding begon niet direct bij het Apeldoornse 50 kV-station, maar een kilometer westelijk ervan, op een plek gelegen aan het kanaal naar Dieren. Door bebouwing was het 50 kV-station van Apeldoorn in die tijd al niet meer bereikbaar voor een bovengrondse lijn. Na het stijgpunt ging de lijn in noordoostelijke richting naar de spoorlijn van Zutphen en kruiste daar de spoorlijn met twee hoekmasten aan weerszijden van het spoor. Hierna kwam de lijn op een plek die gelijk is aan de huidige 150 kV-verbinding. Waar echter die leiding afbuigt richting Welsum, liep de oude lijn nog in noordelijke richting doorlopen. Door het open landschap ten oosten van Epe en Heerde. Nabij Wapenveld eindigde de lijn, niet precies bekend is of het hier een provisorisch station betrof, een stijgpunt, waarna een ondergronds deel kwam naar een "echt" 50 kV-station.



Overzichtskaart van het tracé (paarse lijn) van de voormalige 50 kV-verbinding tussen Apeldoorn en Hattem. Uit het gedenkboek 1940-1955.

Het gedenkboek “Stroom opwaarts” over de N.V. IJsselcentrale vermeldt dat tussen 1945 en 1947 er een 50 kV-noodlijn liep van Vaassen naar Terwolde omdat de “kolenpositie” van het toenmalige Twentse Energiebedrijf TCS dermate slecht was dat vanuit Nijmegen bijgesprongen moest worden. Niet precies duidelijk is bij welke mast deze lijn begon en waar deze eindigde.

In de jaren vijftig of zestig werd het eindpunt verplaatst in de richting van Wapenveld, op een terrein bij de Spoorlijn Hattem - Apeldoorn, niet ver van de Berghuizer Papierfabriek. Het laatste stuk liep de lijn in westelijke richting naast een nieuwere, korte verbinding vanaf het 150 kV-station van Hattem naar dit station Wapenveld. Een andere wijziging uit die tijd betreft het trafostation van Apeldoorn Anklaar. Dit station werd aangesloten met het circuit vanuit Apeldoorn en vanuit Wapenveld. De aftakkingslijn was dus dubbelcircuit met het 50 kV-masttype dat ook voorkomt tussen Harderwijk en Nijkerk. De aftakkingsmast bevond zich ter plaatse van de huidige 150 kV-hoekmast die de A50 kruist. Deze 150 kV-verbinding betekende zoals vermeld het einde voor de 50 kV-lijn. De aftak Anklaar kwam daarbij al na een tiental jaren functioneren te vervallen en werd vervangen door de huidige kabelverbinding.

5.3 Doetinchem - Winterswijk

Dit is eveneens een "oorlogslijn". Met deze lijn werd het oosten van de Achterhoek met een in oostelijke richting lopende verbinding bereikt door het 50 kV-net. De masten waren gelijk aan die in de verbinding naar Hattem. Het tracé begon niet direct bij het 50 kV-station, maar een tweetal kilometers noordelijk daarvan, waarschijnlijk vanwege de bossen van de Kruisberg. Tegenwoordig bevindt zich hier een woonwijk.

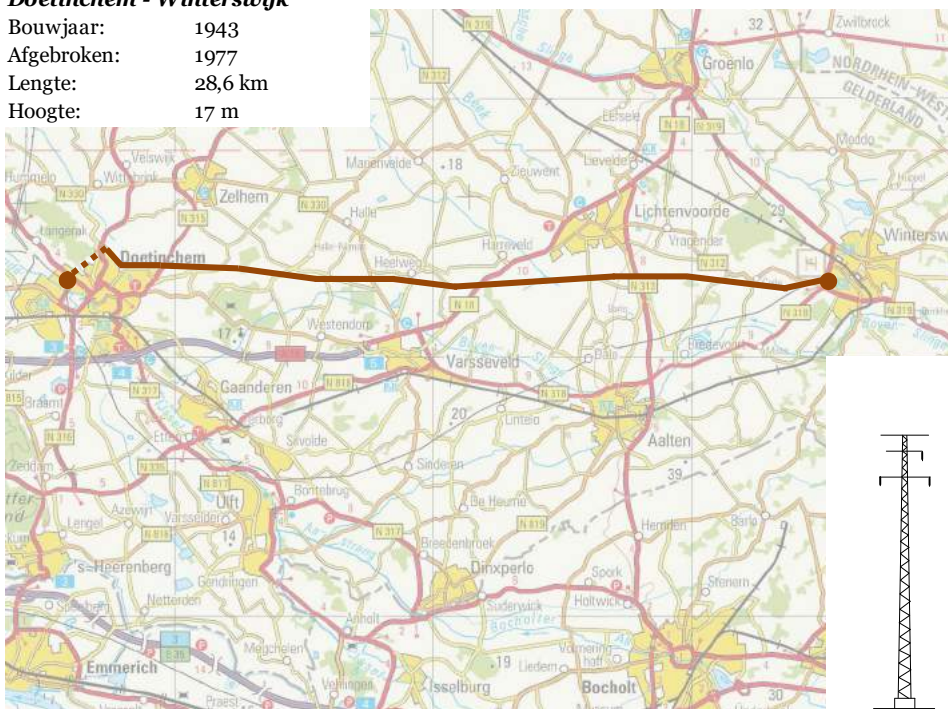
Doetinchem - Winterswijk

Bouwjaar: 1943

Afgebroken: 1977

Lengte: 28,6 km

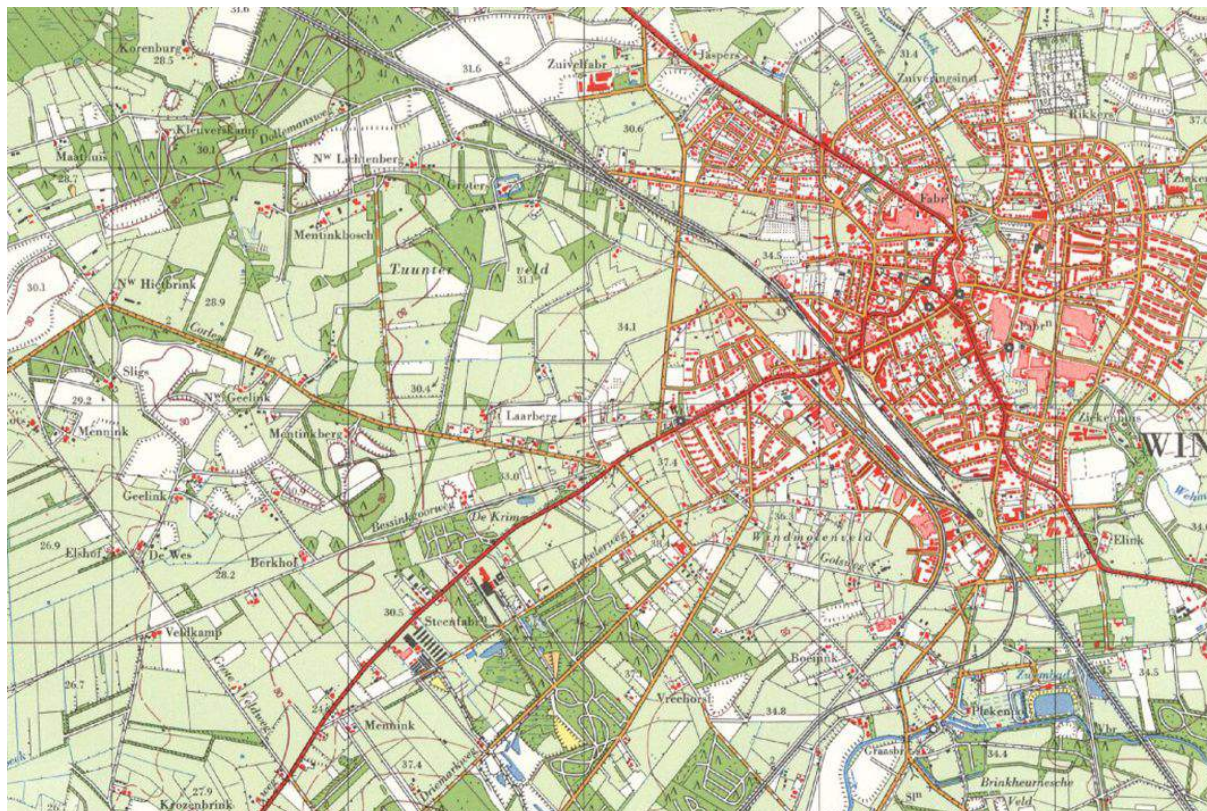
Hoogte: 17 m



Overzichtskaart van de 50 kV-lijn Doetinchem - Winterswijk



Steunmast in de lijn naar Winterswijk in de buurt van de Bezelhorstweg bij Doetinchem.



Het einde van de lijn bij Winterswijk. Op deze uitsnede uit 1966 is te zien dat de andere lijn vanuit de richting Bredevoort de laatste kilometer parallel aan de oude lijn meeliep. Tegenwoordig eindigt de 150 kV-lijn bij de Corleseweg met een stijgpunt en is op de plek van het toenmalige trafostation niets meer terug te vinden.

Na een kort stukje in zuidoostelijke richting ter plaatse van waar tegenwoordig een plantsoen en groenstroken liggen boog de lijn af in strak oostelijke richting. De huidige bevrijdingsstraat herinnert nog aan het tracé. Hierna volgde een eenvoudig doorgaand tracé, waarin slechts flauwe bochten voorkwamen. Zonder onderbreking kwam het uit bij Winterswijk, nabij de Misterstraat, bij de watertoren.

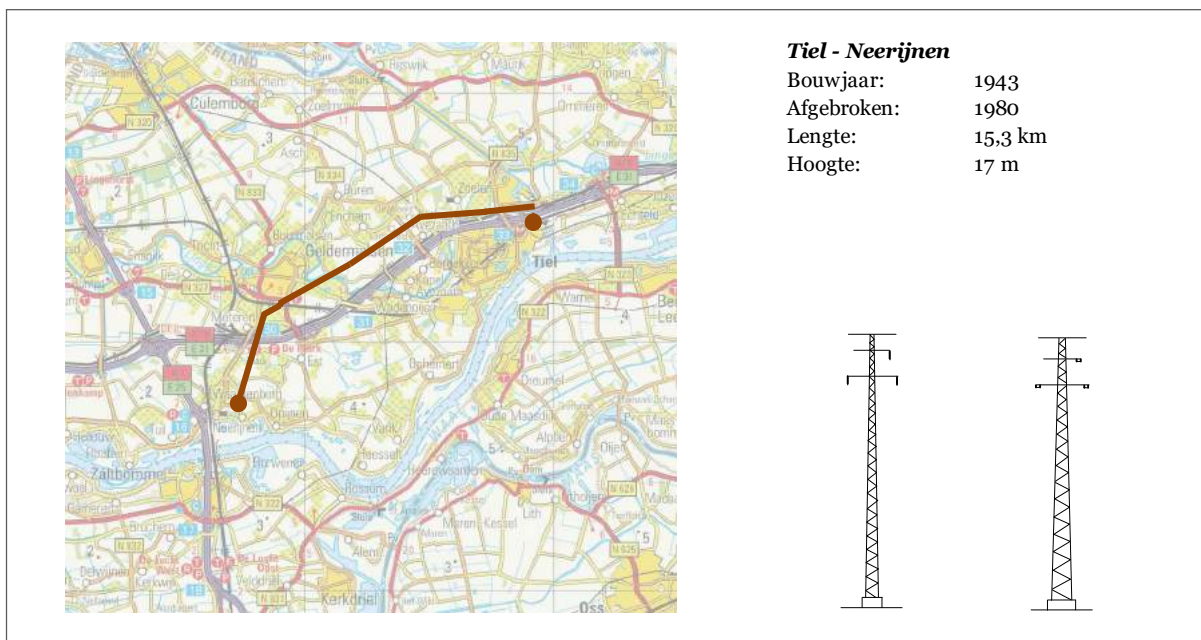


Mastrestant aan de Turfweg bij Doetinchem, maart 2015. Het masttype was gelijk aan de lijn Tiel - Neerijnen. Er zijn naast deze mast nog meer restanten van 50 kV-masten, maar bij deze zijn de traverses nog aanwezig.

In de jaren zestig werd een nieuwe dubbelcircuit 50 kV-lijn aangelegd via Ulft en Dale naar Winterswijk. Toch bleef deze oude nog een tijdje staan, zodat er twee 50 kV-lijnen door de Achterhoek liepen. In de jaren 1976- '77 werden echter beide 50 kV-lijnen vervangen door een nieuwe 150 kV-buismastenlijn, die kwam te lopen op het tracé van de lijn over Ulft en Dale. Met uitzondering van twee masten die (deels) bleven staan, is de gehele verbinding verdwenen.

5.4 Tiel - Neerijnen

Deze lijn is onderdeel van een grensoverschrijdend project, waarbij verbinding werd gemaakt met het 50 kV-net van de PNEM. Hoewel het vervolg tussen Neerijnen en Orthen door de PNEM werd aangelegd, kende die verbinding dezelfde masten als de lijn Tiel - Neerijnen. Dat waren net als de andere 50 kV-lijnen weer de licht uitgevoerde enkelcircuitmasten.



Overzichtskartaal van de 50 kV-lijn Tiel - Neerijnen

Het tracé begon in westelijke richting bij Tiel, ten noorden van het trafostation. In een strakke lijn ging de lijn richting Geldermalsen, waar het tracé een bocht maakte naar het zuidwesten. De spoorlijn vanuit Tiel werd overbrugd. De lijn liep door de Betuwse "komgronden" rondom Est, er zijn uit het Geldersch Archief foto's van te vinden. Over het trafostation van Neerijnen, dat pas enkele jaren rond 1950 na aanleg van de lijn verscheen, is ook een historisch verhaal te vinden. De lijn vanuit het zuiden kwam met een ondergrondse kabel onder de rivier de Waal aan bij het station.

In het begin van de jaren 1980 is de gehele verbinding afgebroken, dat kon pas nadat de nieuwe 150 kV-lijn tussen Tiel en Zaltbommel in gebruik genomen was. In de jaren ervoor was echter al een gedeelte van de 50 kV-lijn in de nabijheid van Tiel afgebroken, waarna de verbinding in de buurt van Kerk Avezaath begon als een aftak van de 50 kV-lijn Tiel - Culemborg. Mogelijk was dit al vanaf de jaren zestig het geval, ten tijde van de aanleg van de A15 die daar het tracé kruist. Met het afbreken van de lijn naar Neerijnen verdween de laatste van de enkelcircuitlijnen.

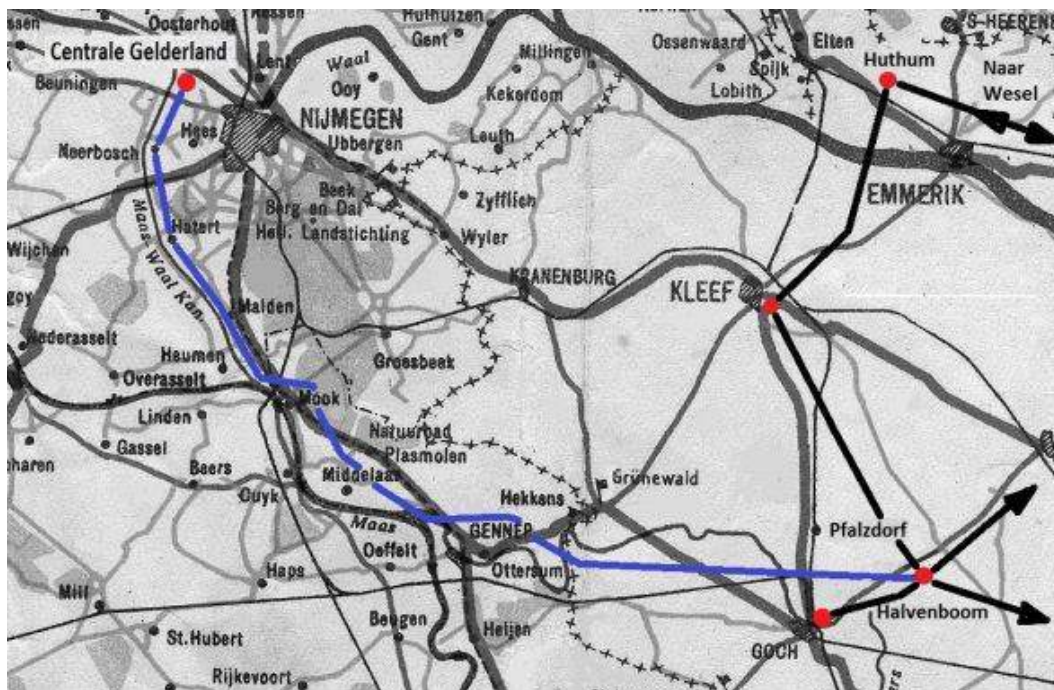


Een kleurenfoto uit 1954 van de "komgronden" uit de Betuwe, waarop de hoogspanningslijn Tiel - Neerijnen te zien is. De masten lijken hoger te zijn dan de vergelijkbare masten in andere lijnen. Mogelijk vanwege de fruitteelt.

5.5 Nijmegen - Kleef (tot grens)

Dit is een opmerkelijke verbinding geweest die slechts een vijftal jaren heeft bestaan en in veel publicaties onvermeld blijft. Ir. Bakker heeft in zijn artikel in de Ingenieur uit 1946 een korte passage van ir. Fels van de PGEM opgenomen over deze lijn die het Nederlandse net koppelde met het RWE-net. Op de website van de Nijmeegse historische vereniging Noviomagus is er een artikel aan gewijd. In 1940 werd door de Duitse RWE het tot stand brengen van een verbinding tussen het Nederlandse net en het Duitse net van RWE nagestreefd. De Gelderse centrale bij Nijmegen kon dan energie leveren aan het Duitse elektriciteitsnet. Dit plan werd uitgevoerd, niet zo snel als de Duitsers deden geloven (drie maanden bouwtijd), maar in 1944 kwam de hoogspanningslijn gereed. Op Duits grondgebied liep deze door naar Kleef. De masten waren van het Duitse drievlakstype voor 220 kV, vergelijkbaar met de masten die we nog op grote schaal in Duitsland zien. Het is niet waarschijnlijk dat de lijn ook daadwerkelijk met 220 kV is bedreven. Uit de foto bij de begraafplaats op de volgende bladzijde, die als representatief voor de lijn mag worden beschouwd, zijn te korte isolatoren te zien voor het geval dat er 220 kV spanning op de lijn zou staan. Bovendien is het niet aannemelijk dat vanuit een 50 kV-station bij de centrale in Nijmegen, een 220 kV-lijn zou aansluiten. Waarschijnlijker is dat het 110 kV was. Hoewel de masten geschikt waren voor dubbelcircuit, werd slechts een circuit aangebracht op basis van de foto's.

Volgens Fels werd in april 1944 via een parallelschakeling de Nijmeegse centrale gekoppeld aan het RWE-net. Dit had echter slechts een duur van vijf minuten! Het was noodzakelijk om de koppeling te verbreken omdat er in Nijmegen niet genoeg kolen aanwezig waren om stroom te leveren aan Duitsland. In de nog resterende tijd tot de bevrijding is daarop nog slechts enkele dagen stroom geleverd. Met enige trots vermeldt Bakker dat het nut dat de "Duitschers" ondervonden van de verbinding "practisch nihil" is geweest. 9000 ton geleverde kolen bleven na de bevrijding in Nijmegen achter.



Het gerealiseerde tracé van de lijn Nijmegen - Kleef. Het kortste tracé door de Ooijpolder stuitte op teveel bezwaren.

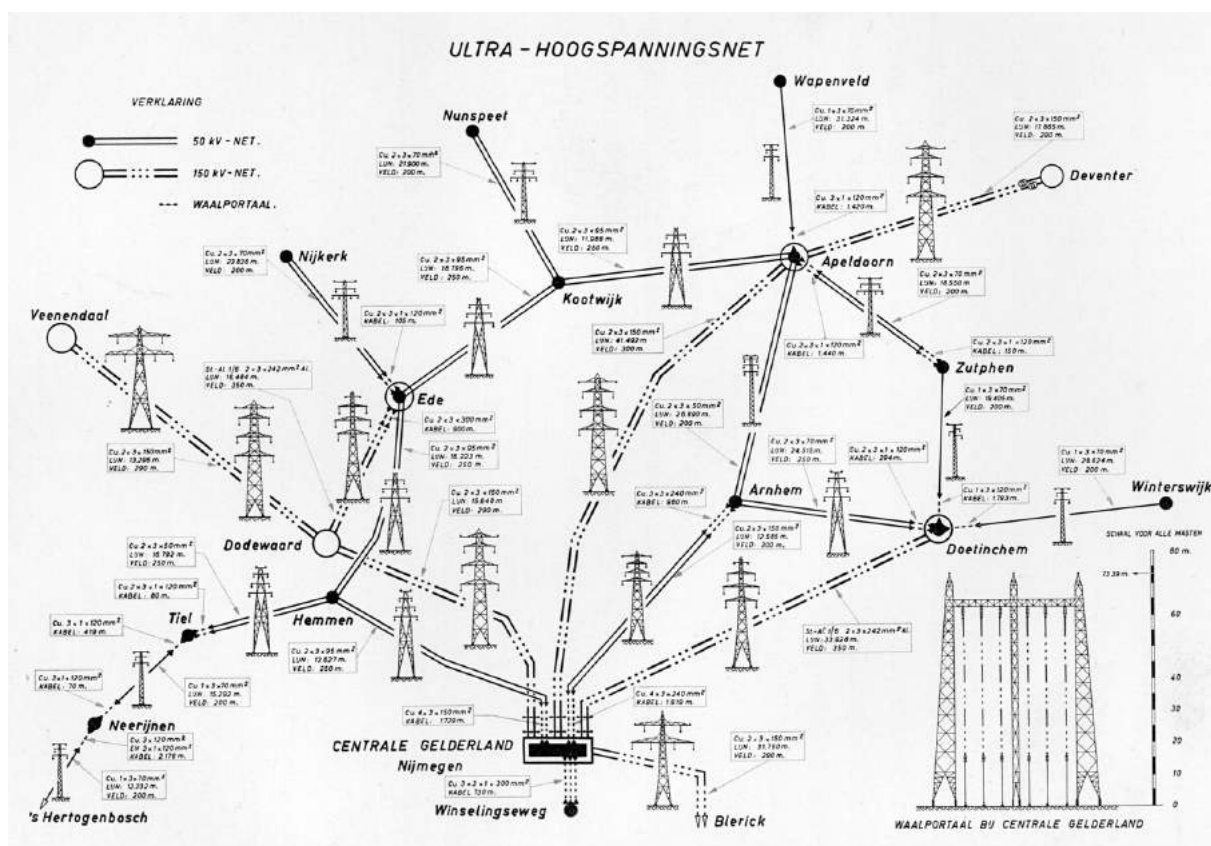
Als tracé werd in eerste instantie gekozen via de Ooijpolder en het Duitse Kranenburg, maar na bezwaren van de gemeente Nijmegen werd een ander tracé gekozen dat eerst in zuidelijke richting liep en dan via de noordelijke maasoever via Mook bij Gennep de landsgrens bereikte. Het exacte tracé is niet exact na te gaan omdat de lijn niet is vastgelegd op een topografische kaart! Zo kort is deze er dus geweest. Na september 1944 toen de geallieerden Nijmegen bevrijdden, kwam het nut van de verbinding te vervallen en onmiddellijk raakte de lijn in verval. Al in 1947 was er niets meer van de lijn meer over. Op Duits grondgebied is nog wel een deel blijven staan, de masten zijn wel enigszins aangepast. De spoedige afbraak doet wel enigszins vreemd aan, omdat in 1953 al een nieuwe 150 kV-lijn werd aangelegd naar Limburg, die tot aan de Maas op een vergelijkbaar tracé kwam als deze. In Limburg is wel lange tijd nog een vooroorlogse 220 kV-lijn blijven staan met Duitse masten.



Hoogspanningsmast achter de tijdelijke Amerikaanse militaire begraafplaats te Molenhoek. De lijn oogt al in een deplorabele staat.

6 DE NAOORLOGSE 150-KV LIJNEN

Onder de masten uit deze tijd vallen de zeer herkenbare enigszins "plomp" aandoende Gelderse 150 kV-masten met gematigde dennenboomvorm, of van het drievlakstype. Het gaat om drie lijnen, die in feite alle onderdeel waren van het landelijk koppelnet. Van de langste, Nijmegen - Apeldoorn, weten we aan de hand van het gedenkboek over de PGEM dat deze reeds voor de oorlog in voorbereiding was en zelfs tijdens de oorlog al materialen klaar lagen om de bouw in uitvoering te nemen. Vanwege oorlogsherstel was het in 1949 zover dat de bouw begon. Kort hierna of vrijwel gelijktijdig werden ook de andere verbindingen uit deze tijd gebouwd, richting de provincie Utrecht door de Betuwe en van Apeldoorn naar Deventer.



Kaart uit 1955 met de eigenschappen van de Gelderse lijnen inclusief zeer accuraat en op schaal weergegeven mastbeelden. Herkomst is het gedenkboek van de PGEM. De nieuwe 150 kV-koppelnetlijnen die vanuit Nijmegen beginnen zijn goed zichtbaar. Aan de Waalkruisingsportalen is een aparte plek gewijd. De verbinding Nijmegen - Apeldoorn vormt de centrale as in het Gelderse hoogspanningsnet.

Hoogspanningslijn	Spanning	Lengte	Bouwjaar	Vervallen	Masttype
Nijmegen - Apeldoorn	150 kV	41,5	1952	-	Drievlaksmast
Apeldoorn - Deventer	150 kV	17,9	1952	-	Drievlaksmast
Nijmegen - Dodewaard - Grens	150 kV	19,1	1953	-	Drievlaksmast
Nijmegen - Blerick (tot grens)	150 kV	13,7	1953	-	Donaumast

Tabel: overzicht met 150 kV-lijnen die na de tweede wereldoorlog tot stand kwamen.

6.1 Nijmegen -Apeldoorn

Dit is de eerste lijn voor de spanning van 150 kV die we zien verschijnen in het gebied van de PGEM. Zoals in de inleiding al aangestipt, was deze al voor de oorlog gepland, het vermoeden van de auteur is dat het direct na de ingebruikname van de centrale Gelderland kan zijn geweest. Mogelijk is de lijn niet alleen aangelegd voor de energielevering van de regio Apeldoorn, maar speelde ook het tot stand brengen van een landelijk koppelnet een rol. Vanuit Apeldoorn werd vrijwel in dezelfde tijd als deze lijn, de verbinding naar Deventer gebouwd, waarmee een aansluiting ontstond op het oostelijke en noordelijke 110 kV-net. Het tracé van de lijn was dus al bepaald, tot aanleg kwam het nog niet. Volgens

de publicatie van Louis van Empelen “De Grootsche Gedachte” over het koppelnet in Zuid-Holland, werden klaarliggende materialen als koper en isolatoren voor deze 150 kV-lijn elders gebruikt in het land, onder andere in de verbinding tussen Dordrecht - Rotterdam Waalhaven en Geertruidenberg - Dordrecht. Lijnen die onder leiding van Bakker van het EZH in de oorlogsjaren gereed kwamen en meer prioriteit werd gegeven dan Nijmegen - Apeldoorn. Waarschijnlijk door materiaalschaarste na de oorlog ging pas in 1949 de bouw van deze hoogspanningslijn van start. In 1950 werd de verbinding al in gebruik genomen, eerst nog voor 50 kV, vanaf 1952 voor 150 kV.



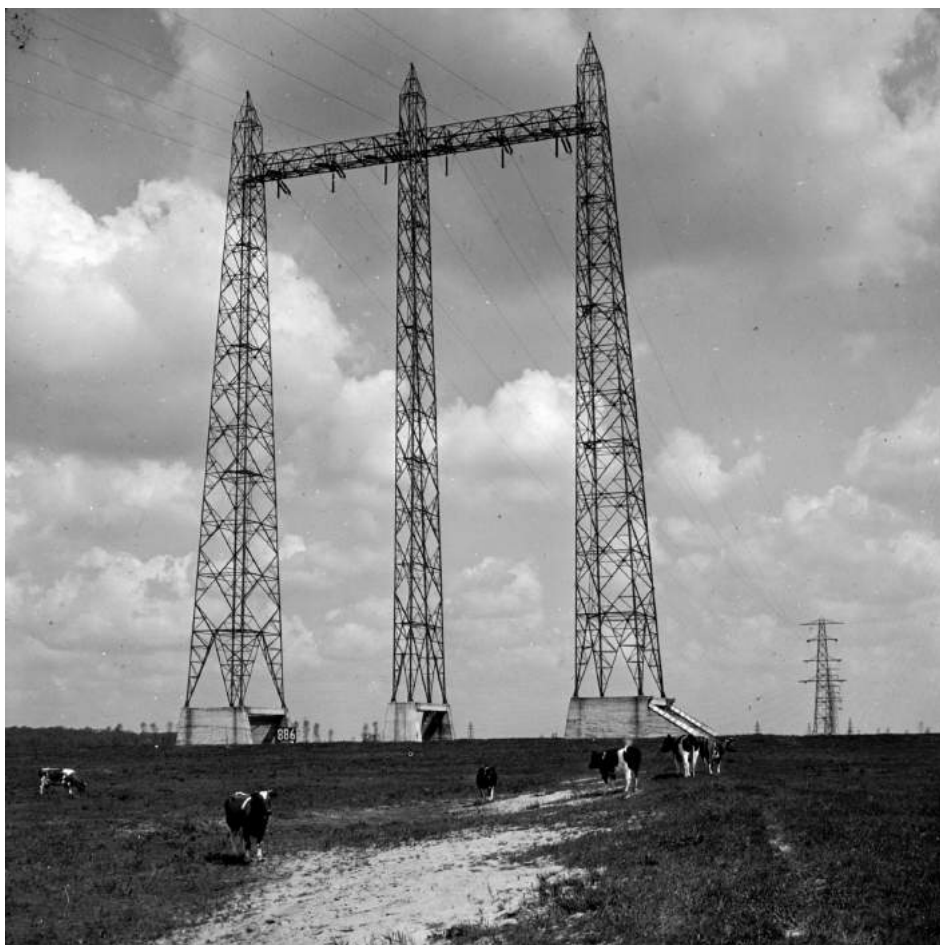
Mast 42 en 53 van Nijmegen - Apeldoorn, in de omgeving van Arnhem, mei 2003. Twee voorbeelden van de basismodellen steun- en hoekmast. Mast 42 is in 2005 afgebroken vanwege de nieuwbouwwijk Schuytgraaf.

Het masttype is zeker als bijzonder te beschouwen. Het vertoont een sterke gelijkenis met de 50 kV-lijn van de centrale Gelderland naar Arnhem, wat verklaarbaar is aangezien ze in dezelfde tijd zijn ontworpen en begonnen op dezelfde plek. Te oordelen aan andere mastontwerpen (slankere Donau- of tonmasten) van direct na de oorlog was de bouw van deze mast waarschijnlijk wel al wat gedateerd, maar desondanks is de aanleg uitgevoerd met dit masttype. Wat valt er op aan deze mast? De brede basis en het brede mastlichaam met tamelijk slanke traverses en wijde open diagonaalkvakken met tegelijkertijd relatief lichte profielen geeft deze mast zijn herkenbare vorm. Het is een grote mast, waarschijnlijk zouden er op basis van de verticale tussenafstand van de traverses ook 220 kV-circuits in kunnen hangen.

De drie traverses hebben een gematigde dennenboomvorm. De boventraverse is breder, zodat de verbindinglijn van de traversepunten niet doorloopt, zoals dat wel bij de IJsselcentrale-masten het geval was. Hoewel de brede bliksemtraverse niet heel ongebruikelijk is, werden in die tijd ook wel masten gebouwd met een enkele draad over de top, naar Duits voorbeeld. Bij de 220 kV-lijnen van de IJsselmij werd dit principe ook toegepast, zij het wel alleen op enige afstand van het trafostation.

De traverses vallen op door het spitse einde, ze bezitten een horizontale ladder in het midden, die ook dient als bevestigingspunt van de isolatorkettingen. De ladder kraagt daarvoor zelfs een behoorlijk stukje uit buiten het knooppunt van de trekstaaf die de bovenrand van de traverse vormt. De isolatorkettingen werden in de basis uitgevoerd als enkele ketting. Vanwege de wat grote afstand tussen de traverses, ogen de isolatoren wat kort. Bij wegwakruisingen komt een dubbele verticale ketting voor, waarvan de twee isolatoren haaks op de lijn zijn georiënteerd. Dat is gelijk aan tot dan toe

gebouwde masten van de PGEM, maar afwijkend van de tonmasten die na dit masttype ten tonele verschenen. De spitse vorm liet ook een andere plaatsing (lengterichting) niet toe. Hoekmasten en steunmasten lijken maar weinig te verschillen van elkaar, alleen uiteraard de profielzwaarte, en de afstand tussen de boventraverse en de traverse voor de bliksemgeleider.



Het eerste Waalportal in de lijn naar Apeldoorn. Het is gebouwd omstreeks 1949. Op deze foto is het noordelijke portal te zien aan de Lentse zijde van de Waal. Dit is opmerkelijk genoeg niet het huidige portal in de lijn naar Apeldoorn, bij de aanleg van de lijn naar Doetinchem werd dit het portal voor de lijn naar Doetinchem en verrees een nieuw identiek portal westelijker van de bestaande portalen. Op de achtergrond zijn ook nog 50 kV-masten zichtbaar.

De toren begint op relatief kleine betonpoertjes en is met ankers bevestigd. Daarbij werd geen gebruik gemaakt van een gelaste verbinding aan de randpoot, maar werd een gelaste stalen voetconstructie verankerd, waaraan dan met bouten de randstaaf werd verbonden. Deze manier van verankeren zien we tot in de jaren zestig bij de masten van de PGEM terug, in andere provincies werd al geheel gelast. Hierna begon een broekstuk waarvan de randpoten dezelfde helling hadden als de rest van de mast. Er is een ladder in deze mast aanwezig. Wat ook kenmerkend voor de masten is, is dat bij een (gematigd) verhoogde mast, de verhoging wordt gerealiseerd met een "extra" broekstuk. Op de manier zoals we dat nog op grote schaal in België zien.

Deze mast mag zeker als een fraaie mast worden gezien, met een herkenbaar uiterlijk. Het oogt enigszins plomp of onbeholpen maar de rustige vorm van de verbanden en de traverses compenseert dit op een goede manier. Ook de dennenboomvorm is een aansprekende vorm die een prettige aanblik aan de mast geeft.

Een niet onbelangrijk detail in de bouw van de hoogspanningslijnen direct na de oorlog zijn de waalkruisingsportalen bij Nijmegen, direct in de nabijheid van de centrale. De 70 m hoge portalen bestaan uit twee licht hellende torens en een slanke verticale middentoren, met rechthoekige basis. Bovenin zijn de torens verbonden met een vakwerkligger met evenwijdige randen, maar met een trapeziumvormige doorsnede. De overspanning bedraagt 300 meter. Een bijzondere constructie die we

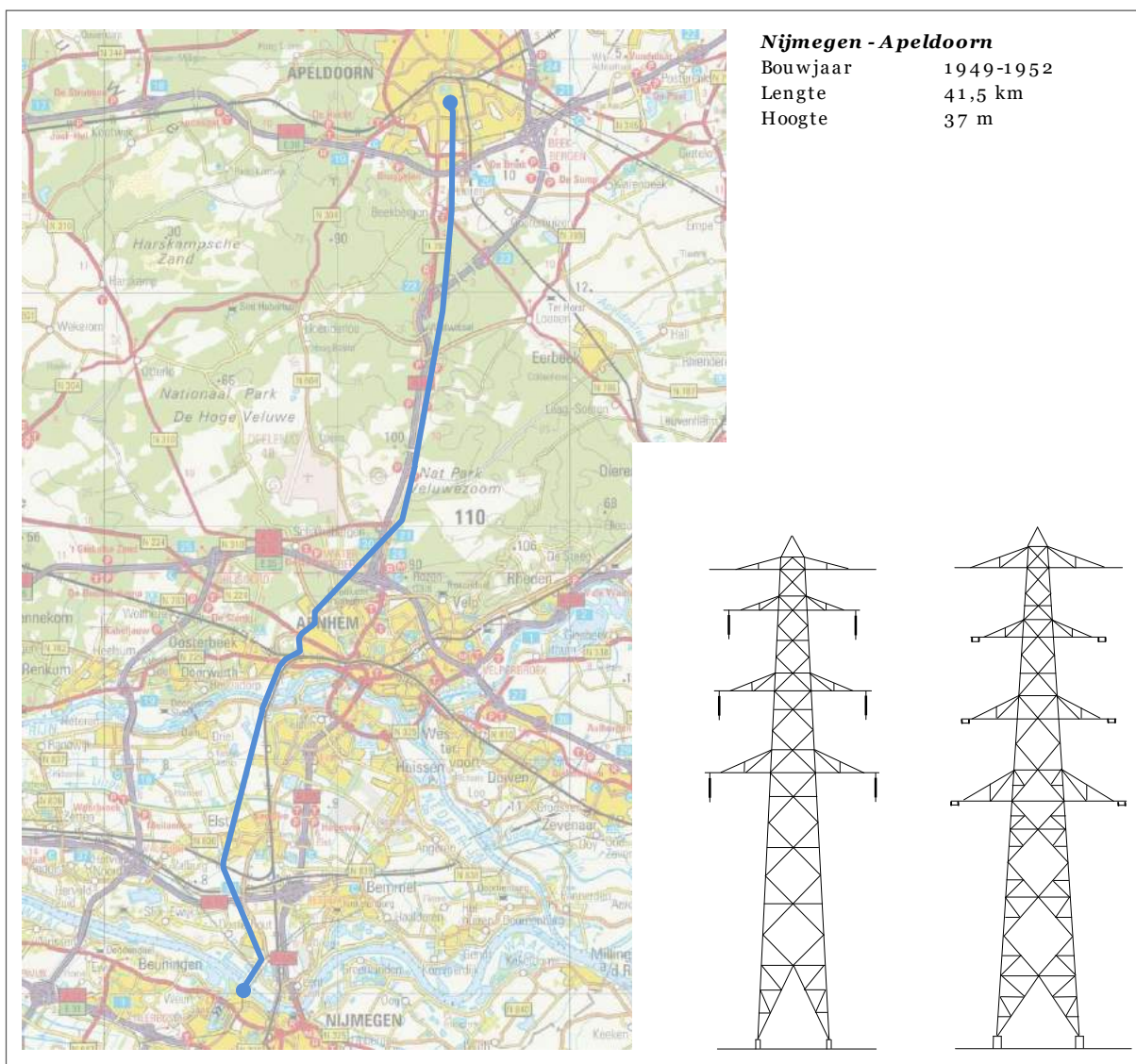
niet ergens anders op een vergelijkbare manier zien in Nederland. De aanblik van de masten bepaalde lange tijd het uitzicht in westelijke richting over de Waal vanuit Nijmegen gezien.



De hoekmasten aan de noordkant van de Waal, een foto uit mei 2003. Deze masten zijn van een speciaal type, met vergrote afstand tussen de traverses en extra brede boventraverse. Thans bestaat nog één mast van deze drie, die in de lijn naar Dodewaard (rechts op de foto).

Het tracé begon dus bij de Waal, het trafostation werd ten noordoosten van de centrale gebouwd, vrijwel direct aan de rivier. De kabels stegen dus loodrecht omhoog naar de portalen. Mogelijk is daaruit de keuze voor portalen in plaats van masten te verklaren. Aan de noordkant van de rivier bevond zich nog een portaal dat ook als afspanmast was uitgevoerd. Nog in de uiterwaarden kwam een hoekmast met verbrede traverses en geplaatst op een betonnen poer. Na deze hoekmast ging het tracé in noordoostelijke richting verder, maar maakte bij het bereiken van de 50 kV-lijn naar Hemmen een scherpe bocht, zodat de richting noordwestelijk werd. Dat gebeurde met een verhoogde hoekmast, omdat over de 50 kV-lijn werd gepasseerd. Hierna kwam een lang gedeelte dat eindigde bij de spoorlijn tussen Tiel en Valburg. Daar stonden naar goed PGEM-gebruik in die tijd, twee hoekmasten direct aan weerszijden van het spoor.

Na de bocht werd Elst westelijk gepasseerd en liep ongeveer evenwijdig aan de spoorlijn door Arnhem - Nijmegen. Vermoedelijk vanwege de aanwezige boomkwekerijen zijn in dit stuk meerdere masten verhoogd uitgevoerd, met het typische extra broekstuk. Ook bij de rivier de Linge kwam dit voor. De hoogspanningsleiding passeert de Rijn direct westelijk van de spoorbrug van Oosterbeek. Deze karakteristieke boogbrug dateert uit dezelfde tijd als de hoogspanningslijn, vanwege de vernieuwing die plaatsvond vanwege de opgelopen schade in de oorlog. Aan beide kanten van de hoge kruisingsmasten stond een hoekmast. Vanwege ijsgang hebben deze hoekmasten een zware betonnen breekconstructie ter bescherming. Na de passage door de brede uiterwaarden waarbij de masten weer op de betonnen portalen stonden, “klom” de lijn snel omhoog de stuwwal van de Veluwe op.



Overzichtskaart van de 150 kV-lijn Nijmegen - Apeldoorn.



Fragment uit een archieffoto uit 1969 van het spoorviaduct bij het KEMA-terrein aan de Utrechtseweg in Arnhem. Op de achtergrond is mast 56 te zien met het bijzondere portaal dat aansluiting verzorgde op het hoogspanningslab van de KEMA.

De lijn maakt enkele bochten en liep over het terrein van de KEMA waar een aftak kwam naar het hoogspanningslaboratorium. Er stond direct naast de mast een groot portaal waarop rechtstreeks de kabels van het oostelijke circuit op waren aangesloten. Vanaf het portaal gingen drie kabels naar een constructie op het hoogspanningslaboratorium. De aftak bij mast 56 is waarschijnlijk in de jaren tachtig verdwenen, bij de Rijn werd een nieuw hoogspanningslaboratorium door de Kema gebouwd.



Hoekmast 58 bij het landgoed Mariëndaal, april 2003. Hier maakt de lijn een scherpe bocht om door een reeds bestaande open weide de stuwwal verder te beklimmen. De mast heeft duidelijk bredere traverses dan de basisversie.

Direct hierna werd de spoorlijn naar Ede overbrugd, die daar in een ingraving ligt. Het landschap loopt hier sterk omhoog en de lijn maakt na het spoor een scherpe bocht, waar een verbrede mast voor nodig was. Via een open stuk aan weerszijden begrenst door bossen, ging de lijn verder de heuvel op, waar bovenop de top de Edeseweg werd gepasseerd. Dat vond plaats met twee hoekmasten aan beide kanten van de weg. Deze masten vormden letterlijk het hoogtepunt van de lijn. Vanaf de A50 bij Terlet kunnen we deze masten in de verte zien aan de horizon. De lijn liep hierna dicht langs de woonwijk en ging wederom met twee hoekmasten ten noorden van de Schelmseweg verder. Daarbij kwam het tracé door de bossen en daardoor wat uit het zicht. Een stukje verder kwam de passage door de Burgers Zoo, een bijzondere plek waar een steunmast stond temidden van het safarigedeelte.



Ten zuiden van Beekbergen loopt de lijn uit het zicht door een prachtig glooiend bosgebied. Hier is mast 112 te zien in een winters decor van februari 2017.

De lijn liep in dezelfde noordoostelijke koers verder tot de weg Apeldoorn-Arnhem én de oude 50 kV-lijn werd bereikt. Daar boog het tracé af om parallel aan beide verder te gaan in vrijwel noordelijke richting. Een koers die globaal tot aan Apeldoorn zou blijven, enkel wat kleine bochten kwamen voor. Net als de 50 kV-lijn kwam ook deze lijn vrij dichtbij de kern van Beekbergen. Dichtbij Apeldoorn werd met twee verhoogde masten de 50 kV-lijn vanuit Kootwijk overbrugd waarna een flauwe bocht volgde voor het laatste stuk dat deels over bestaande bebouwing ging. Bij mast 147 werd het station van Apeldoorn bereikt. Al vrij snel en dat moet in de jaren zestig zijn geweest, is het tracé van de verbinding op deze plek gewijzigd, daarmee past de lijn beter tussen het stratenpatroon en kwam hij dichterbij de lijn uit Deventer te staan. De verhoogde hoekmast die scheef in de lijnrichting stond herinnerde nog jarenlang aan de aanpassing. De nieuwe of misschien wel verplaatste masten waren identiek aan de originele zodat de verandering niet meteen herkenbaar was.



De kruising van de Oude Beekbergerweg en de Snipweg in Apeldoorn. Op deze foto uit juli 2013 nog gedomineerd door hoogspanningsleidingen. Op de achtergrond de beide eindmasten bij station Beekbergen.

Tot ongeveer de eeuwwisseling waren er behalve de onderbrekingen in Elst en Kattenberg weinig zaken veranderd aan het verloop van de lijn, maar vanaf die tijd zijn toch behoorlijke stukken van de lijn vanwege (uitbreidende) woonwijken vervangen door een ondergrondse kabel. Dat heeft als eerste in 2005 bij Oosterhout plaatsgevonden en in 2004 bij Arnhem voor de wijk Schuytgraaf. In 2014 is het einde van de lijn bij Apeldoorn verdwenen. Dit had te maken met toenemende maatschappelijke druk op de gemeente Apeldoorn en Tennet om de nog altijd dwars door een woonwijk gaande hoogspanningsleidingen te verwijderen. Helaas is hiermee wel een uniek stukje tracé verloren gegaan.

Al eerder werd omstreeks 1968 bij Arnhem de lijn onderbroken voor het trafostation van Arnhem Kattenberg, dat op het tracé van deze verbinding kwam, en later in 1978 het station Elst, dat naast de lijn kwam. Sindsdien gaat het vervolg van de lijn naar Apeldoorn ook door onder de naam “Kattenberglijn”. Bij beide stations werd een steunmast vervangen door twee nieuwe eindmasten, die van een afwijkend type waren, maar we wel alleen deze verbindingen zien uit de jaren vijftig. Ook bij later toegevoegde wegkruisingen komt deze mast voor. Bij de aanleg van de A1 en de A50 zijn ook deze masten toegepast, die zich verraden doordat ze veel slanker zijn dan de originele. Vanwege de flauwe kruisingshoek werd bij Terlet in de jaren tachtig het tracé iets verlegd, daarbij werden twee steunmasten vervangen door nieuwe hoekmasten die naast de weg, op het talud staan.

In 2012 zijn van meerdere steunmasten de isolatorkettingen vervangen om meer hoogte te creëren. Onder andere bij Arnhem en Terlet is dit goed zichtbaar. Mede doordat in enkele gevallen slechts de onderste kettingen zijn aangepast werkt dit zeer ontsierend op het mastbeeld.

In december 2004 is bij Nijmegen de eindmast die de aanloop vormde tot de Waaloverspanning vervangen door een nieuw exemplaar. Dat werd uitgevoerd als een niet in het lijnbeeld passende Donaumast. De aanleiding hiervoor was de verlegging van de loop van de Waal, de bestaande fundaties van de mast hadden niet genoeg gronddekking meer. De waalkruisingsportalen zijn wel gebleven.

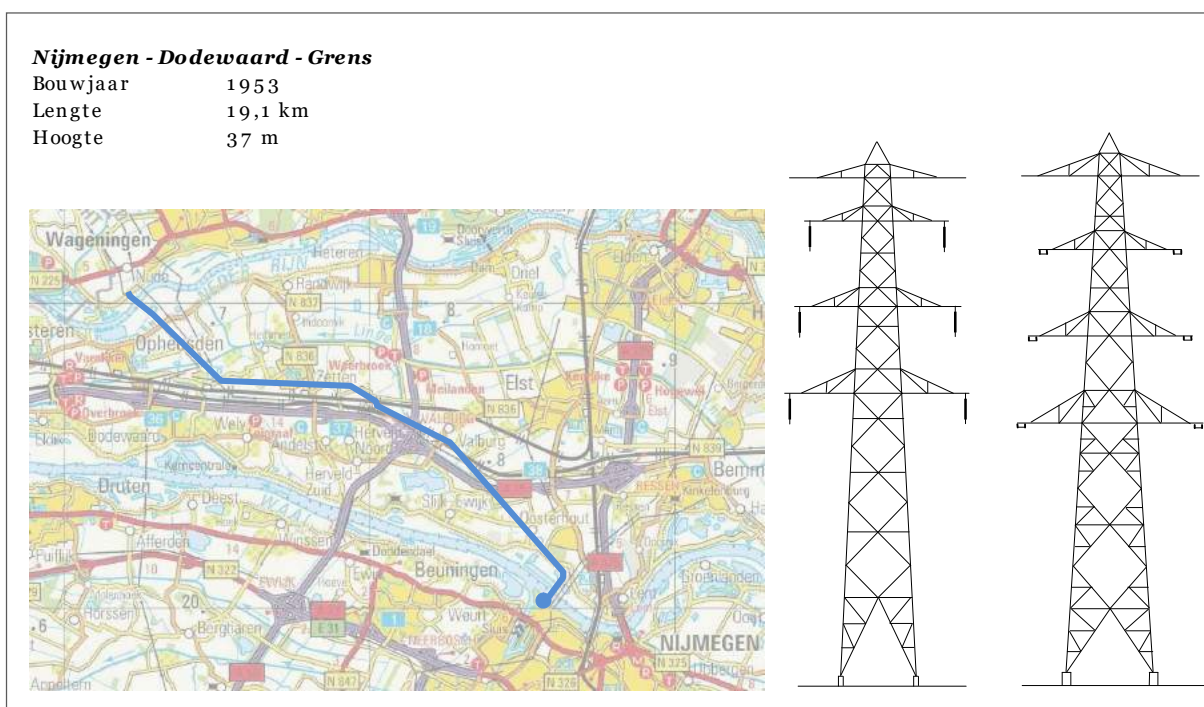


Als een “grafzerk” stond er tijdens de afbraak van de masten in Apeldoorn nog een rest van de fundatie van een hoekmast in de modder. Januari 2015 verdwenen de masten uit de woonwijk Wormen.

6.2 Nijmegen - Dodewaard - Veenendaal (tot grens)

Deze lijn is vrijwel gelijktijdig met de lijn naar Apeldoorn verschenen en had hetzelfde masttype als zijn tijdgenoot. Ook was deze verbinding onderdeel van het landelijk koppelnet. Bij de Rijnkruising ten zuiden van Wageningen werd aansluiting gemaakt met het westelijke 150 kV-net met de karakteristieke vijftigerjaren-Donaumasten. De koppelnetring ging verder via Utrecht om Amsterdam heen, om via Velsen in Leiden aan te komen bij de jaren veertig-lijn tussen Geertruidenberg, Dordrecht, Rotterdam en Den Haag. Begin jaren vijftig waren al deze lijnen gereed zodat een verregaande koppeling bestond tussen de centrales in Nederland.

Het tracé begon bij de Waalkruisingsportalen maar maakte na deze kruising een scherpe bocht zodat een westelijke koers volgde. Daarbij werd het dorp Oosterhout doorsneden. Na enige tijd kruiste de lijn met de oude 50 kV-lijn naar Hemmen, met een flauwe hoek. Beide lijnen liepen vanaf hier ongeveer parallel. De spoorlijn werd met twee hoekmasten overbrugd en hierna kwam een lange rechtstand die in dezelfde richting als de spoorlijn ging. Nabij Hemmen boog de lijn met een hoek van ongeveer 45 graden in noordwestelijke richting af. De 50 kV-lijn Hemmen - Ede werd bovenlangs gekruist. Enkele kilometers westelijk van Wageningen kwam de kruising met de rivier de Rijn, die met dezelfde verhoogde masten als bij Oosterbeek werd uitgevoerd. De hoekmast op de noordoever was nog van het PGEM-type, maar direct daarna kwam al de eerste Donaumast van de Utrechtse PUEM / PEGUS.



Overzichtskaart van de 150 kV-lijn Nijmegen - Dodewaard.



De rijnkruising bij Wageningen van de 150 kV-lijn naar Veenendaal. Op deze foto uit juli 2000 hebben de masten nog hun oorspronkelijke isolatorkettingen. De typische betonnen fundaties zijn opvallende kenmerken van de masten uit deze tijdperiode.

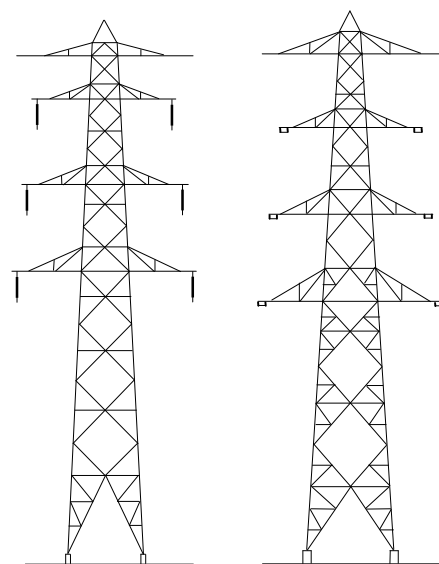
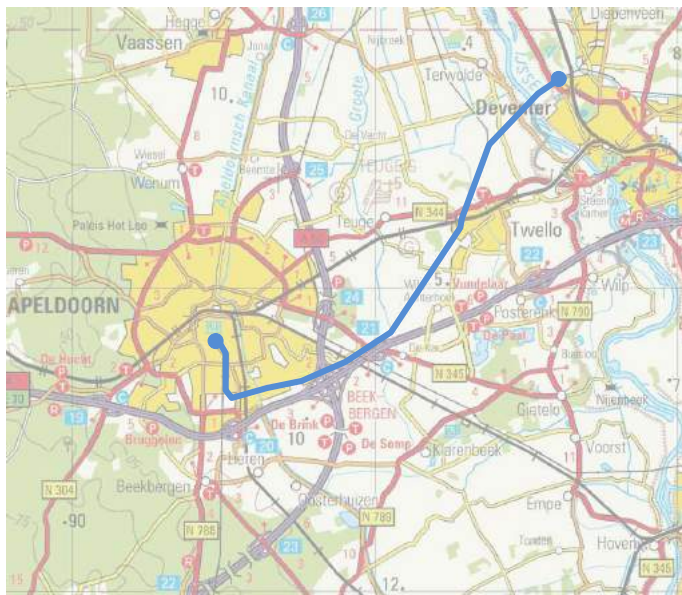
Zeer kort na aanleg van deze 150 kV-lijn werd al bij Hemmen een nieuw 150 kV station gebouwd. Dat kreeg de naam Dodewaard. Bij dat station begon vanaf 1955 de 150 kV-lijn naar Ede. In de jaren zeventig zijn enkele masten bij de kruisingen met autosnelwegen A50 en A15 vervangen door nieuwere hogere exemplaren, van hetzelfde type als in de lijn naar Apeldoorn. Overige wijzigingen zijn dat omstreeks 2005 de isolatorkettingen werden vernieuwd in het stuk tussen Dodewaard en de Rijnkruising. Bij Nijmegen bleef vanwege de daar uitgevoerde rivierverlegging de hoekmast direct na de waalkruising staan, als de enige van de drie.

6.3 Apeldoorn - Deventer

De laatste uit de serie van drie naoorlogse 150 kV-lijnen is de verbinding naar Overijssel. Dit was werkelijk een koppelnetslijn bedoeld om verbinding te maken met de noordelijke 110 kV-ring die via Zwolle liep door de provincies Drenthe, Groningen en Friesland. Dezelfde masten als in de andere twee uit deze tijd werden gebouwd. Maar de aanblik was anders dan Nijmegen - Apeldoorn, omdat de isolatorkettingen verder van elkaar af zitten, ingeval van een dubbele ketting.

Apeldoorn - Deventer

Bouwjaar	1952
Lengte	17,9 km
Hoogte	37 m



Overzichtskaart van de 150 kV-lijn Apeldoorn - Deventer.

Vanaf het 150 kV-station in Apeldoorn ging de verbinding eerst zuidwaarts naast de lijn naar Nijmegen en de oude 50 kV-lijnen. Na zes masten boog hij echter af met een tweetal knikken, waarna een oostelijke richting volgde. De 50 kV-lijn naar Zutphen en het Apeldoorns kanaal werden overbrugd. Ook de spoorlijn naar Zutphen werd gekruist tussen twee hoekmasten, die echter niet heel dichtbij elkaar stonden. Hierna volgde een lange rechtstand in de richting van Twello. Daar werd dichtbij het centrum van dat dorp de spoorlijn gekruist, nu wel met twee dichtbij elkaar staande hoekmasten. Mogelijk speelde het vliegveld van Teuge een rol waarom de lijn zo dicht langs Twello werd gebouwd. Vervolgens ging de lijn in dezelfde noordoostelijke koers verder om na een kleine afbuiging de IJssel te kruisen. Dat gebeurde ten zuiden van Terwolde en precies westelijk van het huidige trafostation van Deventer Platvoet. Direct na de kruising eindigde de lijn bij het station Deventer



Kaartfragment van Deventer uit 1957. De 150 kV-lijn is linksonder te zien. Bij het dorpje Platvoet is een transformatorstation verschenen dat de verbindende schakel in het koppelnet vormt tussen Zuid- en West-Nederland met Noord- en Oost-Nederland.

Het lotgeval van deze lijn is heel typisch omdat al begin jaren zestig deze koppellijn tussen Gelderland en Overijssel als overbodig werd beschouwd. Dat had ermee te maken dat de IJsselcentrale bij het plaatsje Harculo een elektriciteitscentrale bouwde, waarbij er voor de koppeling niet voor gekozen werd om gebruik te blijven maken van de verbinding bij Deventer, maar direct bij Harculo de IJssel te kruisen en bij Hattem aansluiting te maken op het PGEM 150 kV-net. Dat betekende het einde van de 150 kV-lijn naar Deventer. Het lijndeel vanaf Terwolde tot en met de IJsselkruising is daardoor begin jaren zestig al afgebroken. Sindsdien maakt het tracé een bocht en loopt op de westelijke IJsseloever in noordelijke richting naar Hattem, zie hiervoor het volgende hoofdstuk. Uit archieffoto's blijkt dat de fundaties van de IJsselkruisingsmasten er nog tot eind jaren zestig hebben gestaan. Nog altijd herinnert een open plek in het stukje begroeiing aan de westkant van het station van Deventer Platvoet aan de positie van de eindmast.

Aan het einde van de jaren zestig begon bij de hoekmast ten noorden van de spoorlijn naar Zutphen de aftak naar Zutphen. De hoekmast kreeg twee diagonaal staande traverses die de kabels deden "afzwaaien" naar de eindmast. Enkele jaren later kwam hier het trafostation van Woudhuis. De verbinding werd daardoor onderbroken, het station ligt op het tracé. Bij de aanleg van de A50 is bij Apeldoorn in de jaren zeventig een steunmast vervangen door een nieuwe "snelwegkruisingsmast". In Apeldoorn werd in 2014 de lijn ingekort, net als de Kattenberglijn. Hoekmast 9 aan de Kayersdijk werd omgebouwd tot eindmast, De overige 8 masten werden afgebroken en vervangen door een ondergrondse kabelverbinding. Helaas is hiermee een karakteristieke situatie van bovengrondse hoogspanningslijnen in een stedelijke omgeving verloren gegaan.



De driewegsmast bij station Woudhuis die in de jaren zestig dienst deed voor de aftak naar Zutphen. Sinds de bouw van trafostation Woudhuis lopen de kabels om via de twee diagonale traverses. Rechts: drie uitsneden waarop de masten bij de IJssel bij Deventer te zien zijn. Boven de IJsselkruisingsmast, rechts een hoekmast aan de Overijsselse kant en onder de eindmast bij station Deventer.

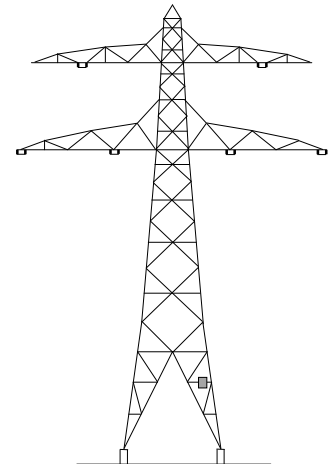
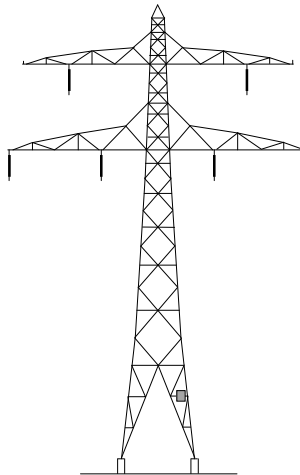
6.4 Nijmegen - Blerick (tot grens)

De verbinding richting het zuiden naar de Limburgse plaats Blerick die ook tot het tijdvak van de naoorlogse lijnen behoort is een buitenbeentje omdat er een heel ander masttype in voorkomt. Het was een betrekkelijk lange verbinding, hoewel het stuk op Gelders grondgebied niet zo lang was. De lijn was onderdeel van het landelijk koppelnet, hij vormde de verbinding tussen Limburg en Noord- en Oost-Nederland. Een belangrijke schakel dus. Het jaar van ingebruikname is 1953 geweest. Opmerkelijk is dat deze lijn voorafgegaan werd door de "oorlogslijn" van Nijmegen tot Gennep. Toch verschilt het tracé, de oorlogslijn bleef oostelijk van het Maas-Waalkanaal, terwijl de nieuwe verbinding al bij Neerbosch het kanaal passeerde en oostelijk ervan bleef.

Het masttype lijkt op de Brabantse 150 kV-masten met de gekromde bovenranden van de traverses en een Donauconfiguratie. In tegenstelling tot het fijnmazige mastlichaam van de zuidelijke mast had de PGEM-mast een meer open diagonaalpatroon. Met duidelijke kruisblokken voorzien van horizontalen bij het kruispunt van de diagonalen. Dat sluit aan bij de horizontale lijnen van de traverses waardoor er een rustig beeld ontstaat. De traverses hebben anders dan de Brabantse mast twee parallelle randen. Wel is de gekromde bovenrand gehandhaafd in het ontwerp wat esthetisch gezien een heel goede keuze is. Bij de hoekmasten liggen de twee buitenste bliksemkabels gelijk met de bovenste fasen, er is echter nog een bliksemdraad over de top van de mast om voor voldoende bliksembeveiliging te zorgen.

Nijmegen - Blerick (tot grens)

Bouwjaar 1953
 Lengte 13,7 km
 Hoogte 29 m



Overzichtsk kaart van de 150 kV-lijn Nijmegen - Blerick.

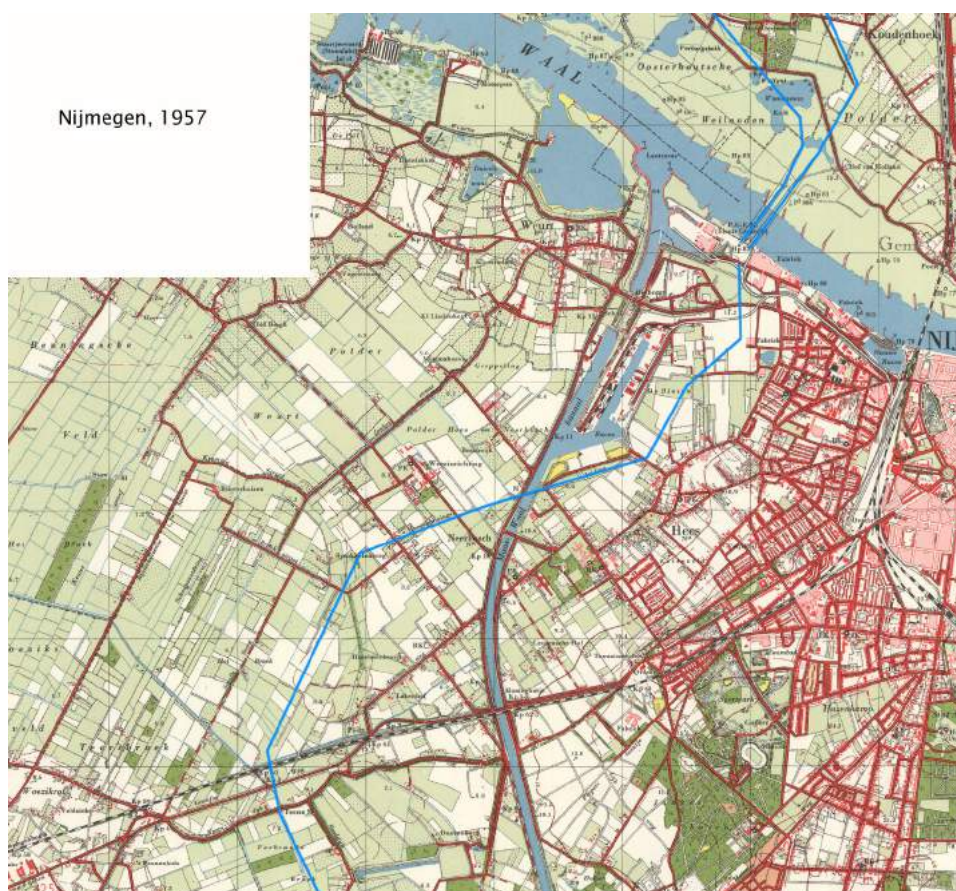


De Brabantse 150 kV-mast die sterke overeenkomsten heeft met de masten in Nijmegen - Blerick. De mast is onderdeel van de lijn uit 1943 tussen Eindhoven en Roermond.



Eindmast 1 in Nijmegen met op de achtergrond de portalen van de Waalkruising en het 150 kV-station. Direct naast de eindmast is ook nog een mast van de verbindingslijn met de centrale Nijmegen te zien. Foto uit januari 2001.

De lijn begon in Nijmegen aan de zuidkant van het trafostation. Met een boog ging het om de bebouwing van het dorp Neerbosch heen, daarbij werd het Maas-Waalkanaal overbrugd. Twee verhoogde masten stonden aan weerszijden van het kanaal. De boventraverse van de kruisingsmast was breder dan de reguliere masten. Bij de spoorlijn naar Den Bosch maakte het tracé een knik om verder te gaan in zuidelijke richting. Op enige afstand van het kanaal bleef de lijn vervolgens verder lopen, waarbij ook een bosgebied bij Wijchen werd vermeden. Net voor Heumen volgde een vrij scherpe knik zodat de Maas in een haakse hoek werd gepasseerd. De Maaskruising bestond uit twee hoge kruisingsmasten. Hierna ging de lijn verder over Brabants grondgebied. Langs de plaatsen Haps, Boxmeer en Venray kwam hij aan bij Blerick, waar vanuit Roermond reeds voor de oorlog een 150 kV-lijn was aangelegd.



Uitsnede van de topografische kaart uit 1957 van het westen van Nijmegen, met ingetekend de positie van het originele tracé van de 150 kV-lijn naar Blerick. In 1977 is het deel van mast 13 t/m 23 tussen de kruising met het Maas-Waal kanaal en de kruising met de spoorlijn vervangen door de omleiding via Neerbosch en Teersdijk. In 2010 zijn de masten 1 t/m 4 vervangen door een ondergrondse kabel met nieuw opstijgpunt mast 4A.

Nog in de jaren vijftig kwam bij Haps een trafostation zodat de lijn vanaf toen onderbroken werd. Ook later bij Venray kwam er een onderbreking. Tussen Venray en Blerick werden de masten eind jaren zeventig vervangen door zwaardere exemplaren. Ook in het gedeelte in Gelderland vonden wijzigingen plaats. Dat gebeurde bij Nijmegen, vanwege de aanleg van een stadsuitbreiding, de wijk Lindenholt. Ten behoeve hiervan werd het tracé naar het westen verlegd. Van de gelegenheid werd gebruik gemaakt om er zwaardere masten in toe te passen. Tot heden lijkt dat echter niet nodig geweest aangezien vanaf het kanaal tot de centrale de oude masten met enkele geleiders nog steeds aanwezig zijn. Vanaf Teersdijk gaat de oude lijn weer verder in zijn oorspronkelijke toestand. De autosnelweg A73 werd in de jaren tachtig gebundeld met het tracé van de hoogspanningslijn. De passage van de lijn is onder een zeer flauwe hoek waardoor een mast in de middenberm werd opgenomen. De masten werden verhoogd met een passend wijder uitlopend broekstuk. In de jaren negentig werd bij Cuijk direct naast de A73 nog een trafostation aangelegd. Aan de borden op de masten te oordelen bevond zich hier de grens van het beheer, verder richting Haps zijn de masten voorzien van PNEM-borden. Vanwege koperdiefstal zijn in 2015 de bovenste bliksemraden verwijderd uit de masten. Om voor voldoende bliksembeveiliging te zorgen zijn de buitenste draden op bokjes gezet. Consequentie is wel dat er afbreuk is gedaan aan het originele mastbeeld met de puntvormige einden van de traverses. In 2010 werden masten 1 tot en met 4 vervangen door een ondergrondse kabel. Helaas is daardoor het beginpunt van de lijn verdwenen.



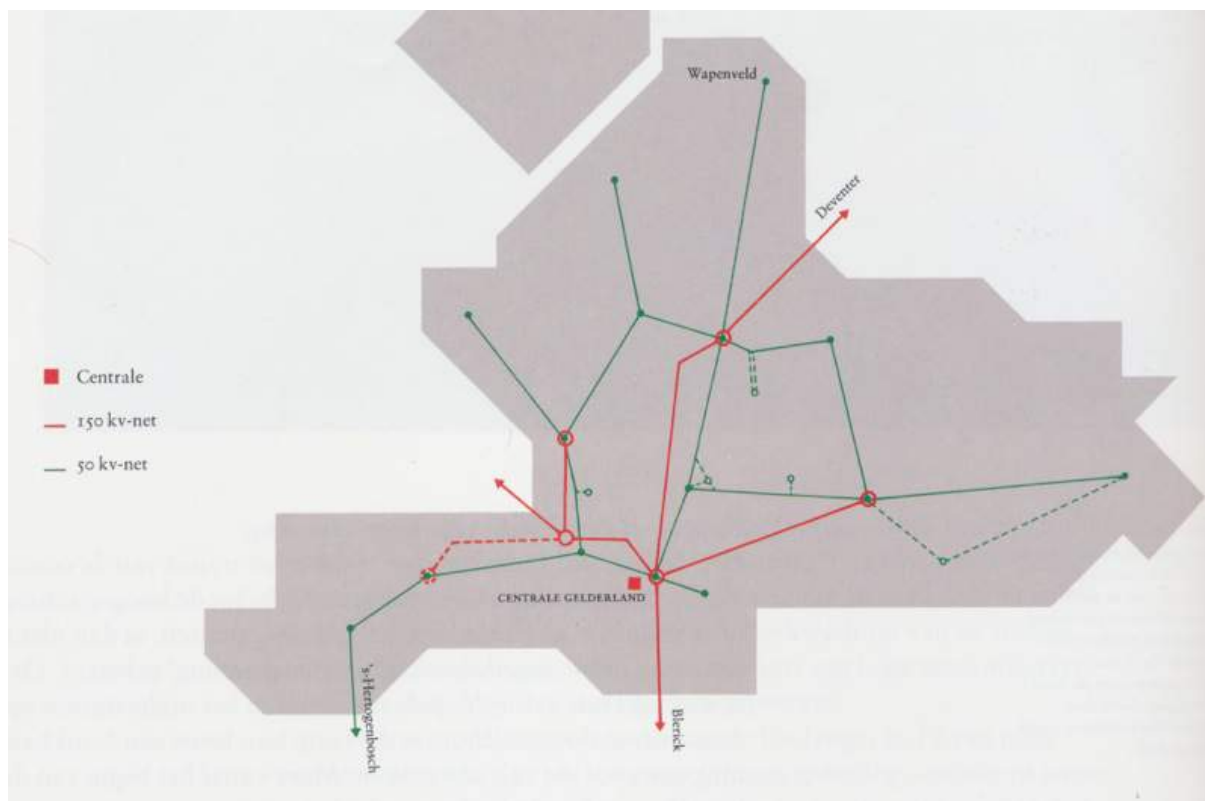
Mast 58 naast de A73 op een sombere middag in februari 2013. Het mastmodel kenmerkt zich door een tamelijk open toren met weinig knikverkorters en traverses met gebogen bovenranden.



Station Cuijk met mast 59 op de voorgrond naast de A73. Dit station is er in 1993 gekomen, waarbij de lijn een stukje verlegd werd. Aan de nummerborden op de masten te zien, eindigt bij deze mast het PGEM-gedeelte.

7 DE JAREN VIJFTIG 50 KV-LIJNEN

Direct na of tijdens de aanleg van de "grote drie" 150 kV-lijnen vanuit de centrale Nijmegen naar Veenendaal, Apeldoorn en Deventer, werd ook het 50 kV-net sterk uitgebreid. Als eerste kwamen vanuit Doetinchem naar Apeldoorn via Zutphen twee lijnen tot stand, waarmee een nieuwe 50 kV-ring werd gecreëerd. In dezelfde tijd werden vanuit Kootwijk en Ede twee uitloperlijnen gerealiseerd naar Nunspeet respectievelijk Nijkerk. De als eerste gebouwde lijn Doetinchem - Zutphen onderscheidde zich van de andere lijnen omdat hier enkelcircuitmasten in voorkwamen.



Het Gelderse hoogspanningsnet in 1955. Het 50 kV-net is al behoorlijk vertakt, het 150 kV-net vormt een duidelijke bovenliggende structuur. Vanuit de centrale Gelderland wordt het net gevoed. De in dit hoofdstuk beschreven lijnen zijn reeds op de kaart aanwezig.

Hoogspanningslijn	Spanning	Lengte	Bouwjaar	Vervallen	Masttype
Doetinchem - Zutphen	50 kV	19,4	1951	1980	Driehoeksmast
Zutphen - Apeldoorn	50 kV	18,6	1952	2003	Donaumast
Kootwijk - Nunspeet	50 kV	21,9	1952	2002	Donaumast
Ede - Barneveld	50 kV	12,7	1952	-	Donaumast
Barneveld - Nijkerk	50 kV	11,1	1952	-	Donaumast

Tabel: overzicht met naoorlogse 50 kV-lijnen. De verbinding tussen Doetinchem en Zutphen is eigenlijk een vreemde eend in de bijt als enkelcircuitlijn.

We zien een relatief eenvoudige mast verschijnen, met een slanke toren met v-verbanden en simpele U-profielen als traverses, zonder schoringen. De mast lijkt op het eerste gezicht sterk op de jaren veertig-enkelcircuitmasten, maar is toch wat zwaarder en groter, waarschijnlijk omdat het een dubbelcircuitmast is en omdat de mast mogelijk ook voor zwaardere geleiders geschikt was. De kabels hingen in Donau-configuratie, dat was in feite nieuw voor de PGEM, alle voorgaande masten voor dubbelcircuit werden in ton- of dennenboomvorm gebouwd. De masten stonden op een enkele grote betonpoer, maar zijn daar in tegenstelling tot de jaren twintig masten niet in gebetonneerd, maar in plaats daarvan met boutankers op bevestigd. De slanke toren van de mast zorgde voor de mogelijkheid van de enkele poer, in plaats van vier losse fundaties. Bij de hoekmasten is de toren minder slank dan de steunmasten. Er is een duidelijk broekstuk aanwezig, hoewel de helling van de randstaven wel constant bleef. De diagonalen zijn als kruisverbanden uitgevoerd, bij de steunmasten was het een

slingerverband. De hoekmast is duidelijk een wat meer "ontwikkelde" mast. Wel hadden de hoekmasten nog steeds de eenvoudige traverses van U-profiel zonder schoring, waardoor er in de aanblik toch iets mist. De boventraverse voor de bliksemraden was breder dan de middentraverse, dat is naar huidige maatstaven niet bijzonder, echter we zien bij de 150 kV-tonmasten uit de jaren vijftig smallere boventraverses.



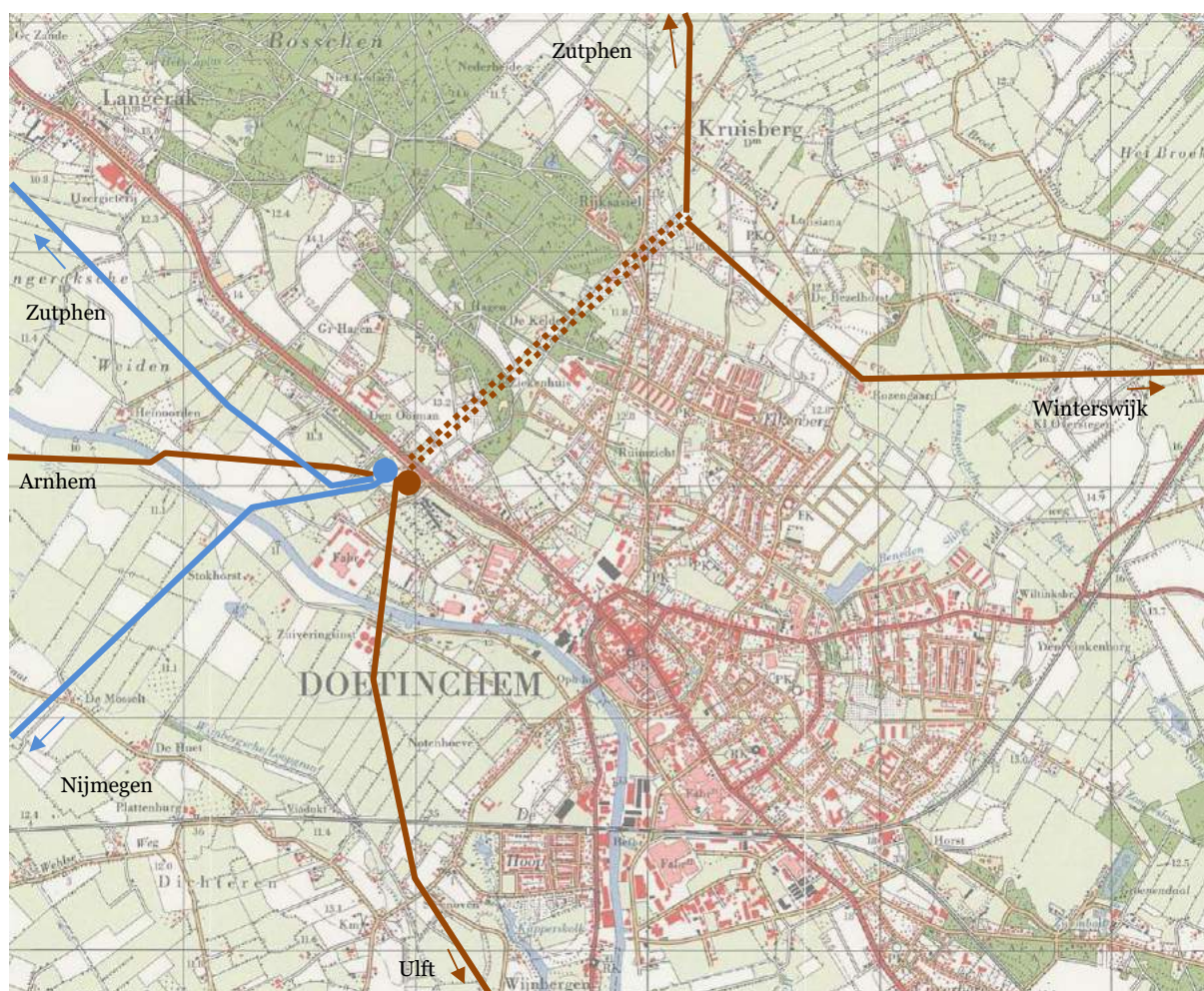
De 50 kV-masten die aan het begin van de jaren vijftig werden gebouwd hadden een lichtvoetig karakter met slank en eenvoudig mastlichaam. De traverses waren balkvormig en de geleiders hingen in Donauwvorm. De hoekmasten hadden een bredere vorm met een meer open diagonaalindeling. Op de foto mast 117 in de lijn Ede - Nijkerk, juni 2005.

Standaard waren enkele hangende kettingen aanwezig. Bij wegkruisingen hingen de isolatoren naast elkaar (haaks op lijnrichting), daardoor was de aanblik typisch PGEM. Het waren eenvoudige mastjes met een vriendelijk uiterlijk, helaas is er nog slechts één lijn over van de vier, die tussen Ede en Nijkerk.

7.1 Doetinchem - Zutphen

Het masttype voor enkelcircuit was afwijkend van de overige 50 kV-lijnen uit dit tijdvak, toch vermeldt het gedenkboek van de PGEM uit 1955 het bouwjaar als 1951 en niet zoals werd verwacht het begin van de jaren veertig. Het masttype was met uitzondering van de plaatsing van de traverses globaal gelijk aan de lijn naar Winterswijk, wat doet vermoeden dat de lijn al eerder in voorbereiding is gegaan dan de andere jaren vijftig lijnen. Het werd de laatste verbinding voor enkelcircuit.

Het tracé begon nabij de andere 50 kV-lijn van Doetinchem, naar Winterswijk, enkele kilometers ten noorden van het trafostation. Vanaf daar ging de lijn in een noordwestelijke koers door dunbevolkte gebieden. Ten oosten van Hengelo boog het tracé iets af naar het noorden. De richting werd lange tijd gevolgd. Er werden geen noemenswaardige plaatsen, wegen of rivieren gekruist. De lijn liep tussen Warnsveld en Zutphen door en eindigde bij een nieuw trafostation aan de Berkel.



De 50- en 150 kV-lijnen rondom Doetinchem op een kaart uit 1966. De verbindingen naar Zutphen en Winterswijk begonnen met een ondergrondse kabel.



Archieffoto van de 50 kV-lijn bij Warnsveld. Het masttype in Doetinchem - Zutphen was in die zin uniek, dat de traverses versprongen waren ten opzichte van elkaar. Vergelijkbaar met de driehoeksmasten zoals die op grote schaal in België en Frankrijk aanwezig waren.



Een reeds in onttakelde toestand verkerende hoekmast naast de N348 in Zutphen, de Den Elterweg.

In 1980 is de gehele lijn afgebroken, dat gebeurde enkele jaren nadat ook de 50 kV-lijn naar Winterswijk was verdwenen. Het was de opmaat naar het vervangen van het 50 kV-net door 150 kV. Daarbij zou in Doetinchem het 50 kV-station ook vervallen, slechts een trafo bleef staan voor de grondkabel naar Angerlo. Dat gebeurde halverwege de jaren tachtig.

7.2 Apeldoorn - Zutphen

in het gedenkboek van de PGEM 1940 - 1955 is tamelijk gedetailleerd beschreven welke lijnen er in welk jaar gebouwd worden. Deze lijn was op basis daarvan de eerste met het nieuwe jaren vijftig 50 kV-masttype.



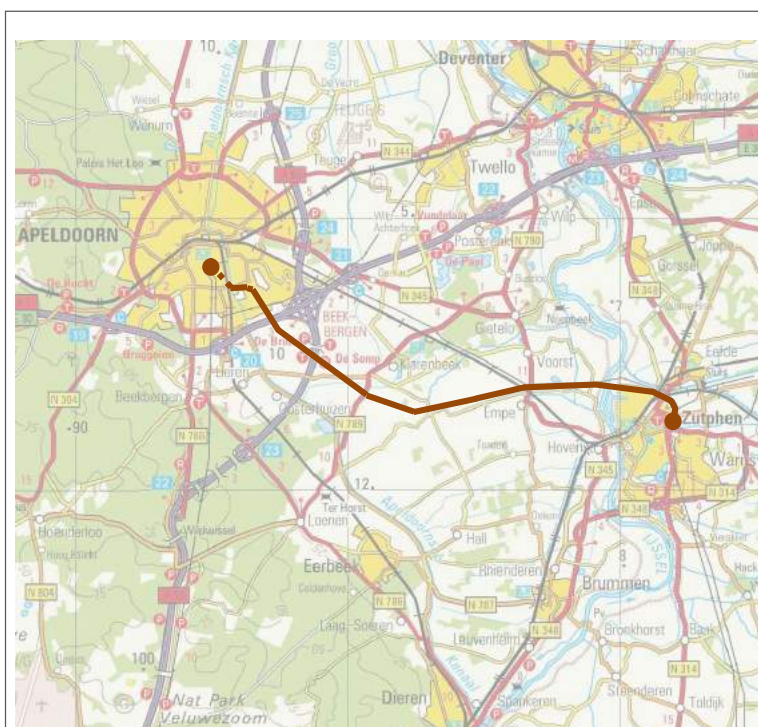
Een archiefbeeld uit 1974 van het beginpunt van de lijn aan de Laan van Kuipershof in Apeldoorn.

Het tracé van de hoogspanningslijn begon vanuit Apeldoorn niet direct bij het 50 kV-station in Wormen, maar bij het stijgpunt van de bestaande 50 kV-lijn naar Hattem, enkele kilometers oostelijk. Vanaf daar liep de lijn al vlug in een zuidoostelijke richting waarbij het onder de 150 kV-lijn naar Deventer ging. Met een tweetal flauwe bochten passeerde de lijn zuidelijk van Klarenbeek. In een tamelijk dunbevolkt gebied liep de lijn verder in de richting van Empe waar uiteindelijk de spoorlijn naar Deventer gekruist werd. Dat gebeurde met een verhoogde hoekmast. Hierna kwam nog een grote kruising, de rivier de IJssel. Hier stonden hoge kruisingsmasten met een afwijkend mastbeeld in de top, waarbij de traverses een grotere onderlinge afstand hadden. Na nog een laatste westelijk georiënteerd deel boog het tracé af naar het zuiden en bereikte het 50 kV station. Het is niet precies

bekend of de lijn bij het station eindigde of bij een stijgpunt dat zich iets noordelijker van het station bevond.

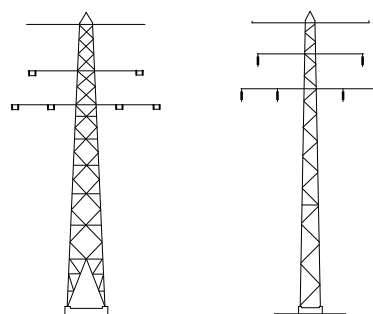


Kaartfragment met daarop zichtbaar de oorspronkelijke loop van de 50 kV-lijnen naar Hattem en naar Zutphen.



Apeldoorn - Zutphen

Bouwjaar:	1952
Afgebroken:	2003
Lengte:	18,9 km
Hoogte:	19 m



Overzichtskaart van de 50 kV-lijn Apeldoorn - Zutphen.

In het najaar van 2003 is de lijn geheel afgebroken. Begin jaren zestig vond echter al een wijziging plaats waarbij de aftakingslijn naar Eerbeek ontstond. Bij Klarenbeek werd deze aftak geplaatst. Later gingen zelfs beide paar circuits rechtstreeks naar Eerbeek, door middel van een viercircuitlijn. In die tijd werd ook het laatste stukje hoogspanningslijn bij station Zutphen ingekort vanwege een woonwijk.

De inkorting was maar kort. Groter was de inkorting bij Apeldoorn in de jaren tachtig, daarbij werd het stijgpunt een kilometer opgeschoven, daar waar het zuidoostelijk georiënteerde tracé begon



De kruising met de spoorlijn Apeldoorn - Zutphen bij Empe, 1999. Een verhoogde mast stond aan weerszijden van het spoor. Links de 150 kV-lijn die vanaf hier meeliep naar Zutphen.

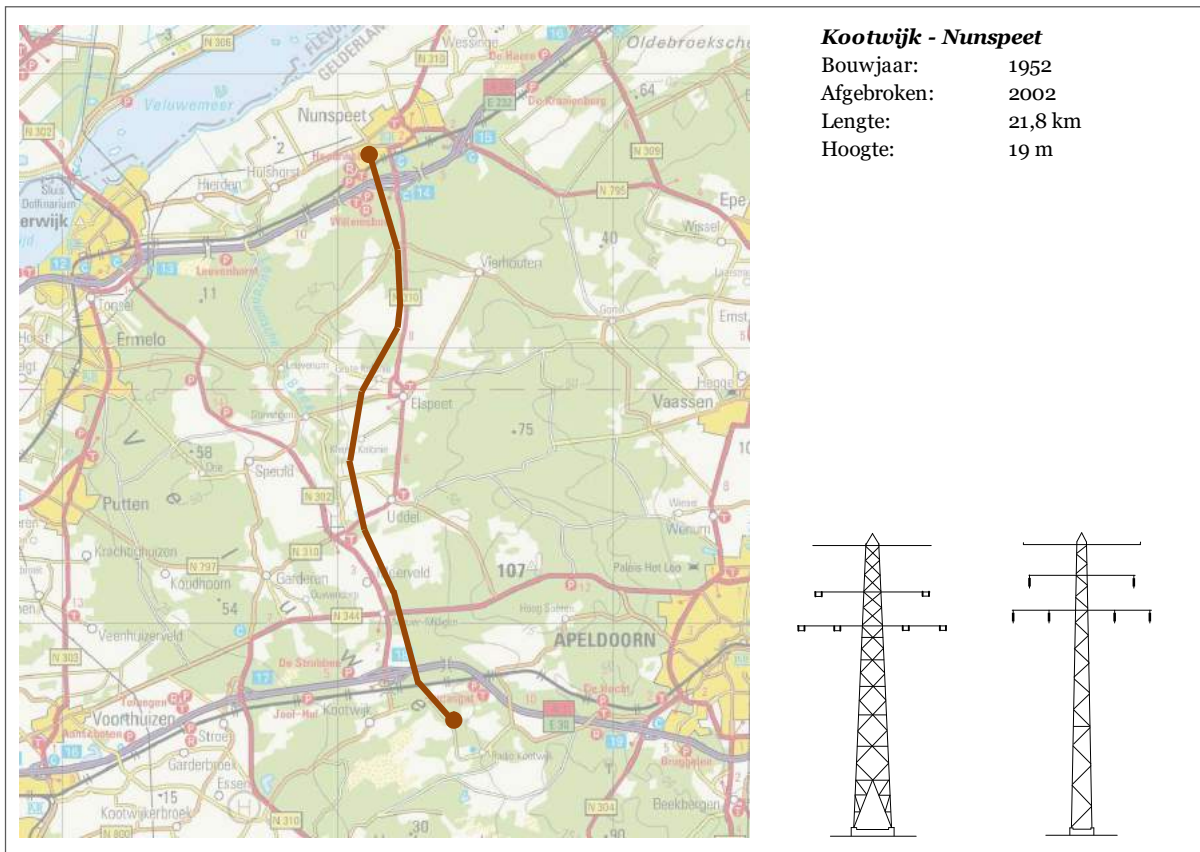
In 1967 werd een 150 kV-lijn aangelegd tussen Apeldoorn en Zutphen, zodat vanaf die tijd de functie van de lijn minder werd. De voornaamste functie van de lijn bleef de verbinding naar Eerbeek, waar al langer plannen voor bestonden om vervangen te worden door een bovengrondse 150 kV-lijn. Die kwam er echter niet bovengronds maar ondergronds. Zodoende verloor de lijn in de jaren tachtig ook die functie. Omstreeks 1994 werd de aftak Eerbeek afgebroken. Hoewel de rol van de 50 kV-lijn daarmee was uitgespeeld, bleef de resterende lijn nog een tijd staan. In 2003 volgde echter toch afbraak. Dat gebeurde in dezelfde tijd waarin andere 50 kV-lijnen afgebroken zoals bij Nunspeet en Kootwijk, de "NUON-afbraakgolf".



Het voormalige stijgpunt bij Zutphen op een foto uit 2001. Dit stijgpunt was in ieder geval vanaf 1968 aanwezig, waarschijnlijk gelijktijdig met de 150 kV-lijn gebouwd.

7.3 Kootwijk - Nunspeet

Dit is landschappelijk gezien een van de mooiste 50 kV-lijnen die er geweest zijn, want vrijwel het gehele tracé liep door de bossen en heide van de Veluwe. Erg bijzonder dus. Helaas is de gehele lijn op de eindmast na bij Kootwijk in 2002 afgebroken. Het masttype was gelijk aan dat van Zutphen - Apeldoorn. Het was een relatief lange verbinding met meer dan 100 masten. Het station Kootwijk werd met een lijnveld verbreed, zodat deze 50 kV-lijn aan de noordkant van het station kon worden aangesloten. De eindmast stond naast het imposante bedieningsgebouw.



Overzichtskartaal van de 50 kV-lijn Kootwijk - Nunspeet.

Vanaf het station ging de lijn parallel aan het toenmalige aftakkingsspoor in noordwestelijke richting. De doorgaande spoorlijn werd met twee verhoogde hoekmasten gekruist, die echter niet zo dichtbij elkaar stonden als we in andere lijnen zien. De lijn maakte hierna een knik, waarna een meer noordelijke koers volgde. De doorgaande weg naar Apeldoorn werd “ongemerkt” gepasseerd, hetzelfde gold later voor de A1. Met ongemerkt bedoelen we dat de masten zo ver van de weg staan in de bossen dat je enkel de kabels ziet overkomen. De mast zelf staat verscholen tussen de bossen. Tussen Uddel en Elspeet liep het tracé verder waarbij met een lichte boog de landbouwenclave van Elspeet werd doorkruist. Hierna ging de lijn weer de bossen in en kwam nabij de doorgaande weg richting Nunspeet te lopen. De militaire oefenterreinen bleven zo vrij. Nadat de lijn weer afboog werd Nunspeet bereikt. Direct naast de A28 stond een verhoogde steunmast. De spoorlijn werd weer met twee verhoogde hoekmasten gekruist, direct daarna kwam de eindmast.

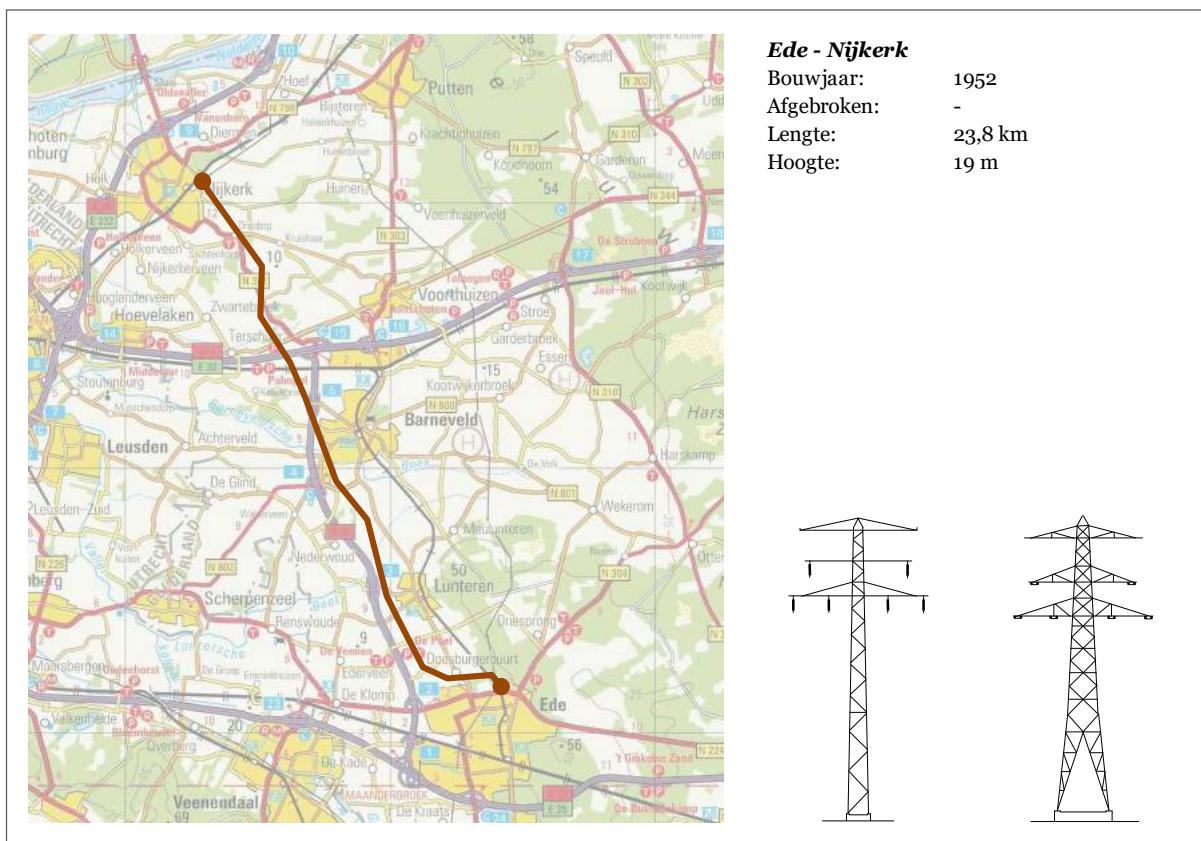


Mast 13 Kootwijk - Nunspeet, juist ten noorden van de A1. De foto is kort voor de afbraak in 2002 genomen.

In 2002 is deze lijn afgebroken. Dat was een jaar na de oude lijn Apeldoorn - Kootwijk - Ede. De Veluwe verloor daarmee de laatste doorkruisende 50 kV-lijn. Er bleven nog slechts twee 50 kV-lijnen over langs de rand van de Veluwe, Harderwijk - Nijkerk en Nijkerk - Ede.

7.4 Ede - Barneveld - Nijkerk

Vanuit Ede kwam in dit tijdvak nog een uitloper tot stand in noordelijke richting, in de vorm van een 50 kV-lijn. Zodoende hadden dus beide 50 kV-stations in Kootwijk en Ede een drietal aansluitingen. Twee van de doorgaande verbinding tussen Hemmen en Apeldoorn en beide een nieuwe uitloper. Het masttype in de lijn naar Nijkerk was bij de bouw gelijk aan de masten naar Nunspeet. Later is echter de lijn tussen Ede en Barneveld verzwaaard, waardoor de traverses van de hoekmasten van een schoorwerk werden voorzien en de ondertraverses en bliksemtraverse van de steunmasten kregen een schoring. Niet bekend of de bredere hoekmasten tijdens de verzwaring zijn geplaatst of reeds aanwezig waren bij de eerste aanleg.



Overzichtskaart van de 50 kV-lijn Ede - Nijkerk.

De verbinding begon in Ede bij een stijgpunt direct nabij het station, omdat het trafostation zuidelijk van de lijn Kootwijk - Ede lag en dus niet bereikbaar voor een lijn uit het noorden. Vanaf het station volgde een kort stukje parallel aan de spoorlijn, waarna deze met verhoogde hoekmasten werd gekruist. Na een kilometer tracé in westelijke richting, boog de lijn dan weer via een hoekmast af in noordelijke richting. Daarbij kwam de lijn gelijk te lopen in de richting van de verkaveling in het landschap. Na een aantal flauwe bochten passeerde de verbinding een kilometer westelijk van Barneveld. Hierna werd weer met twee verhoogde hoekmasten de spoorlijn gekruist. Na nog eens twee hoekmasten nam de lijn een bijzonder tracé over, namelijk dat van de voormalige spoorlijn Nijkerk - Barneveld. Deze rechtstand liep door tot nabij de spoorlijn Harderwijk - Amersfoort, waar het trafostation van Nijkerk zich bevond.



Mast 97 bij het buurtschap Appel, de kruising met de N301 tussen Nijkerk en Voorthuizen, mei 2007. De masten tussen Barneveld en Nijkerk zijn van het originele onversterkte type.



Mast 17 bij Lunteren. Er is hier een duidelijk anders hoekmast model te zien. Niet precies bekend is of deze van de eerste aanleg dateert of dat het een latere verzwaring betreft.

Bijzonder is dat op een klein deel bij Barneveld na, de gehele lijn nog aanwezig is. Meest opvallende aan deze lijn is de verzwaring die de masten hebben tussen Ede en Barneveld. Het is helaas niet goed bekend wanneer deze verzwaring heeft plaatsgevonden, maar op basis van kaartmateriaal zal dit in de jaren zestig geweest zijn, samenhangend met de aansluiting van de lijn op een nieuw trafostation te Barneveld. Daarvoor kwam ook een speciale driewegsmast in de lijn, zodat de kabels rechtstreeks aftakten. Deze mast markeert tegenwoordig het eindpunt van het lijngedeelte uit de richting Nijkerk. Want in 2003 werd een stuk van de lijn bij Barneveld ondergronds gebracht. Het ging om tien masten, vanwege een nieuwbouwwijk. Het resterende deel van de lijn tussen Ede en Barneveld is echter behouden gebleven. In de jaren zestig werd bij de A1 een mast verhoogd, die vanwege de plaatsing van een gsm-antenne in 2008 nog werd versterkt met een groot aantal extra horizontale “knikverkorters”.

De splitsingswet die bepaalde dat de elektriciteitsnetten niet meer eigendom konden zijn van de elektriciteitsbedrijven gold niet voor de 50 kV-lijnen. De lijn valt momenteel onder netbeheerder Liander. Blijkbaar ziet dit bedrijf nog geen aanleiding om de verbinding te vervangen, zoals bij andere 50 kV-lijnen eerder is gebeurd.

8 TONMASTENLIJNEN DEEL I

In de jaren vijftig volgde kort na de aanleg van de eerste drie 150 kV-lijnen met de kenmerkende "plompe" vorm en de 50 kV-lijnen, met masten met "balk"-traverses, een nieuw golf van lijnenbouw. Het betrof hoogspanningslijnen waarin een geheel nieuw mastontwerp werd toegepast dat uiteindelijk het boegbeeld van de PGEM-masten zou worden. Het masttype, gekarakteriseerd als "Gelderse tonmast", werd gedurende bijna vijftien jaar in veel provinciale lijnen toegepast. Er komen drie varianten van voor die zich met name onderscheiden in het topstuk en de boventraverse. Daarover in de volgende paragraaf meer. Omdat de als eerste gebouwde variant van de tonmast maar in twee lijnen voorkomt en behalve het topstuk verder gelijk is aan de tweede variant, is die in dit hoofdstuk samengenomen met de tweede versie. De derde versie wijkt meer af en er zijn ook wat betreft constructie verschillen, zodat die in een apart hoofdstuk passen.



Mast 77 en 76 in de lijn Nijmegen - Doetinchem, bij Didam. Het bouwjaar is 1954, dit zijn masten die als eerste variant van de typische Gelderse tonmast doorgaan. Meest in het oog springend is de korte balkvormige traverse voor de bliksemdraad.

Om welke lijnen gaat het in dit hoofdstuk (zie tabel volgende bladzijde): allereerst drie lijnen die gezien moeten worden als versterkingen naast het bestaande 50 kV-net, waarvan men toen waarschijnlijk voorzag dat deze lijnen tekort zouden schieten in capaciteit. Het gaat om de verbinding vanuit de centrale bij Nijmegen naar het oosten, naar Doetinchem. Vanuit Dodewaard kwam er een 50 kV-lijn naar Ede. Deze verbindingen stammen uit het midden van de jaren vijftig, ouder dan men wellicht zou verwachten. Ze zijn herkenbaar aan de minimale boventraverse. Enkele jaren later verschijnt in de Betuwe de lijn van Dodewaard naar Tiel. Deze heeft reeds de "normale" boventraverse.

In de jaren tot 1965 komen er nog vier lijnen bij: de verbinding van Terwolde naar Hattem, en een beetje erbij horend de korte lijn tussen Hattem en Harculo in Overijssel. Doetinchem - Zutphen verschijnt op de kaart en de laatste uit dit tijdvak is de lange 150 kV-lijn vanuit Ede naar Harderwijk.

Halverwege de jaren zestig stond er dus een behoorlijk groot 150 kV-net in Gelderland dat van oost tot west en van noord tot zuid door de provincie liep. Gedurende het tijdvak rond 1960 breidde ook het 50 kV-net nog uit, zie daarvoor het volgende hoofdstuk.

Hoogspanningslijn	Spanning	Lengte	Bouwjaar	Vervallen	Masttype
Nijmegen - Doetinchem	150 kV	33,9	1955	-	Tonmast
Dodewaard - Ede	150 kV	16,5	1955	-	Tonmast
Dodewaard - Tiel	150 kV	16,3	1959	-	Tonmast
Terwolde - Hattem	150 kV	22,4	1962	-	Tonmast
Hattem - Harculo	150 kV	2,9	1962	1994	Tonmast
Doetinchem - Zutphen	150 kV	19,2	1964	-	Tonmast
Ede - Harderwijk	150 kV	34,9	1964	-	Tonmast

Tabel: de lijnen waarin de kenmerkende tonmasten van de eerste twee varianten voorkomen. De oudste twee lijnen halverwege de jaren vijftig bevatten de masten met de korte boventraverse.

8.1 De tonmast

De “tonmast” is een gangbaar mastmodel dat in Nederland en ook in Duitsland al vanaf het begin van de 20^e eeuw werd toegepast, zie bijvoorbeeld de 50 kV-lijn Lent - Apeldoorn. Maar ook in Brabant Woensel - Geertruidenberg. De vorm vindt zijn oorsprong in de elektrotechnisch gezien efficiënte geleiderconfiguratie, omdat de verliezen minimaal zijn. Meest ideaal is een gelijke zeshoek, met steeds 60° hoeken, maar bij de masten is daar iets van afgeweken, waarschijnlijk om de vorm van de mast eenvoudiger te realiseren.

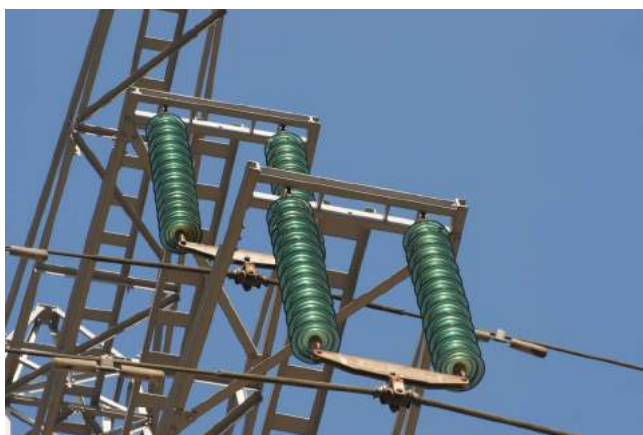


Twee voorbeelden van het basismodel hoek- en steunmast van de tweede versie van de tonmasten. Het zijn masten in de lijn Doetinchem - Zutphen. Foto's uit juli 2013.

Het mastlichaam loopt bij de PGEM-mast op een elegante wijze van breed naar smal over de hoogte. Er zijn meerdere knikken in de randen aanwezig, bovenin de mast echter zo flauw dat het amper te zien is waar de helling verandert. De steunmast heeft een duidelijk broekstuk met een steile diagonaal en knikverkorters. Het deel daarboven tot de ondertraverse heeft een open karakter en heeft enkel de diagonalen en horizontalen. De traverses zijn minimaal in hoogte en door de relatief brede toren grijpen de schoringen aan halverwege de verbandkruizen aan. De spits van de mast loopt opvallend hoog uit boven de bovenste fasetraverse en een diagonaalvakje onder de top zit nog een aanvullende bliksemkabeltraverse. Wat betreft de bovenzijde van de mast, en dan met name de bliksemtraverse, komen er in de eerste twee lijnen naar Doetinchem en Ede masten voor die afwijken. Hier wordt de

bliksemtraverse slechts gevormd door een enkel balkje, zonder schoringen. Bovendien is de top van het mastlichaam een diagonaalkvakje lager, zowel bij hoek- als steunmasten. De andere versies van deze tonmasten hebben wel een “volwaardige” bliksemtraverse. Een enkele bliksemdraad over de top van de mast zoals we dat in Overijssel en op nog grotere schaal in Duisland zien, hebben ze in Gelderland niet toegepast.

Bij de steunmasten is de ophanging van de geleiders met een of twee verticale kettingen uitgevoerd. Ingeval van een wegkruising zijn er twee kettingen aanwezig die in lijnrichting ten opzichte van elkaar hangen aan de mast. Dat is dus afwijkend van de generatie masten ervoor, waar in het vooraanzicht juist de dubbele ketting is te zien. Gevolg is dat de traverses niet in een punt eindigen, maar breed blijven aan het einde. Want de beide kettingen hebben een behoorlijke onderlinge afstand. Een goede verklaring is hier niet voor te geven. Ook bij de dubbele kettingen zijn de kabels gesteund in een enkele schoen. Slechts op enkele plaatsen, zoals bij de A1 bij Beekbergen is een dubbele schoen te zien. De dubbele verticale ketting in lijnrichting werd vanaf de jaren vijftig in vrijwel alle PGEM-lijnen toegepast en werd daarmee een handelsmerk van de masten in Gelderland.



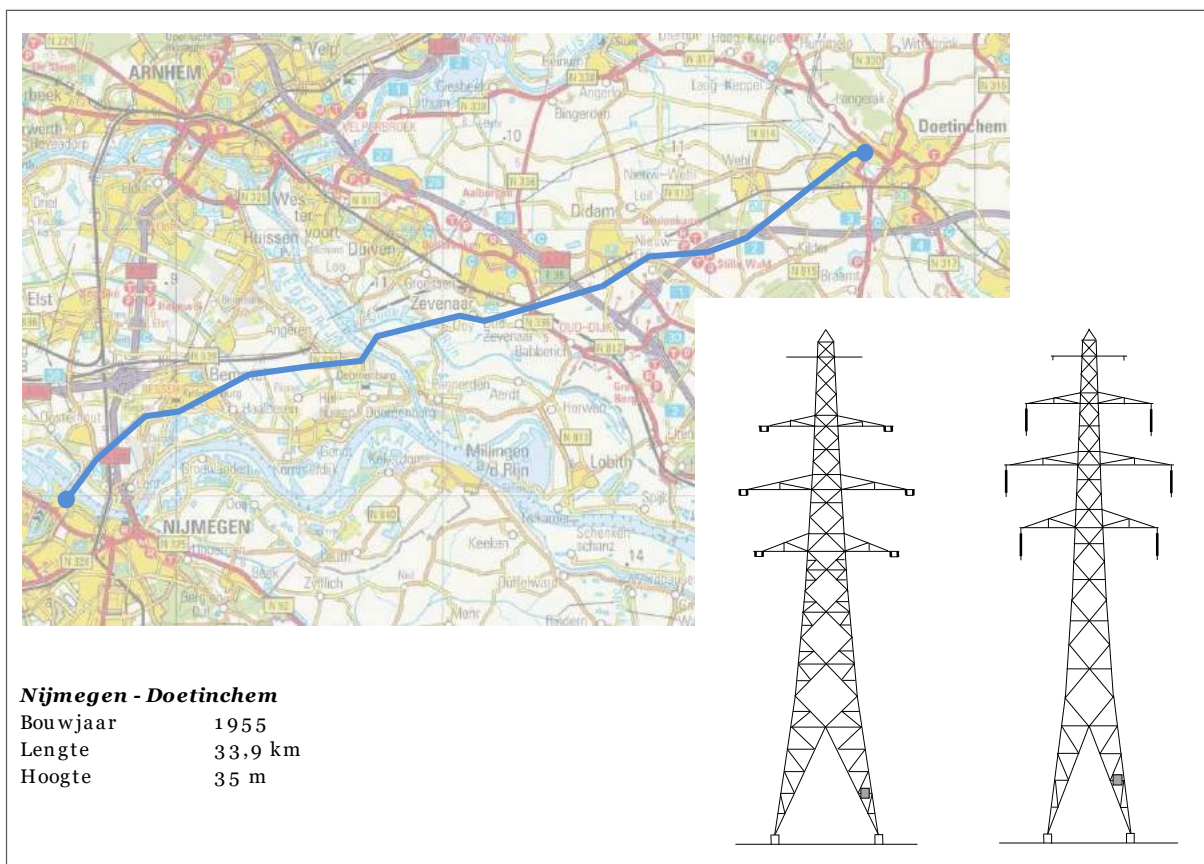
De dubbele verticale ketting, een van de beeldbepalende kenmerken van deze masten is in lijnrichting georiënteerd. Daardoor eindigen de traverse tamelijk breed. Waarom de onderlinge afstand van de isolatoren groter is dan gebruikelijk is niet bekend.

Steunmasten en hoekmasten zijn duidelijk verwant aan elkaar. Er zijn afgezien van de profielzwaarte in de masten wel duidelijke verschillen, de afstand van de bliksemtraverse boven de andere traverse is groter bij de hoekmast. In het gehele onderstuk komen secundaire verbanden voor of knikverkorters voor. Een wat grotere uitzondering onder de masten is de wisselmast die een grotere traverseafstand heeft. Naast een gematigd verhoogd type was er ook nog een type dat nog hoger was, bedoeld voor waterkruisingen. Dat masttype werd gebouwd bij de Rijnkruising bij Wageningen en de IJsselkruising bij Hattem. Wat nog opvalt is dat de voet van de mast een apart onderdeel is, dat met ankerbouten aan de funderingspoer vastzit. Aan die voet zijn de randpoten bevestigd. Een detail dat we ook bij de oudste drie 150 kV-lijnen zagen. In de mast zijn ladders aanwezig en ook in de traverses zien we die terugkomen. In dat opzicht is het echt een PGEM-ontwerp.

8.2 Nijmegen - Doetinchem

Reeds in 1954 begon de bouw van deze hoogspanningsleiding. Naast de twee al bestaande portaalparen in de waalkruising bij Nijmegen werd vanwege deze lijn nog een identiek derde paar portalen geplaatst. Echter niet op de plek van de lijn naar Doetinchem, aan de oostkant dus, maar juist ten westen van de twee bestaande portalen. De twee lijnen naar Dodewaard en Apeldoorn werden beide één “plek” opgeschoven, zodat het oostelijke portaal “vrijkwam” voor de nieuwe lijn. Zie ook de beschrijving van Nijmegen - Apeldoorn. Vanaf de waalkruising liep de lijn in oostelijke richting verder ten zuiden van Bemmelen. Eerst moet bij Lent nog een kruising hebben plaatsgevonden met de 50 kV-lijn naar Hemmen. Verderop werd met een tamelijk scherpe bocht werd het Pannerdensch Kanaal overbrugd. De lijn ging verder in de richting van Zevenaar waarbij een tamelijk ruig stuk uiterwaarden werd doorkruist. Bij Zevenaar boog de lijn weer wat meer af in noordoostelijke richting. De latere snelweg A18 werd hier twee keer kruisend met de lijn getraceerd. Ten zuiden van Wehl ging de lijn in een rechte lijn af op het 150 kV trafostation van Doetinchem, dat zich in de directe nabijheid van het

bestaande 50 kV-station bevond. Het tracé heeft in zijn oorspronkelijke aanleg behalve de twee rivierkruisingen verder niet al te veel opvallende bijzonderheden.



Overzichtskaart van de 150 kV-lijn Nijmegen - Doetinchem.



De splitsingsmast 65 bij Zevenaar verzorgde tussen circa 1977 en 2008 de verbinding met het trafostation van Zevenaar. Vanwege de aanleg van een woonwijk is deze mast samen met het vak tussen 63 en 67 vervangen door een ondergronds gedeelte.



De overspanning van de Oude IJssel in Doetinchem, mast 4 en 3 zijn op deze archieffoto zichtbaar. In de verte is ook de 50 kV-lijn te zien die eveneens met twee dichtbij elkaar staande hoekmasten de rivier kruiste. Op basis van deze foto is het te vermoeden dat de masten vanaf de Oude IJssel van het type waren met volwaardige boventraverse.



Mast 77 bij Didam. Rechts: mast 27 ten zuidoosten van Bemmelen is een typische hoekmast met de smalle boventraverse. Foto's uit 2013 en 2016.

De lijn is heden nog aanwezig, maar heeft nogal wat wijzigingen ondergaan. Bij Zevenaar werd eind jaren zeventig een hoekmast verbouwd tot aftakingsmast, voor de aansluiting op een nieuw trafostation Zevenaar. Eind jaren tachtig werd bij Doetinchem het tracé verlegd naar het 380/150 kV-trafostation Doetinchem Langerak. Bijkomstigheid was dat de lijn verdween uit de wijk Doetinchem De Huet.

Door het verdwijnen van dat laatste deel van de lijn, inclusief de eindmast moeten we terugvallen op archieffoto's om te zien of de laatste masten voor het station mogelijk de bredere "volwaardige" bliksemtraverse hadden. Dat blijkt inderdaad het geval te zijn geweest bij de laatste vier masten vanaf de Oude-IJsselkruising tot het station Doetinchem.

De vervangende hoogspanningsleiding werd met overeenkomstige tonmasten (maar wel met het nieuwere type, met afwijkend topstuk) gebouwd. In 2008 werd een deel van de lijn bij Zevenaar vervangen door een ondergrondse kabelverbinding. Helaas moest daarvoor ook de aftakkingsmast verdwijnen. Eenzelfde lot onderging in 2010 ook een deel van de lijn bij Lent. Direct na de Waalportalen gaat de lijn ondergronds verder, om bij mast 13 weer bovengronds te verschijnen.

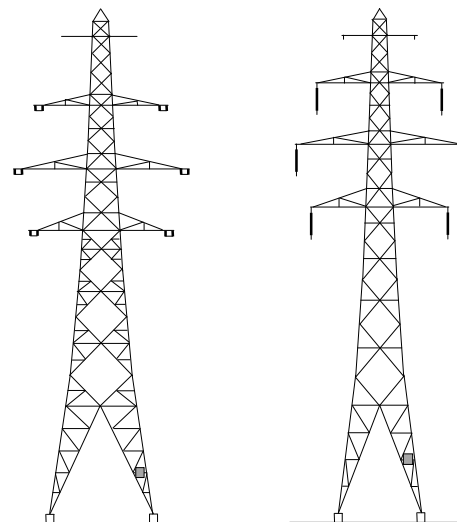
In de jaren tweeduizendtien werden de isolatorkettingen aangepast op plekken waar de hoogte van de geleiders aan de lage kant is. Onder andere de kruising van het Pannerdensch Kanaal werd ingrijpend gewijzigd naar een tetraëdrische vorm. In de ogen van mastenliefhebbers was dat geen verbetering. Bij Wehl werd in 2012 een aantal masten verhoogd vanwege de aanleg van een industrieterrein. De masten werden opgetild en op een broekstuk geplaatst met een K-verband. Vanwege de inpassing van de 380-kV lijn naar Wesel werd de lijn ingekort tot mast 94. Daarbij werd de gehele omlegging bij Doetinchem de Huet afgebroken en vervangen door een ondergrondse kabel.

8.3 Dodewaard - Ede

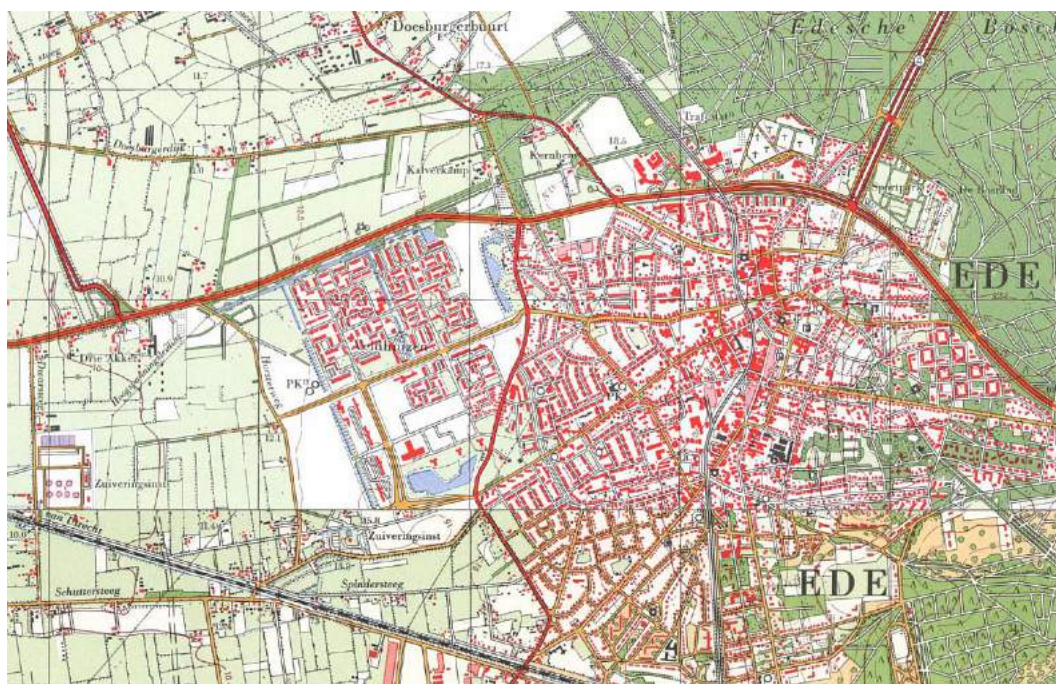
Enkele jaren na de bouw van de koppelnetlijn Nijmegen - Veenendaal werd deze lijn opgesplitst door een trafostation bij Hemmen, dat Dodewaard werd genoemd. Zo werd het mogelijk om vanaf dit punt een nieuwe 150 kV-lijn te bouwen in de richting van Ede. Het was een tamelijk korte verbinding, die parallel kwam te lopen met de 50 kV-lijn naar Ede. Dat was wel op enige afstand. De masten hebben vanaf de Rijnkruising hetzelfde uiterlijk als de masten in de lijn naar Doetinchem, dus met de enkele balk als bliksemgeleidertraverse. Tussen Dodewaard en de Rijn zien we een "volwaardige" boventraverse gelijk aan alle andere latere lijnen met deze masten. Dit is ook het geval bij Ede geweest. Dat blijkt uit hoekmast 35, die als laatste mast in Ede stamt uit de oorspronkelijke bouw. Bij deze mast is een grote bliksemtraverse aanwezig. Bij Ede eindigde de lijn niet bij het trafostation, maar ongeveer een kilometer ervoor. Dat zal te maken hebben gehad met landschappelijke bezwaren van landgoed Kernhem. De masten begonnen bij een stijgpunt aldaar. Het 150 kV-station kwam 100 meter ten noorden van het bestaande 50 kV-station te liggen en heeft dus even bestaan zonder de aanwezigheid van een 150 kV-eindmast direct bij het station.

Dodewaard - Ede

Bouwjaar 1955
 Lengte 16,5 km
 Hoogte 35 m



Overzichtskaart van de 150 kV-lijn Dodewaard - Ede



Een kaart van Ede uit de jaren zeventig. Te zien is dat bij de overgang van de twee kaartbladen de 150 kV-lijn vanwege de aanleg van een woonwijk inmiddels is verplaatst naar een nieuw tracé dat via de N224 naar het trafostation liep. Dit stuk tracé is eind jaren negentig op zijn beurt weer vervangen door een ondergrondse kabel.



De kruising van de Rijn bij Wageningen, juni 2007. Hier is op de voorgrond te zien dat de masten aan de Dodewaardse kant een "echte" boventraverse hebben, terwijl vanaf de kruising er een enkel balkje als boventraverse is aangebracht.

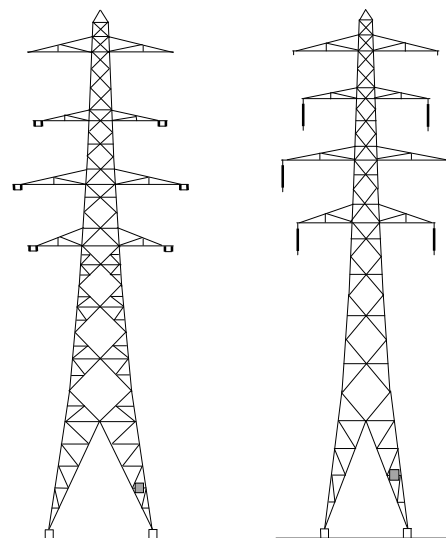
Al begin jaren zeventig is de lijn bij Ede verlegd naar een noordelijker tracé langs de N224. In het licht van de 50 kV-lijn die Ede dwars doorsnijdt, is dit begrijpelijk. Ondanks het verplaatste tracé is de lijn later eind jaren negentig toch verder ingekort, waarbij het stijgpunt werd verplaatst naar een punt gelegen ten noorden van de spoorlijn. De plek van het voormalige stijgpunt is tegenwoordig een braakliggend terrein. Bij de kruising met de A12 valt op dat de steunmasten er van een rood-witte obstakelbeschildering zijn voorzien. Dit heeft te maken met de nabijheid tot een helikopterlandingsplaats.

8.4 Dodewaard - Tiel

Na de eerste twee lijnen waarin de masten met "smalle" boventraverse voorkwamen volgde in het tijdvak tot 1965 nog een aantal verbindingen met masten met "normale" boventraverse. De eerste die beschouwd wordt is de in westelijke richting lopende lijn naar Tiel. Deze lijn versterkte de aloude 50 kV-lijn naar Tiel en kwam nog net in de jaren vijftig gereed. Het tracé is globaal gelijk aan die oude lijn, niet ver van de spoorlijn naar Tiel. Er kwamen twee bochten in het tracé voor. De masten waren gelijk aan de overige 150 kV-lijnen uit dit tijdvak. Net voor Tiel stonden twee hoge masten in deze lijn voor de kruising van het Amsterdam-Rijnkanaal. Het 150 kV-station lag niet ver van de kom van Tiel af en is heden ingesloten door de bebouwing. Er hebben sinds de aanleg weinig wijzigingen aan de lijn plaatsgevonden. Mast 27 naast de A15 is begin jaren 2000 vervangen door een nieuwe, hogere mast met aanduiding 27A vanwege de plek naast de oude mast 27. De nieuwe mast was van een afwijkend type als de overige masten, vergelijkbaar met de vervangende masten in Tiel - Zaltbommel. Mast 9, een steunmast is verhoogd met een extra tussenstuk in het mastlichaam, een kleinere ingreep.

Dodewaard - Tiel

Bouwjaar 1959
Lengte 16,3 km
Hoogte 35 m



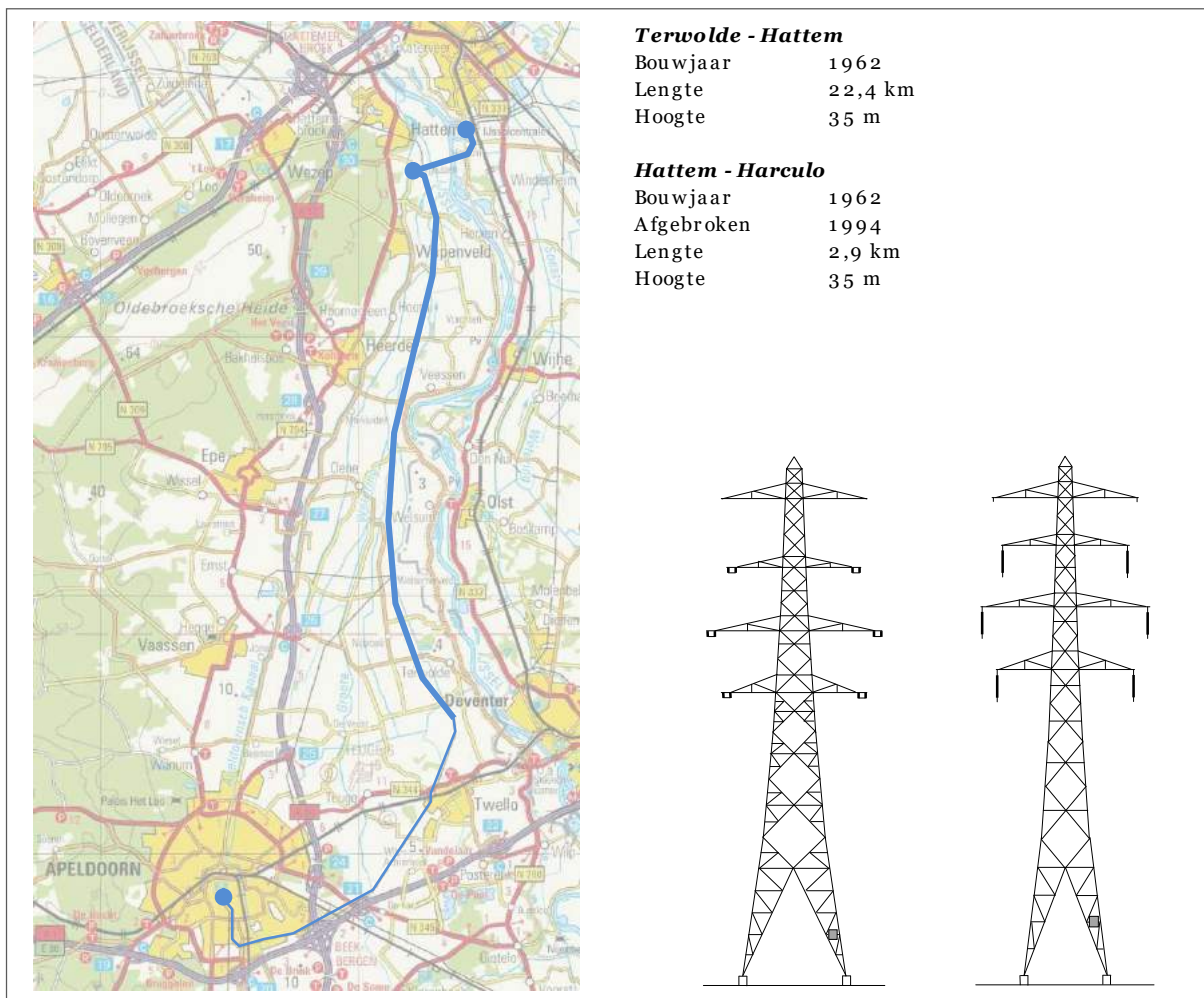
Overzichtskaart van de 150 kV-lijn Dodewaard - Tiel



Eindmast 1 in de lijn naar Tiel bij station Dodewaard. Op de achtergrond de zeer zware mast in het verbindingslijntje tussen het 380- en 150 kV-station aldaar.

8.5 Terwolde - Hattem

De koppelnetlijn tussen Apeldoorn en Deventer, nog slechts tien jaar in gebruik werd ingekort en verbonden met een nieuwe lijn naar Hattem. Bij Hattem kwam een 150 kV-trafostation en ook werd een nieuwe korte verbinding over de IJssel gebouwd die als koppellijn naar het noordoosten ging dienen. De kruising van de 150 kV-lijn over de IJssel bij Deventer verviel door deze wijziging, een opmerkelijke zaak, het moet een van de eerste (landelijke) netwijzigingen zijn geweest waarin afbraak voorkwam over aanzienlijke lengte.



Overzichtskaart van de 150 kV-lijn Terwolde - Hattem

De nieuwe lijn begon bij Terwolde met een speciale verbrede eindmast die de kabels overnam vanaf de laatste steunmast. Die was te oordelen aan kaartmateriaal een klein stukje verplaatst buiten het oorspronkelijke tracé. Vanaf de eindmast liep de verbinding in een vrij constante noordelijke richting. Halverwege bij Welsum kwam het tracé parallel te lopen aan de bestaande oude 50 kV-lijn vanuit Apeldoorn naar Hattem. Ze kruisten elkaar niet. Bij Wapenveld boog de lijn weer wat in westelijke richting af om met een laatste scherpe bocht te eindigen bij het trafostation van Hattem. De masten in het deel vanaf het gemaal stonden in de uiterwaarden en hadden daarom grote betonnen fundaties, zodat de masten tegen het water, aanvaringen en ijsgang beschermd waren. Het trafostation van Hattem, halverwege Wapenveld en Hattem, was buitendijks gebouwd, op een opgeworpen stuk terrein direct aan het Apeldoorns Kanaal.



De overgangsmast tussen het oude deel en de nieuwe lijn naar Hattem bij Terwolde is een speciale mast die vergrote afmetingen heeft tussen de traverses en van een zijde de kabels in dennenboomvorm afspant, terwijl aan de andere zijde de kabels in tonconfiguratie verder gaan. De mast lijkt ook wel op de kruisingsmasten bij snelwegen in de drie naoorlogse lijnen.

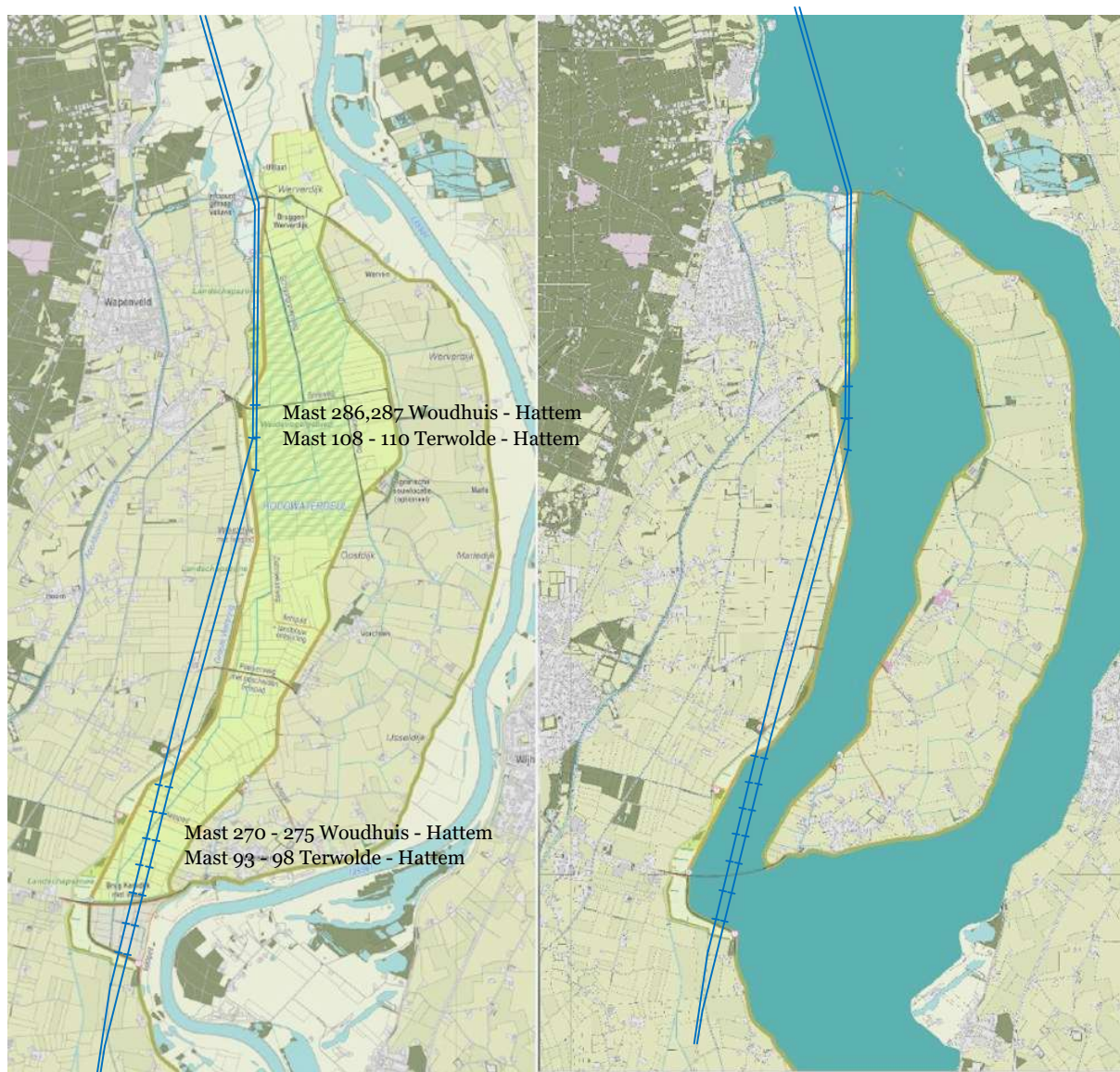


De masten in de uiterwaarden bij Wapenveld. Ze staan op verhoogde betonnen fundaties, die mooi meelopen in de helling van de randstaven. Iets wat niet gezegd kan worden van de tafelconstructies bij de hoogwatergeulen van Veessen en Wapenveld. Foto uit juli 2013.



Het gewijzigde uiterlijk van de tonmasten na de geleiderverhogingen die in de jaren 2012 - 2016 in Gelderland in meerdere lijnen werd toegepast. Buiten het feit dat de "hangende afspanning" afwijkt van de overige masten in de lijn en het mastbeeld van de steunmast met hangende kettingen geweld aandoet, doet de ongelijke ophanging van de fasegeleiders over de drie traverses nog verder afbreuk aan het mastbeeld.

Enkele jaren na aanleg kwam in 1967 bij Welsum een driewegsmast in de lijn. Deze verzorgde de aansluiting met de aftakking naar Vaassen. In 1974 verving de 150 kV-lijn naar Woudhuis de 50 kV-lijn en stonden er dus twee 150 kV-lijnen over grotere lengte parallel aan elkaar. Redelijk uitzonderlijk voor Nederlandse begrippen. Voor de "hoogwatergeul" tussen Veessen en Wapenveld zijn meerdere masten in het najaar van 2013 verhoogd. De masten werden van hun oorspronkelijke fundatie gehaald en op een buispaal met vier armen geplaatst. Het ging in totaal om 17 masten. Daarvan 9 masten in Terwolde - Hattem, waaronder een hoekmast. De verhoging vond over ongeveer twee kilometer lengte plaats bij Veessen en verderop halverwege de lengte van de hoogwatergeul nog eens over een kilometer. Daar maakte beide lijnen een knik die in het verloop van de "geul" werd opgenomen. In tegenstelling tot de bebouwing in het gebied zijn de masten dus gehandhaafd, zij het in een gewijzigde vorm. Hoewel de oplossing met een enkele centrale paal meer wordt toegepast bij masten in het water, zie bijvoorbeeld de Ketelmeerkruising, is het effect op het beeld hier bij deze masten die doorgaans (slechts een keer per 80 jaar) niet in het water staan geheel anders. De ranke mast die zich verbreedt naar onderen toe lijkt totaal in tegenspraak met de zware stalen buispaal.



Overlay van het inrichtingsplan van de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld en de hoogspanningslijnen door dat gebied. Er werden op twee plaatsen in totaal 17 masten op een verhoogde stalen tafelconstructie geplaatst.

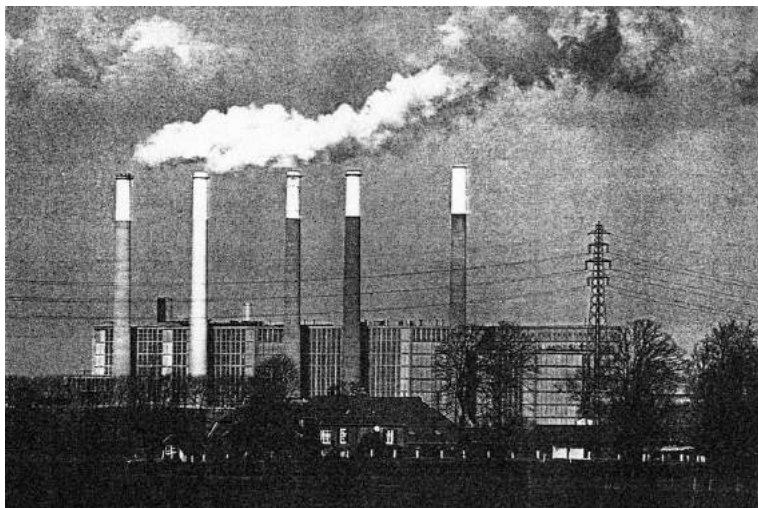
In dezelfde tijd als de aanleg van de hoogwatergeul zijn bij meerdere steunmasten de onderste isolatorkettingen vervangen door hangende afgespannen kettingen, om een grotere hoogte te krijgen. Dit is wel nadelig geweest voor het mastbeeld, zoals in de figuur te zien. De tonmasten kenmerken zich door een minimale verticale afstand tussen de traverses zodat daarmee misschien verklaard kan worden waarom men aan de boventraverse de v-oophanging heeft gekozen.



De steunmast nummer 109 ten zuiden van Wapenveld was in november 2013 juist op een nieuwe buispaal geplaatst vanwege de hoogwatergeul naast de IJssel. De 150 kV-lijn Woudhuis - Hattem zou even later nog een zelfde verandering ondergaan. Op deze foto valt goed op hoeveel compacter de tonmast is dan het latere model.

8.6 Hattem - Harculo

Dit ging om een korte verbinding, maar was wel de schakel in het koppelnet tussen West- en Oost-Nederland. Mogelijk vanwege de beperkte capaciteit van de lijn Harculo - Deventer moest de verbinding in het koppelnet niet bij Deventer binnenkomen maar noordelijker bij de nieuwe centrale van Harculo (1955). Bij de centrale kwam een groot trafostation waar de 110 kV-lijnen naar Zwolle, Hogeveen, Deventer en Almelo begonnen. Later vanaf 1965 kwamen daar nog de 220 kV-lijnen naar Hengelo en Hogeveen bij. Zodoende verviel de aansluiting bij Deventer en werd vanaf het station Hattem een 150 kV-verbinding naar het "110 kV-gebied" gebouwd. Met uitzondering van twee masten bij Harculo stonden alle masten buitendijks op hoge betonnen fundaties. Er kwamen uiteraard twee hoge masten in voor, om de IJssel te kruisen. Het type was gelijk aan de masten over de Rijn bij Wageningen. Aan de zijkant van het trafostation voor de centrale kwam de lijn binnen. De eindmast stond wat weggestopt tussen de begroeiing langs de toegangsweg. Vergeleken met de grijze Overijsselse masten had de 150 kV-eindmast bij Harculo een opvallend zwarte kleur, de standaardkleur van de PGEM van de lijnen uit de jaren zestig.



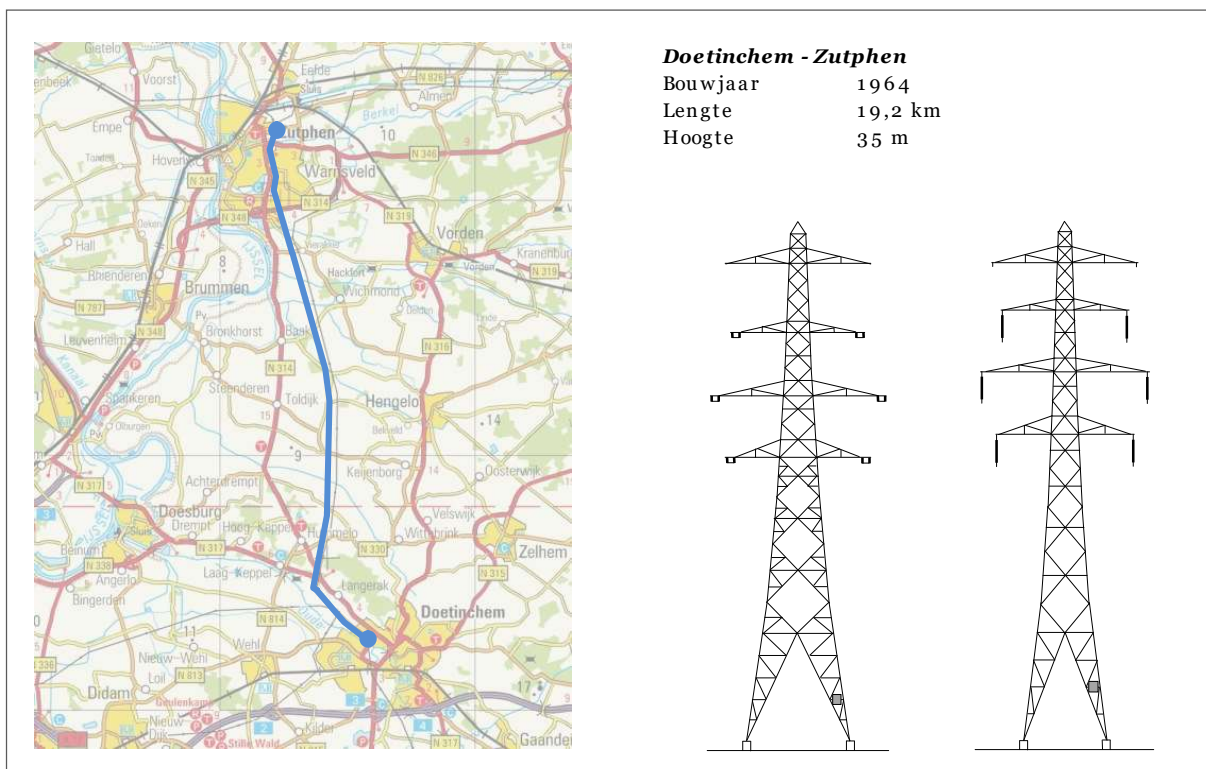
De kruisingsmast bij de IJssel met de centrale van Harculo in bedrijf, ergens in de jaren tachtig. De masten waren waarschijnlijk wat betreft de hoogte gelijk aan de kruisingsmasten over de Rijn bij Wageningen.

De afbraak van de lijn vond plaats in 1994 en een relatie met de bouw van de oostelijke ring in het koppelnet ligt voor de hand. Met de nieuwe 380 kV-lijnen zou de koppelnetfunctie niet meer noodzakelijk zijn. Nadat in 1993 de oostring compleet was met de ingebruikname van het trafostation Oele bij Hengelo, werd de lijn dan ook afgebroken.

Een beetje curieus is het wel want met de afbraak verdween toch een unieke situatie van een 150 kV-lijn in het “110 kV-gebied” van Noordoost-Nederland. Alsof een “indringer” jarenlang werd getolereerd, tot het niet meer hoefde. De plek van de verdwenen eindmast is nog terug te zien in de ruimte tussen de twee andere eindmasten bij Hattem en de open plek in een stukje bos bij de IJssel.

8.7 Doetinchem - Zutphen

Tussen beide plaatsen bestond al een 50 kV-verbinding. In de jaren zestig kwam daar de 150 kV-lijn bij. Tot 1980 hebben beide lijnen bestaan naast elkaar, zodat na afbraak van de 150 kV-lijn in dat decennium de nieuwe overbleef. Vanaf 1990 veranderde dat echter weer toen de 380 kV-lijn werd aangelegd tussen Doetinchem en Hengelo. Vanaf het trafostation van Doetinchem liep de lijn in noordwestelijke richting weg. Deze richting is te verklaren uit de reden om het bosgebied van de kruisberg te vermijden. De 150 kV-lijn passeerde over de oude 50 kV-leiding naar Arnhem. De verhoogde masten zijn nu nog in de lijn te zien. Bij Langerak kwam een scherpe hoek in de lijn zodat de weg tussen Hoog Keppel en Toldijk werd gepasseerd. Hierna volgde een passage door een tamelijk open en dunbevolkt landschap. Ter hoogte van Toldijk voegde het tracé zich bij de bestaande 50 kV-lijn die vanuit oostelijke richting naderde. Met een kleine knik ging de lijn in nagenoeg noordelijke verder langs Wichmond en Vierakker. Net al de 50 kV-lijn liep de nieuwe lijn tussen Warnsveld en Zutphen door. Maar tussen die plaatsen wisselden de 50 en 150 kV-lijnen met elkaar. Waarschijnlijk om ruimte te houden voor de huidige ringweg om Zutphen. De 150 kV-lijn had een verhoogde steunmast voor de kruising. Kort hierna werd het trafostation van Zutphen bereikt.



Overzichtskartaal van de 150 kV-lijn Doetinchem - Zutphen

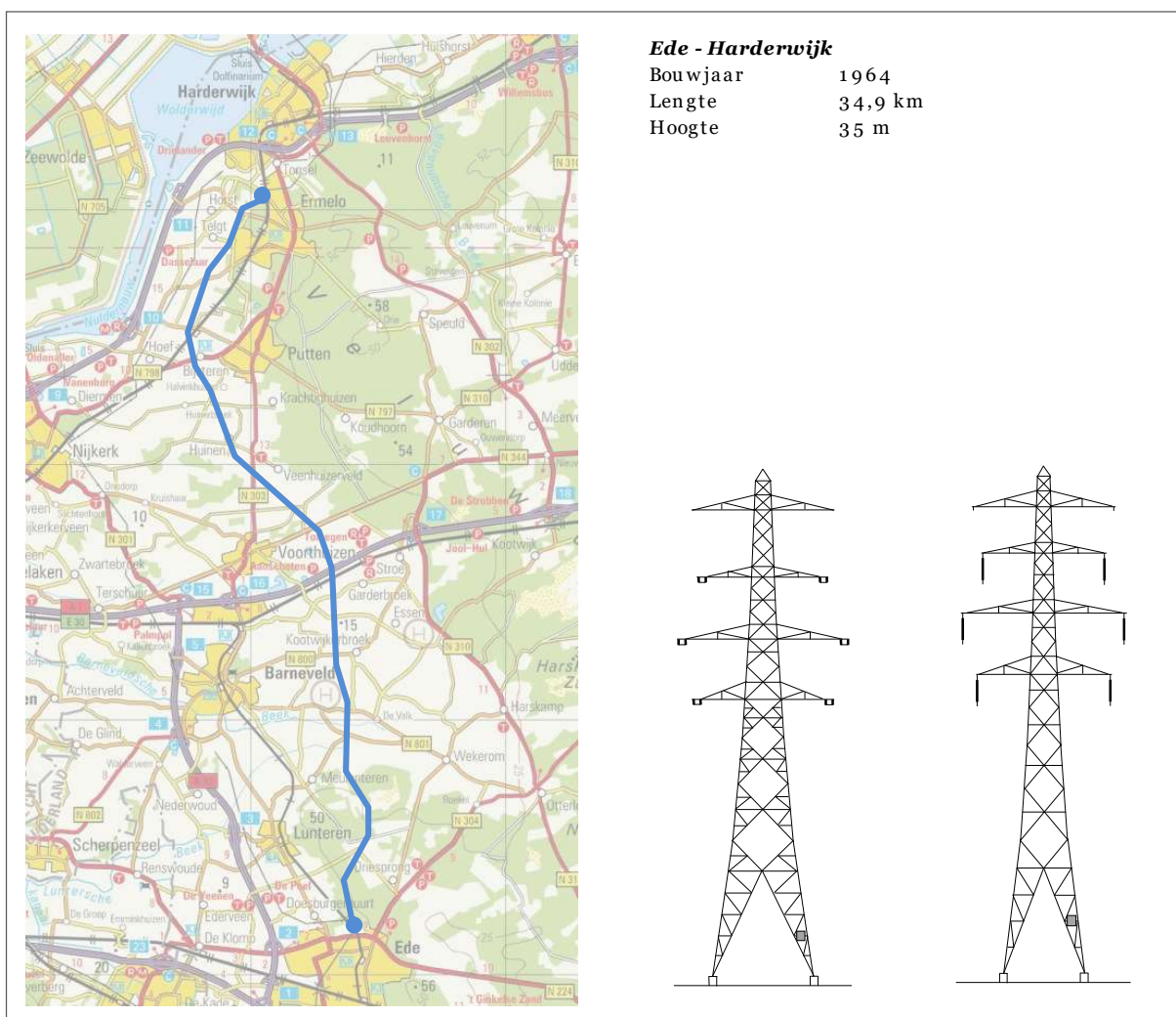
In 1990 veranderde de situatie bij Doetinchem vanwege de aanleg van het 380 kV-trafostation van Langerak. De lijn werd gesplitst omdat het station bovenop het tracé werd geprojecteerd. Verder had het geen gevolgen. Vooralsnog is dus het stuk lijn naar het trafostation van Doetinchem blijven staan. In Zutphen passeert de lijn dicht langs bebouwing en er loopt onderzoek naar de mogelijkheid van ondergronds brengen. Daar is het laatste stuk vanaf de nieuwbouwwijk Leesten dus als bedreigd te beschouwen.



Een wisselmast in de lijn naar Zutphen, ter hoogte van Hummelo, juli 2013. Het is mast 23. De wisselmasten vallen op omdat de traverses een half diagonaalvakje verder uit elkaar zitten. Dat geeft een heel ander aanzien.

8.8 Ede - Harderwijk

Deze kan gezien worden als de voortzetting van de 150 kV-lijn vanuit Dodewaard. De lijn liep door een zeer afwisselend aantal landschappen maar mijdt grotendeels de bosgebieden van de Veluwe. Bij Ede is het landschap nog het meest "ruig", waardoor de masten er door smalle passages in het bos staan. Het land heeft daar ook wat hoogteverschil, hetgeen een extra dimensie geeft aan de inpassing van de hoogspanningslijn. Mede door de smalle vorm van de mast is die inpassing zeker geslaagd te noemen. Het masttype is weer de vertrouwde tonmast, met brede bliksemtraverse die nu overal in iedere mast aanwezig is. Er kwamen vier wisselmasten in de lijn voor. Na het bochtige begin ten noorden van Ede ging de lijn verder in noordelijke richting waarbij hij enigszins slingerend door de landbouwgebieden van Kootwijkerbroek en Voorthuizen liep. De snel- en spoorweg tussen Apeldoorn en Amersfoort werd met twee hoekmasten overbrugd. Hierna volgde een wat meer westelijke koers, zodat een wijde bocht in het tracé ontstond dat de dicht bossen van de Veluwe vermeed. Na de kruising van de spoorlijn bij Ermelo boog de lijn weer terug in noordoostelijke richting om na nog een kort stukje bos en wederom een spoorkruising bij het 150 kV-station van Nijkerk te eindigen. De 50 kV-lijn tussen Harderwijk en Nijkerk is uit dezelfde tijd, toch zijn de lijnen niet gebundeld als tracé. Van een afstand gezien stak de 150 kV-lijn er echter duidelijk boven de bossen uit, terwijl de 50 kV-lijn erin verscholen zat. Onder andere vanaf het spoorviaduct van de A28 was dat duidelijk te zien. Opvallend was hoeveel hoekmasten er daar bij Ermelo stonden.



Overzichtskaart van de 150 kV-lijn Ede - Harderwijk



Hoekmast 16 bij het Wekeromse Zand in de buurt van Lunteren, september 2005. De lijn loopt hier door een bosrijk landschap.

De lijn heeft weinig veranderingen ondergaan sinds de bouw. Hoewel oude netkaarten in planning zijnde stations tonen in Barneveld en Putten, kwamen die er niet. Mogelijk speelt hierbij een rol dat die plaats reeds bediend werden en nog steeds bediend worden door de 50 kV-verbindingen tussen Ede, Barneveld, Nijkerk en Harderwijk. Pas in de jaren negentig kwam ter hoogte van Barneveld op het industrieterrein Harselaar een 150 kV-station. Daarvoor werd bij mast 44 direct naast de A1 in 1994 een stijgpunt gerealiseerd, via een ondergrondse kabel werd het station verbonden.

9 LAATSTE UITBREIDING VAN HET 50 KV-NET

In Gelderland ging de lijnenbouw met spanningen van 50 kV nog door tot in de jaren zestig. Dit is afwijkend van andere provincies waar deze spanning al eerder verlaten werd ten faveure van nieuwbouw met 150 kV, bijvoorbeeld Zuid-Holland. In het noorden was er een 110 kV-net, die spanning vormde misschien wel een optimale spanning voor het aanleggen van een hoogspanningsnet in een niet al te dichtbevolkt gebied, hoewel de stap naar 10 kV wel weer groot is. In Gelderland was er van oudsher een aanzienlijk 50 kV-net, zodat uitbouw daarvan voor de gebieden met niet al te grote vermogensbehoefte logisch kan zijn geweest.

Hoogspanningslijn	Spanning	Lengte	Bouwjaar	Vervallen	Masttype
Doetinchem - Ulft	50 kV	12,1	1960	1986	Donaumast
Ulft - Dale	50 kV	14,7	1960	1977	Donaumast
Dale - Winterswijk	50 kV	9,6	1960	1977	Donaumast
Nunspeet - Harderwijk	50 kV	9,4	1961	2001	Donaumast
Tiel - Culemborg	50 kV	15,2	1964	-	Donaumast
Hatter - Wapenveld	50 kV	1,4	1965	1985	Donaumast
Harderwijk - Nijkerk	50 kV	17,5	1965	-	Donaumast
Aftak Anklaar	50 kV	2,1	1964	1972	Donaumast
Aftak Eerbeek	50 kV	5,0	1963	1994	Donaumast
Aftak Angerlo	50 kV	3,3	1964	1984	Donaumast
Aftak Zevenaar	50 kV	4,0	1970	1980	Donaumast

Tabel: 50kV-lijnen uit het tijdvak van de jaren zestig, dat de laatste uitbreiding betekende van het Gelderse 50 kV-net. Veel van deze verbindingen was slechts een kort leven beschoren. De nauwkeurigheid van de jaartallen is lager dan in andere tijdvakken omdat de lijnen niet op de landelijke netkaarten stonden die per jaartal werden uitgegeven.



Netkaart uit het gedenboek van de PGEM 1955-1985, met het hoogspanningsnet in 1984. Een groot deel van het 50 kV-net is nog aanwezig, maar reeds verdwenen van de lijnen uit bovenstaande tabel zijn de aftak Anklaar (vervangen door ondergrondse kabel), het korte lijntje bij Wapenveld, de aftak Zevenaar en de 50 kV-lijn naar Winterswijk via Dale (beide vervangen door 150 kV).

We bespreken hier de 50 kV-lijnen die in de jaren 1960 tot circa 1970 zijn gebouwd. Het betreft een aantal "nieuwe" lijnen maar ook een relatief groot aantal aftakkingslijnen. Alle lijnen met uitzondering van Harderwijk - Ermelo en Tiel - Culemborg zijn niet meer aanwezig. Sommige hebben zelfs maar een tiental jaren bestaan! Wat de beschrijving van deze lijnen niet makkelijker heeft gemaakt, is dat het 50 kV-net niet onder het hoogspanningsnet wordt geschaard, waardoor er geen netkaarten van beschikbaar zijn uit openbaar materiaal. Tot nader archiefonderzoek heeft plaatsgevonden, moeten we het hebben van de topografische kaarten. De nauwkeurigheid van het opgegeven bouwjaar is daardoor beperkt tot enkele jaren en in sommige gevallen wel vijf jaar. Het is te betreuren dat het lot van de meeste lijnen met deze masten niet gunstig was, ze werden in de meeste gevallen snel vervangen door 150 kV-verbindingen. De lijnenbouw golf uit de jaren zestig die in Gelderland voor een belangrijk deel plaatsvond voor de spanning van 50 kV-net is daarmee duidelijk minder toekomstbestendig gebleken dan de lijnenbouw in andere provincies. In bijvoorbeeld Noord-Brabant of Overijssel, zijn veel van de verbindingen uit deze periode thans nog aanwezig.

9.1 Masttype

Als masttype verschijnt een wat elegantere mast dan de wat rechtlijnige jaren vijftig 50 kV-mast. Zowel bij de hoekmasten als bij de steunmasten is er een lichte hellingsverandering in de randen aanwezig, vandaar de wat meer elegante vorm. Deze nieuwe versie lijkt wel wat op een verkleinde variant van de 150 kV-masten. Groot verschil is natuurlijk dat de kabels in Donau-vorm hangen en niet in tonvorm. De detaillering van de constructie, zoals de ladders in de traverse, is wat principe gelijk aan de 150 kV-masten. Vanwege de trekschoren in de traverses is het aannemelijk dat de lijnen een wat hogere transportcapaciteit hebben dan de voorgaande 50 kV-lijnen.



De basisversies van de hoek- en steunmasten van de 50 kV-lijnen uit dit tijdvak. De steunmasten hebben een slanke toren zonder broekstuk. De diagonalen zijn niet als kruisverband uitgevoerd. Bij de hoekmasten is een duidelijk broekstuk aanwezig. De boventraverse bevindt zich bij de hoekmasten behoorlijk hoog boven de andere twee traverses.

De steunmasten hebben nog steeds een simpele bouw, met een rechtlijnige vorm, slechts ter hoogte van de ondertraverse is een zeer flauwe knik in de toren waarneembaar. De diagonalen in de toren zijn in de vorm van een slingerverband aangebracht. De traverses hebben een normale vorm, met trekschoor. Onderling was de afstand tussen de traverses gelijk aan elkaar, bij de jaren vijftigmasten

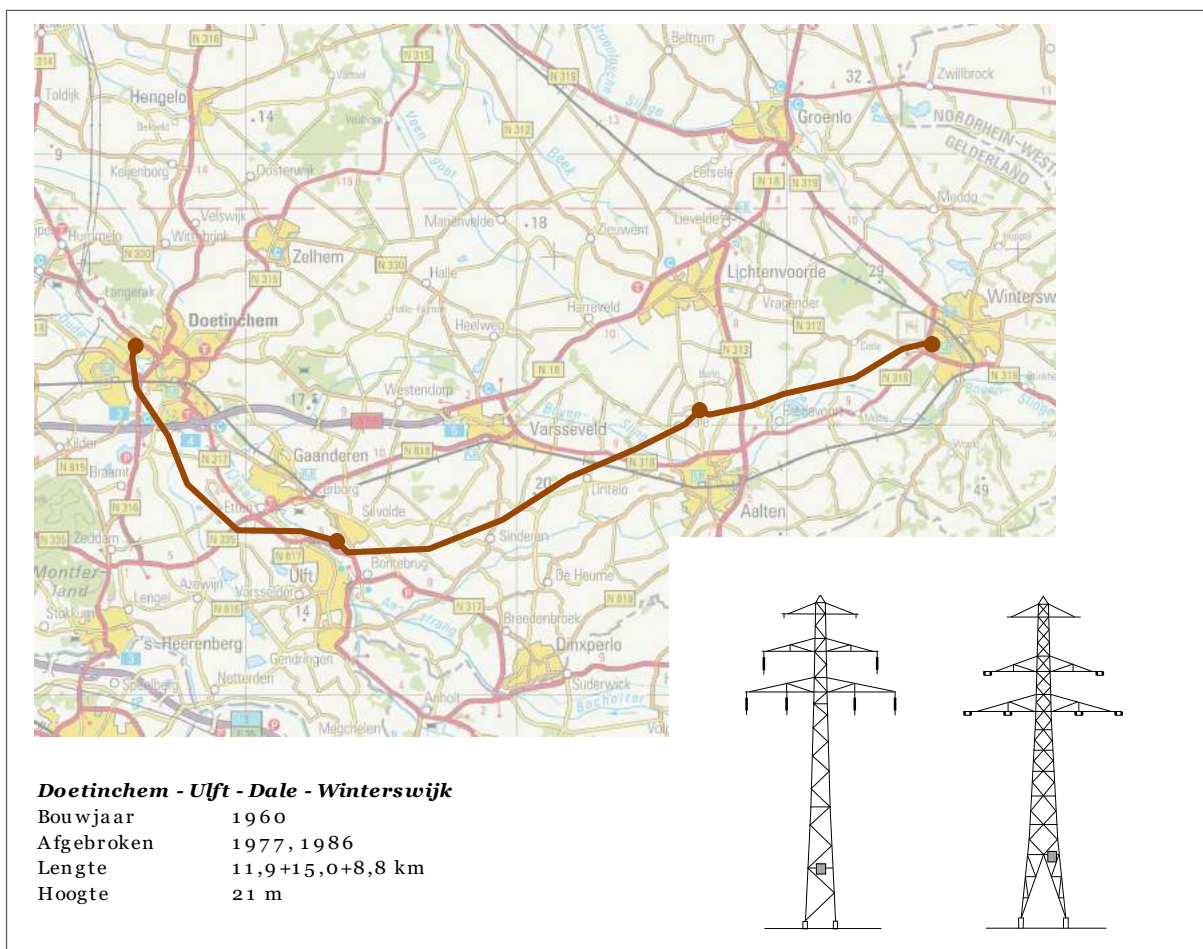
was dat niet het geval. Gevolg is dat bij de hoekmasten de boventraverse duidelijk verder van de middentraverse afzit dan de ondertraverse van de middentraverse. De bovenzijde van de mast lijkt daardoor tamelijk spits te eindigen.

De isolatorkettingen hingen ingeval van een dubbele ketting in lijnrichting achter elkaar en niet naast elkaar zoals bij de jaren vijftig-masten. In dat opzicht lijken ze dus ook op de 150 kV-tonmasten. De boventraverse met bliksemgeleider is verschillend van breedte over de verschillende lijnen uit het tijdvak. De oudste masten hadden een smallere traverse.

Wat betreft aanblik van de hoekmast valt op dat de traverses het beeld wat domineren, de toren lijkt wat aan de slanke kant. Het is daardoor een wat ongebalanceerde aanblik, met een te zware bovenkant. Maar dat is slechts een klein puntje op een verder geslaagd en onderscheidend ontwerp.

9.2 Doetinchem - Winterswijk

De eerste verbinding van de lijnen uit dit tijdvak moet zijn geweest Doetinchem - Ulft - Dale - Winterswijk. Als bouwjaar houden we op basis van kaartmateriaal circa 1960 aan. We komen tot de conclusie dat het eerste toepassing van de nieuwe 50 kV-mast is, omdat deze masten nog de smalle boventraverses hadden. Door de smalle traverse ontstond een geheel ander uiterlijk dan met de brede traverse, zodat het voor de auteur moeilijk was om deze mast te linken aan deze lijn vanwege het feit dat na afbraak geen masten van dit type meer bestonden. De masten zien er zelfs een beetje "Duits" uit met de Donauvorm en kleine bliksemkabeltraverse. Opvallend is dat de lijn gebouwd werd toen er reeds een andere 50 kV-lijn bestond naar Winterswijk, maar misschien nog wel vreemder is dat op zijn beurt deze "vervangende" lijn al in 1977 werd afgebroken en vervangen door de huidige 150 kV-lijn met buismasten!

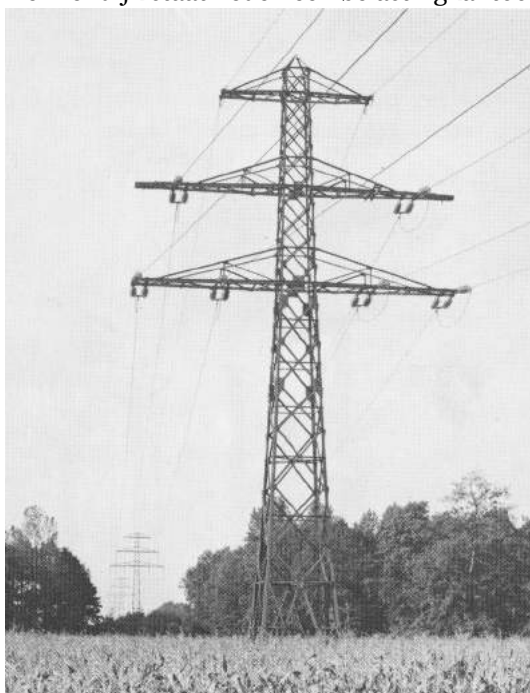


Overzichtskartaal van de 50 kV-lijnen Doetinchem - Ulft - Dale - Winterswijk



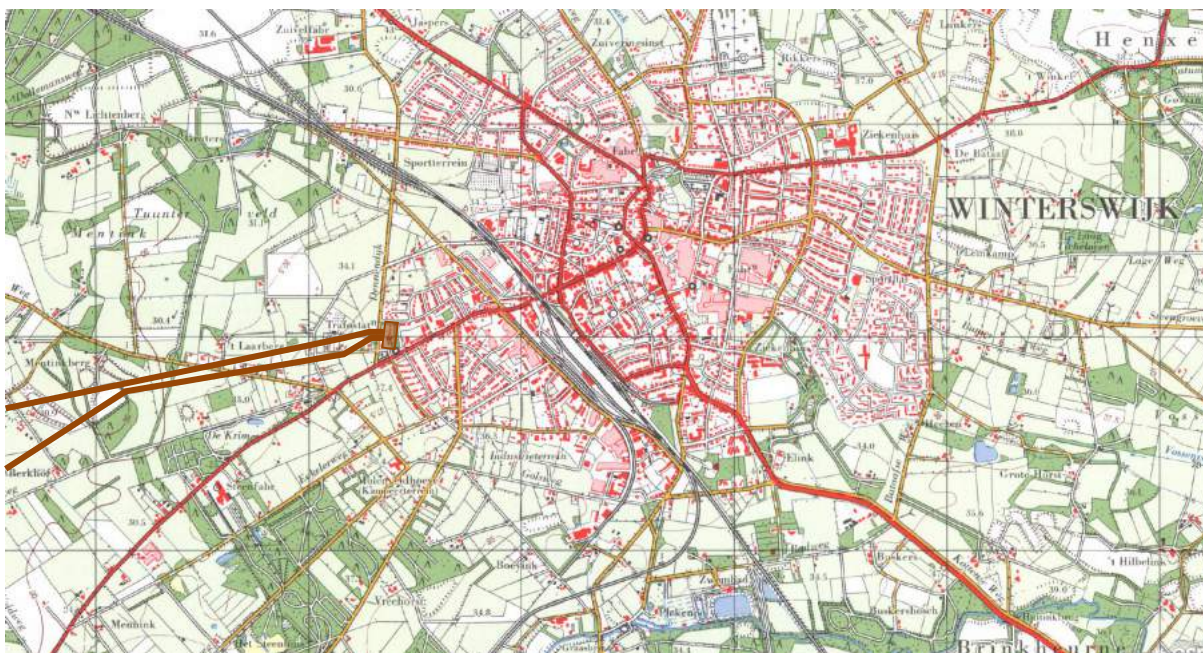
Beeld van de 50 kV-lijn bij Doetinchem. Deze foto uit een film is genomen in de buurt van het dorp Wijnbergen, in de korte tijd dat de 50 kV-lijn en de 150 kV-lijn richting Ulft naast elkaar stonden.

De lijn vertrok bij het aloude trafostation van Doetinchem in zuidelijke richting, parallel aan het huidige tracé van de 150 kV-lijn naar Ulft. Met enkele hoekmasten werd de koers al snel zuidoostelijk en had een lange rechtstand ten zuiden van Silvolde langs. In de buurt van Ulft werd de oude IJssel overbrugd, waarna het eerste deel van de lijn eindigde bij een 50 kV-station. Het vervolg van de verbinding ging met een noordoostelijke richting verder naar het plaatsje Dale bij Bredevoort. Het tracé kent hier weinig bijzonderheden en heeft weinig bochten. Bij Dale glooit het terrein licht. Na dit tussenstation kwam het laatste deel tot aan Winterswijk, waar de oude 50 kV-lijn ontmoet werd, zodat beide lijnen naast elkaar aan waren gesloten op het trafostation. Er zijn helaas geen foto's bekend van deze situatie, ook niet van het trafostation. Op de plek van het voormalige trafostation aan de Dennendijk staat heden een belastingkantoor.



Uit een folder van de VEEN uit de jaren tachtig is deze illustratie overgenomen. Het gaat om een wisselmast uit de lijn tussen Ulft en Winterswijk. Op de foto is de wisseling niet (meer?) aanwezig. De smalle boventraverse is kenmerkend voor de 50 kV-masten tussen Doetinchem - Winterswijk.

Zoals vermeld werd deze 50 kV-lijn al in 1977 vervangen door de buismastenlijn, althans het deel tussen Ulft en Winterswijk. Het eerste deel tot Doetinchem bleef nog even staan, hoewel ook daar een 150 kV-verbinding al werd gebouwd die de 50 kV-lijn zou vervangen. Pas nadat het 150 kV-station van Ulft in 1986 in gebruik werd genomen, kon de 50 kV-lijn vervallen. Dat was als laatste van de vier 50 kV-lijnen die in de jaren zeventig, tijdens het hoogtepunt van het 50 kV-net, rondom Doetinchem stonden. Na 1986 restte daar nog slechts het bovengrondse 150 kV-net.



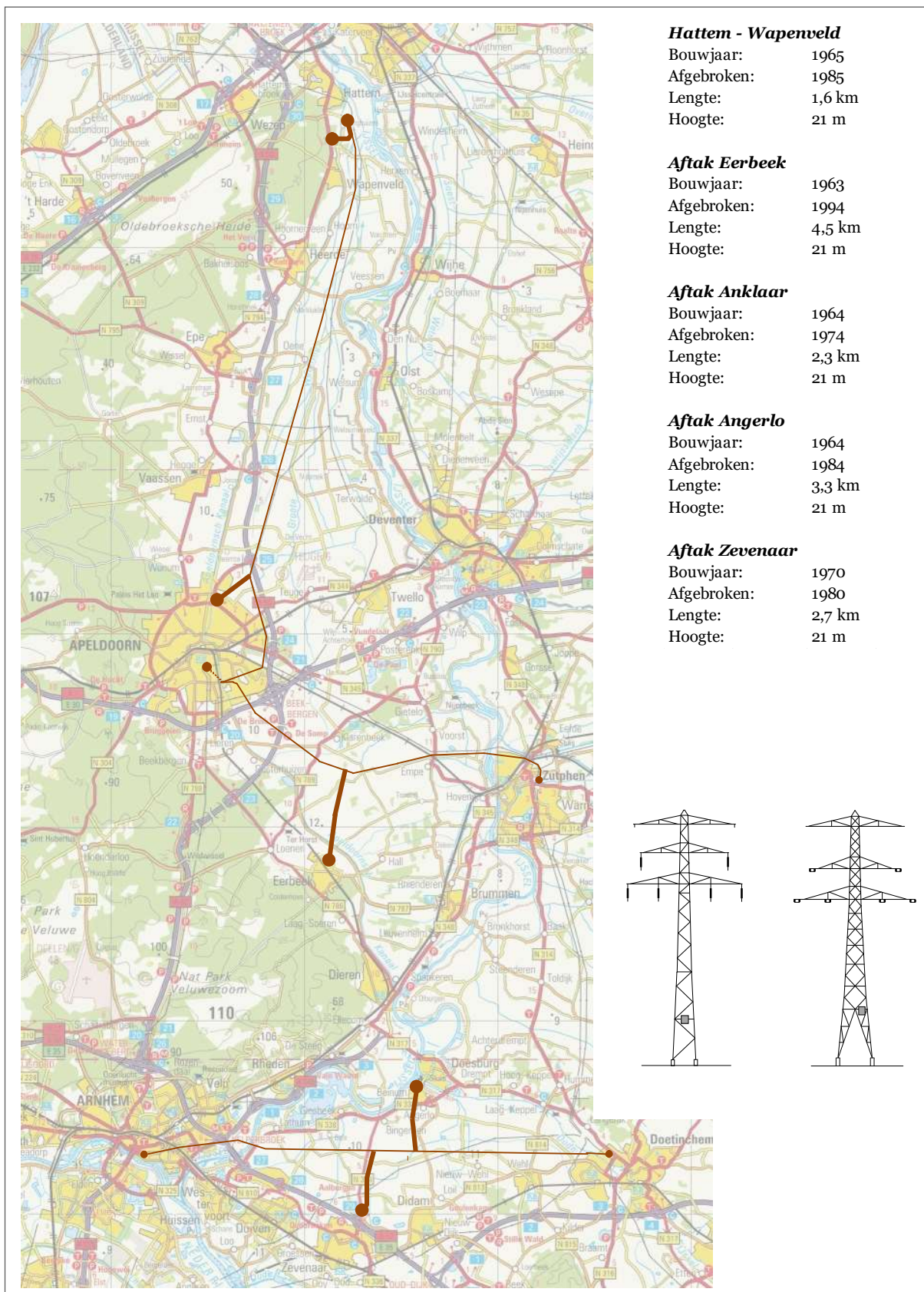
Het eindpunt van de twee 50 kV-lijnen zoals dat bij Winterswijk in de jaren zeventig aanwezig was. Aan de Dennendijk bij de watertoren bevond zich het 50 kV-trafostation. De bovenste lijn is de oude uit de jaren veertig stammende rechtstreekse verbinding met Doetinchem. De onderste lijn is de lijn via Dale en Ulft. Het rijke spoorverleden van Winterswijk is hier op deze kaart ook nog te zien.

9.3 Aftak Eerbeek

Deze lijn had ook de masten met smalle boventraverse, zodat dit ook een van de oudere lijnen uit dit tijdvak moet zijn geweest. De regio Dieren kent aardig wat industrie, zodat het geen verbazing wekt dat een aansluiting op het hoogspanningsnet benodigd was. Die kwam er aan het begin van de jaren zestig. Ook hier is het precieze bouwjaar onbekend. Het gaat om een korte aftakkingslijn vanuit een punt halverwege de 50 kV-lijn Zutphen - Apeldoorn, in zuidelijke richting tot Eerbeek. Uit kaartmateriaal blijkt dat het tot in de jaren zeventig ging om een dubbelcircuit aftakking, maar hierna wijzigde dat in een twee maal dubbelcircuitlijn, waarbij zelfs in de nabijheid sprake is geweest van een volwaardige vier-circuitmast! Door de aftakking werd de lijn tussen Zutphen en Apeldoorn volledig omgeleid via Eerbeek.



Beeld van de eindmast in Eerbeek. Jaartal onbekend. Het mastlichaam had enige gelijkenis met de hoekmasten in de lijn Culemborg - Tiel, dus een wat bredere mast dan de eerste versie van de 50 kV-lijnen uit dit tijdvak. Helaas zijn geen masten van dit type bewaard gebleven.



Overzichtskarta van de 50 kV-aftakingslijnen uit het tijdvak van de jaren zestig.

Opmerkelijk is dat eind jaren tachtig of begin jaren negentig de aftakkingslijn werd afgebroken, terwijl de doorgaande lijn Zutphen - Apeldoorn wel gehandhaafd bleef. Het afbreken werd ingegeven door een nieuwe 150 kV-kabelverbinding vanaf station Woudhuis naar Eerbeek. Er was bij de bouw van het station Woudhuis nog geanticipeerd op een bovengrondse verbinding, maar die kwam er uiteindelijk niet. Zo is dus deze 50 kV-lijn verdwenen, zonder bovengrondse opvolger. De plek van het 50 kV-station Eerbeek is pas in de jaren tweeduizend vrijgekomen.

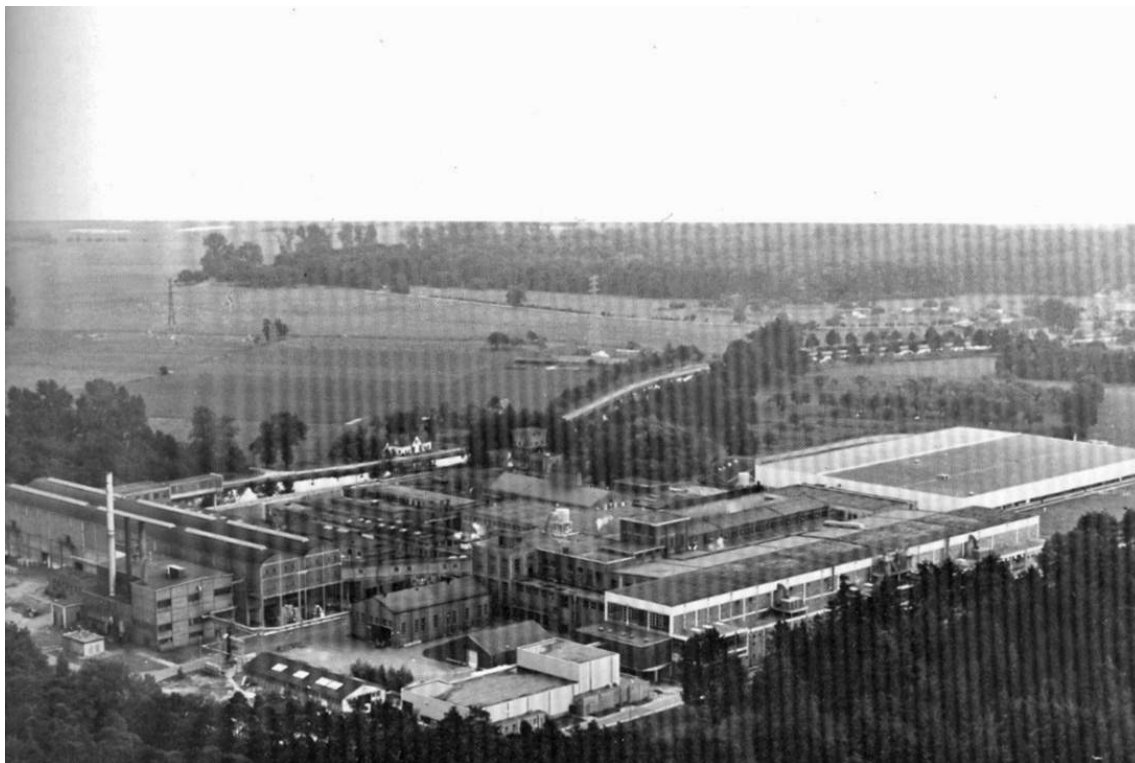
9.4 Hattem - Berghuizen

Deze korte verbinding liep vanaf het 150 kV-station van Hattem, tot het verlegde eindpunt van de 50 kV-lijn uit Apeldoorn, die nu bij Wapenveld eindigde. De reden was mogelijk de energiebehoefte van de Berghuizer Papierfabriek. De verbinding bestond uit twee rechtstanden verbonden via twee hoekmasten die bij elkaar een scherpe bocht maken. Daarmee veranderde de richting van zuidelijk in westelijk. Het Apeldoorns Kanaal dat tot begin jaren zeventig nog scheepvaart kende, werd overbrugd met een enkele kruisingsmast. Waarschijnlijk hadden de masten een brede boventraverse.



Kaartfragment uit 1965. De twee 50 kV-lijnen bij Hattem zijn hierop duidelijk te zien. Vanuit het zuiden naderde de lijn uit Apeldoorn en boog af richting het westen om bij de spoorlijn te eindigen. De korte verbinding vanuit Hattem maakte eveneens een bocht om bij het eindpunt te komen. Het Apeldoorns kanaal werd overbrugd.

Na circa 1974 werd de 50 kV-lijn vanuit Apeldoorn afgebroken (vervangen door 150 kV) zodat deze korte lijn vanuit het 150 kV-station van Hattem als enige hoogspanningsverbinding naar het punt bij de Berghuizer papierfabriek doorliep. Nadat op het station van Hattem een 50 kV-gedeelte in gebruik was genomen, werd aan het einde van de jaren tachtig de 50 kV-lijn afgebroken. Op de plek van het voormalige eindpunt bij Wapenveld staat nu nog een telecomgebouw.



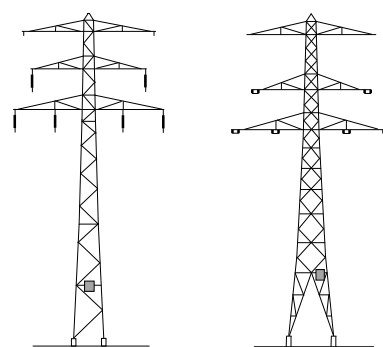
Luchtfoto uit begin jaren tachtig van de Berghuizer Papierfabriek met op de achtergrond twee masten van de korte lijn naar Berghuizen (Wapenveld). Een verhoogde mast is te zien.

9.5 Nunspeet - Harderwijk



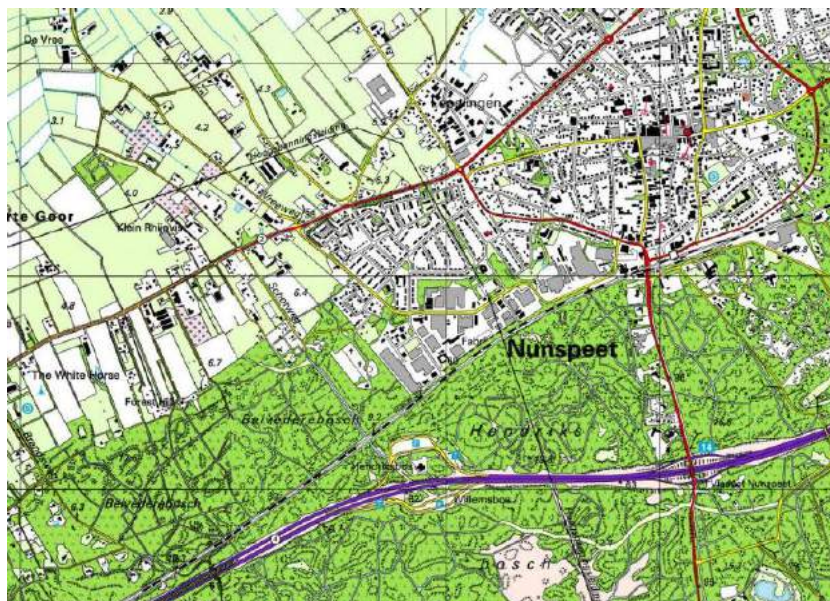
Nunspeet - Harderwijk

Bouwjaar:	1961
Afgebroken:	2001
Lengte:	12,0 km
Hoogte:	21 m



Overzichtskaart van de 50 kV-lijn Nunspeet - Harderwijk.

Een wat langere en volwaardige lijn uit dit tijdvak is de verbinding tussen de Veluwe plaatsen Harderwijk en Nunspeet. Laatstgenoemde plaats had al sinds de jaren vijftig een trafostation dat vanuit Kootwijk werd gevoed, deze lijn werd dus doorgetrokken naar Harderwijk. Via een tweede verbinding naar Nijkerk ontstond een nieuwe ringstructuur over Kootwijk, Ede, Nijkerk - Harderwijk - Nunspeet. Het bouwjaar wordt geschat aan de hand van topografische kaarten en hun verkenningdatum op 1963. We zien de typische 50 kV-mast in de lijnen verschijnen, nu voorzien van de bredere boventraverse.

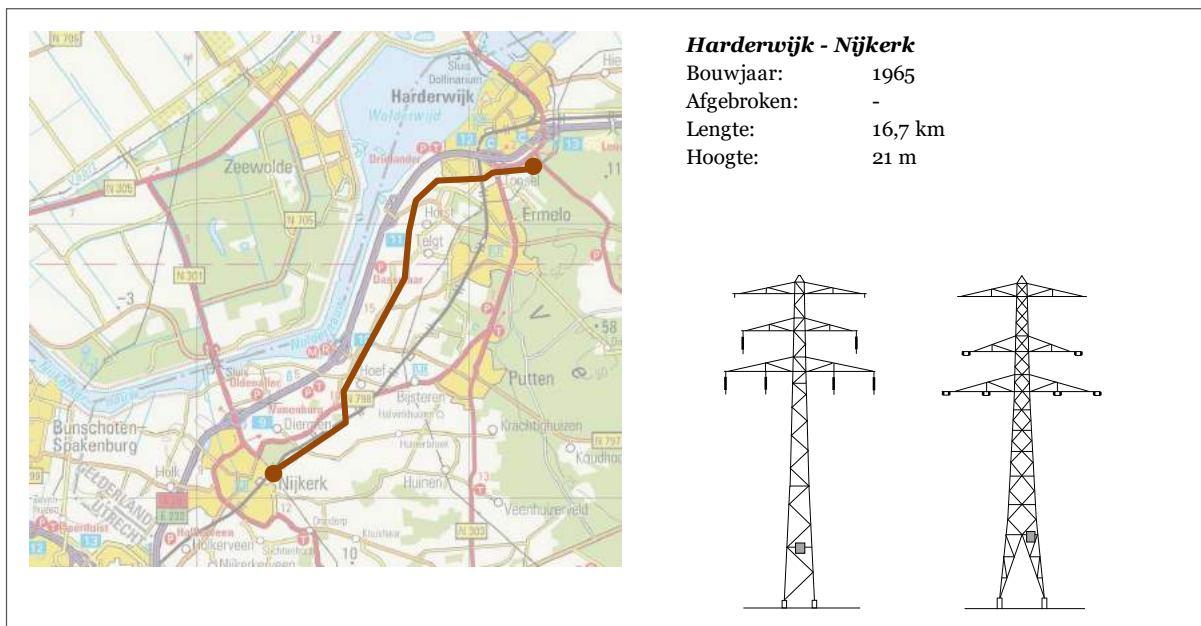


Kaartfragment uit 1999 van de 50 kV-lijnen die door Nunspeet liepen. Het trafostation is te herkennen ten noorden van de spoorlijn. De lijn naar Harderwijk liep vanaf het station tussen twee huizenblokken door in een smal parkje. Na de N310 boog de lijn met twee hoekmasten af. Op die plek eindigt de huidige vervangende lijn met buismasten.

Het tracé liep door Nunspeet eerst in noordwestelijke richting weg, later nam na de kruising van de doorgaande weg tussen Nunspeet en Harderwijk, de lijn een zuidwestelijke koers aan. In Nunspeet raakte de lijn door de jaren heen ingesloten door de bebouwing, met een groenstrook waren de masten op een gegeven moment ingepast. De bebouwing en bossen werden zo effectief vermeden. De lijn bevond zich dan ook niet erg in het zicht vanaf de weg gezien. Na het plaatsje Hierden kwam de lijn weer "terug" en kruiste meerdere wegen, waaronder de spoorlijn en de A28, die juist aangelegd was tijdens de bouw van deze lijn. Twee verhoogde hoekmasten overbruggden de weg. Hierna volgde nog een mooi stukje door de bossen, militair oefenterrein. De 150 kV-driecircuitlijn zette deze 50 kV-verbinding wel in de schaduw op deze plek. Zeker aangezien die lijn over de berg liep, terwijl de 50 kV-lijn erachter langs ging. De lijn eindigde bij het trafostation dat op korte afstand lag van de weg tussen Harderwijk en Voorthuizen. Er werd niet aangetakt op een portaal, maar er werd aangesloten op een ondergrondse kabel omdat het 50 kV-gedeelte zich achter het 150 kV-deel bevond. Typisch aan het station in Harderwijk is dat alle vier de lijnen tussen circa 1963 en 1966 gereed kwamen.

In de winter van 2001 is deze lijn als onderdeel van de "nuon-afbraakgolf" geheel afgebroken en vervangen door een nieuwe lijn van buismasten. Vooralsnog hebben die ook de spanning van 50 kV, zodat deze vervangende lijn vooralsnog niet werkelijk iets lijkt toe te voegen. Want hoewel er potentiële invoeding vanuit Kootwijk wegviel met de afbraak van die lijn, blijft de huidige vervangende lijn Harderwijk - Nunspeet een steeklijn, zodat ook met de nieuwe masten er geen verbetering in de robuustheid is. Alleen bij een spectaculaire groei van de belasting zou er met de 50 kV-spanning een knelpunt ontstaan als een circuit vanwege onderhoud tijdelijk afgeschakeld zou moeten worden.

9.6 Harderwijk - Nijkerk



Overzichtskartaal van de 50 kV-lijn Harderwijk - Nijkerk.

Deze hoogspanningslijn is te oordelen aan kaartmateriaal net iets jonger dan zijn evenknie vanuit Nunspeet. Het precieze bouwjaar is echter moeilijk na te gaan aangezien de eerste topografische kaart waar de lijn op verschijnt dateert uit 1974 en andere bronnen nog niet beschikbaar zijn. Het masttype is gelijk aan de lijn Harderwijk - Nijkerk.

Vanaf het station in Harderwijk liep de verbinding eerst in westelijke richting weg, waardoor de plaats Ermelo met een ruime noordelijke boog gepasseerd werd. Het spoor werd met twee op korte afstand van elkaar staande hoekmasten overbrugd, iets wat niet ongebruikelijk was in die tijd. Tussen Ermelo en Nijkerk liep de verbinding grotendeels door open landschap, maar enige kilometers ten westen van Putten kwam de lijn weer in de buurt van de spoorlijn terug omdat het trafostation in Nijkerk direct nabij het spoor lag. Wederom werd de spoorlijn gekruist met twee hoekmasten, ditmaal ook met een echte bocht. Er volgde nog een wisselmast, goed zichtbaar vanuit de trein, voordat de lijn bij het trafostation in Nijkerk eindigde met een eindmast.



De twee masten aan weerszijden van de spoorlijn tussen Harderwijk en Putten. In 2005 gefotografeerd kort voordat vanwege een nieuwbouwwijk een gedeelte van de lijn direct na deze afspanmast met nummer 11 werd vervangen door een kabelverbinding.

Tot 2006 was deze gehele lijn nog aanwezig, sinds toen is echter bij Harderwijk een deel vervangen door een ondergrondse kabelverbinding. Het gaat om de masten 12 t/m 16. Het is dus nu een van de weinig overgebleven bovengrondse 50 kV-lijnen.

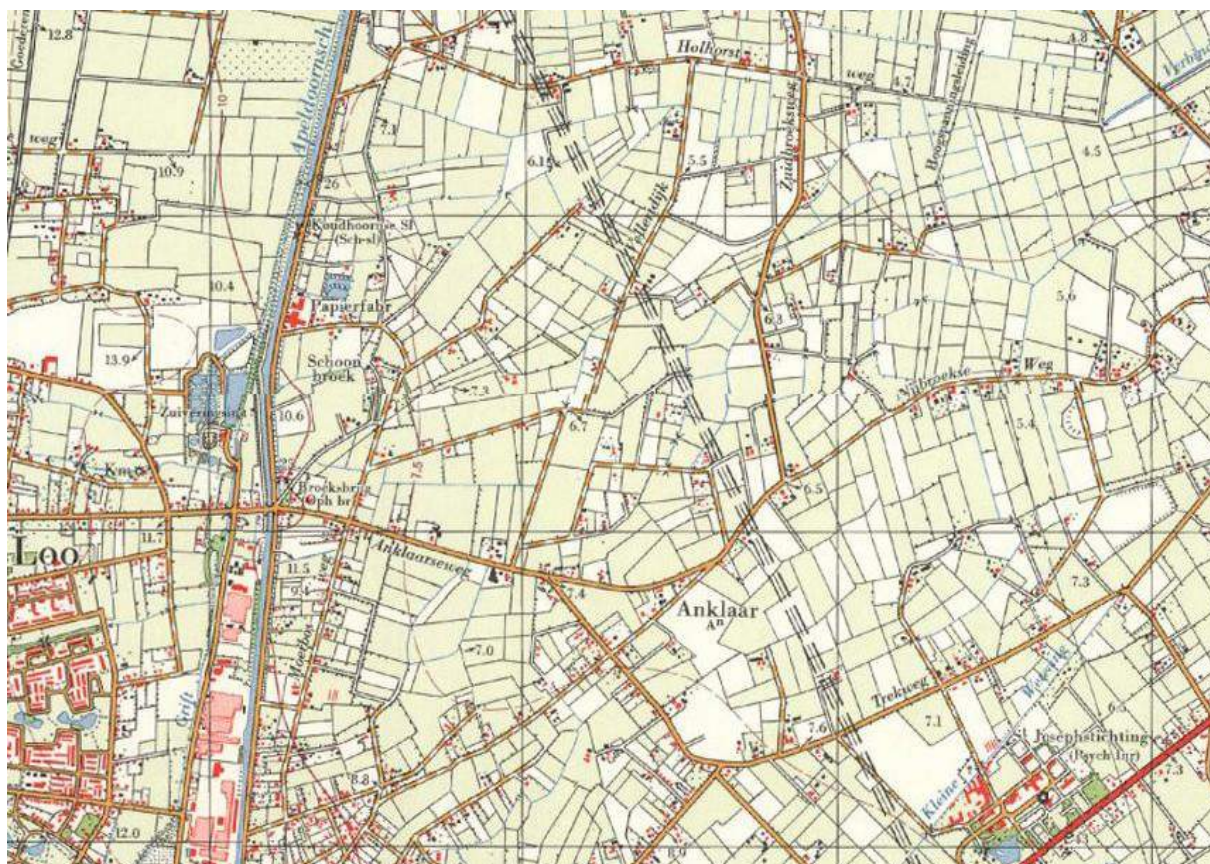
9.7 Aftak Anklaar

Een zeer korte lijn die ook maar kort aanwezig is geweest is de 50 kV-aftakkingslijn naar Apeldoorn Anklaar, aan de noordkant van de stad. Vanaf een hoekmast in de enkelsluitlijn tussen Apeldoorn en Hattem werd een dubbelsluit aftak gerealiseerd, die dus de lijn opdeelde in een stuk Apeldoorn - Anklaar en een stuk Anklaar - Hattem. Het bouwjaar is waarschijnlijk de tweede helft van de jaren zestig geweest.

Er zijn meerdere foto's van deze lijn te vinden in het Apeldoornse beeldbank dankzij een actieve fotograaf vanuit een nabijgelegen flat. Daardoor staat vast welk masttype er gebruikt was. Het moeten dezelfde masten zijn geweest als de andere lijnen in dit tijdvak, met de brede boventraverse. Met de komst van de zware 150 kV verbinding tussen Hattem en Woudhuis verdween de 50 kV-lijn tussen beide plaatsen, hierdoor was de aftak naar Anklaar niet meer te handhaven. In de plaats hiervoor werd een ondergrondse kabel door Apeldoorn aangelegd, zodat al binnen tien jaar de bovengrondse aftak afgebroken werd.



De eindmast van de aftakingslijn naar Anklaar, gezien vanuit een flat aan de Parelvisserstraat. Datering circa 1968.



Een kaartfragment uit 1965 waarop de aftakking naar Anklaar zichtbaar is. Vanaf de hoekmast die op dezelfde plek staat als de huidige 150 kV-hoekmast naast de A50 begon een korte lijn naar een trafostation aan de Anklaarseweg. Het ingetekende wegtracé is niet het gerealiseerde tracé van de A50.

9.8 Aftak Angerlo

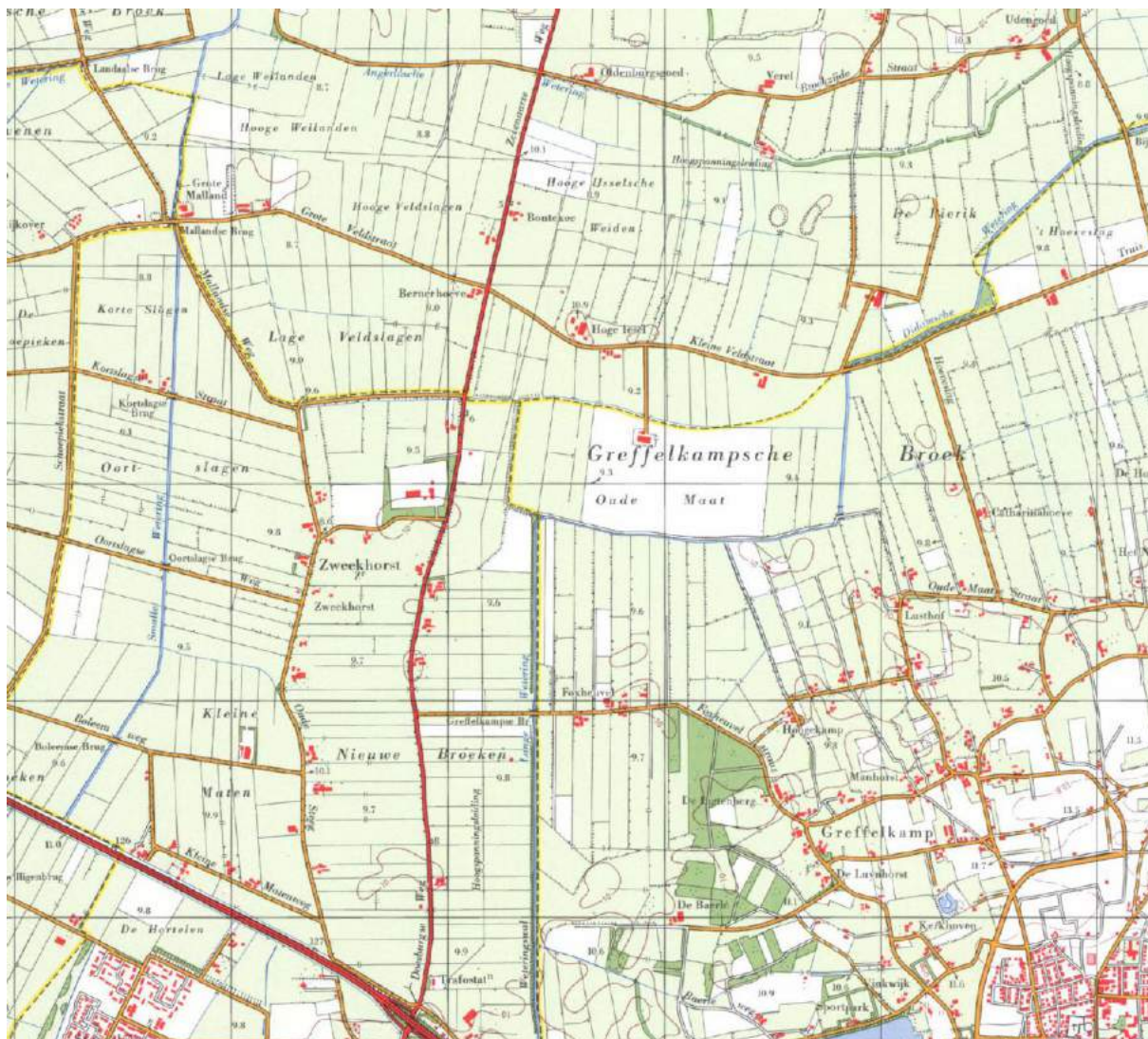
Nog een aftakingslijn in de regio Arnhem is de aftak in noordelijke richting vanaf de doorgaande lijn Arnhem - Doetinchem naar Angerlo bij Doesburg. Er zijn tot heden geen foto's van bekend. Maar van ooggetuigen is duidelijk geworden dat het hier ook ging om het masttype dat gangbaar was in de jaren zestig. De lijn had 13 masten. Ook uit topografisch kaartmateriaal blijkt dat de lijn van begin jaren zestig dateert. Het ging om een relatief kort stuk, dat een flauwe bocht had. Volgens de verslagen van de PGEM werd in 1984 een kabelverbinding vanuit Doetinchem in gebruik genomen, waarmee het lot van de 50 kV-lijnen tussen Doetinchem en Arnhem bezegeld was. Nog in datzelfde jaar verdwenen de masten uit het open landschap tussen Zevenaar en Doesburg.



Tracé van de aftak Angerlo. Kaartmateriaal 1966. Onderin de west-oost lopende lijn Arnhem - Doetinchem.

9.9 Aftak Zevenaar

Dit is de verbinding geweest die misschien wel het meest kort heeft bestaan. Hij komt slechts op één kaartblad uit de jaren zeventig voor. De aftak ontsprong vanaf de lijn Arnhem - Doetinchem, twee kilometer oostelijk van waar de aftak Angerlo begon. Hooguit 16 masten stonden in de aftakkingslijn. De aftak begon waarschijnlijk bij een portaal dat halverwege twee masten in de doorgaande lijn stond. Het tracé liep in een pal zuidelijke koers naar Zevenaar, maar stopte aan de doorgaande weg, voordat de plaats zelf werd bereikt. Het is niet duidelijk of zich daar een 50 kV-station bevond. Tegenwoordig lijkt er een ander gebouw te staan. Waarschijnlijk is de lijn eind jaren zeventig vervangen door de 150 kV-aftak aan de oostkant van Zevenaar.

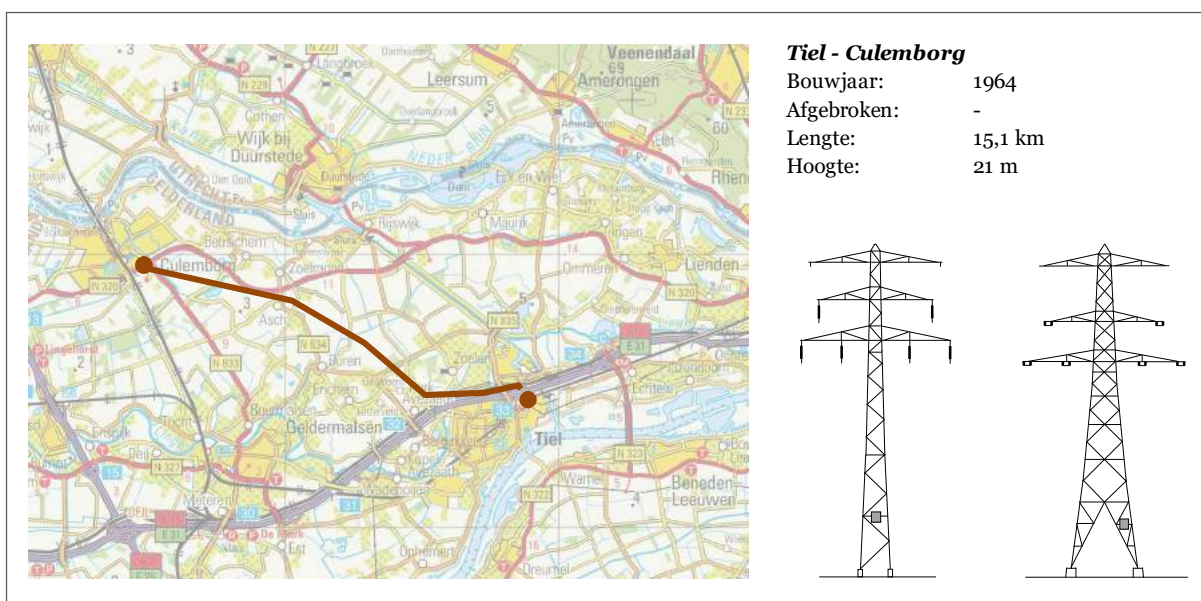


Kaart van de aftak Zevenaar. Met 16 masten een zeer korte lijn die ook nog eens zeer kort heeft bestaan.

9.10 Tiel - Culemborg

Het 50 kV-net breidde zich met deze lijn nog verder in westelijke richting uit. Vanaf Tiel dat zowel een 50- als een 150 kV-station had kwam een nieuwe verbinding met het noordwestelijk in de provincie gelegen Culemborg tot stand. In de lijn werden soortgelijke masten als de overige lijnen van dit tijdvak toegepast, echter de hoekmasten waren van een afwijkend type. Het mastlichaam was namelijk duidelijk wijder dan bij de masten in de andere lijnen. De traverses waren wel vergelijkbaar. De hoekmast is daardoor wat plomper in aanzien dan zijn evenknie in andere 50 kV-lijnen.

Bij Tiel werd de nieuwe lijn parallel naast de bestaande 50 kV-enkelcircuitverbinding naar Neerijnen geplaatst. Op het moment dat die laatste naar het zuiden afboog, kreeg de lijn naar Culemborg een knik richting het noordwesten, zodat de bundeling ophield. Vanaf deze hoekmast nummer 10 kreeg het tracé een behoorlijk rechtlijnig karakter, mogelijk vanwege het landelijke gebied ten noorden van de plaats Buren. Twee flauwe knikken laten de lijn ten zuiden van Culemborg aankomen. Met nog een knik bij de voorlaatste mast werd het station bereikt.



Overzichtskartaal van de 50 kV-lijn Tiel - Culemborg.

De lijn is voor het grootste deel nog aanwezig, als een van de weinige 50 kV-lijnen. Bij Tiel is wel vanwege de inpassing van de A15 en de Betuweroute het een en ander gewijzigd. Na Aanleg van de A15 werd het eerste deel van de oude 50 kV-verbinding naar Neerijnen afgebroken. De lijn naar Culemborg bleef staan, zij het met een verplaatst beginpunt. Met een harde aftak op hoekmast 10 werd de oude 50 kV-lijn naar Neerijnen gevoed. In het begin van de jaren tachtig verdween ook het restant van de 50 kV-lijn, waarmee de aftak verdween. Vanwege de Betuweroute is omstreeks 2000 de lijn een stuk verplaatst. Daarvoor werd een aantal masten afgebroken en vervangen door nieuwe exemplaren. Tevens werd het eindpunt verder naar het westen opgeschoven. De vervangende masten zijn van een ander geheel nieuw type, dat we ook bij andere vervangingsprojecten uit deze tijd tegenkomen rondom de Betuweroute en bij Nijmegen. Naast een andere opbouw van het mastlichaam kenmerken ze zich door het feit dat de traverses een stomp einde hebben en de boventraverse zelfs van "kattenoren" is voorzien. Deze kenmerken zijn geheel niet terug te vinden in de originele masten zodat dit mastontwerp niet past bij het originele karakter van de lijn.

Op 13 november 2017 kwam een Apache-helikopter van Defensie in botsing met de twee bliksemdraden tussen mast 46 en 47. De masten bleven staan, maar er ontstond wel een storing doordat de gebroken bliksemdraden in aanraking kwamen met de beide circuits in de lijn. Om 1 uur op 14 november was de lijn weer in bedrijf. Frappant is dat het ongeval bijna 10 jaar plaatsvond na een soortgelijk incident in de lijn Tiel - Zaltbommel van december, de gevolgen waren toen echter groter.



Mast 30 van Culemborg - Tiel, september 2008. De hoekmasten in deze lijn hadden en duidelijk breder broekstuk dan de masten in de andere lijnen van dit tijdvak. Bovenstaande mast is tevens wisselmast (geweest).



Mast 47 werd na de botsing van de Apache met de bliksemdraden in november 2017 op de proef gesteld.

10 TONMASTENLIJNEN DEEL II

Het vervolgtijdperk van de eerste serie 150 kV-lijnen waarin de typische Gelderse tonmasten voorkwamen, brak aan in de tweede helft van de jaren zestig. Er is geen ander tijdvak te bedenken dat de lijnenbouw zo glorieerde, een beeld dat ook in andere provincies is vast te stellen. In de eerste helft van het decennium zagen we bij de PGEM nog de laatste uitbreidingen van het 50 kV-net, zoals beschreven in het voorgaande hoofdstuk. Hierna werd echter er alleen nog met 150 kV nieuwbouw uitgevoerd. In de tweede helft van de jaren zestig moeten gelijktijdig vele projecten aan de orde zijn geweest. In dit hoofdstuk komen de nieuwe 150 kV-lijnen aan bod waarin de masten van het tontype zichtbaar zijn. Het volgende hoofdstuk gaat in op de driecircuitmasten die in hetzelfde tijdvak in de Flevopolder werden gebouwd.

Hoogspanningslijn	Spanning	Lengte	Bouwjaar	Vervallen	Masttype
Zutphen - Apeldoorn Woudhuis	150 kV	14,7	1967	-	Tonmast
Zutphen - Lochem	150 kV	12,1	1967	-	Tonmast
Dodewaard - Dodewaard GKN	150 kV	3,0	1967	2004	Enkelcircuit deltamast
Aftak Vaassen	150 kV	5,8	1967	-	Tonmast
Interne lijn Dodewaard	150 kV	0,3	1969	-	Tonmast

Tabel: lijnen uit het tijdvak van de tweede helft van de jaren zestig waarin met name de tonmasten werden toegepast.

De lijnen met tonmasten werden gebouwd vanaf Zutphen en er was een aftakkingslijn naar Vaassen. Hoewel de masten ogenschijnlijk niet verschillen van de masten van de vorige generatie, zijn er punten die afwijken, sommige zichtbaar van afstand, andere punten alleen in detail. Duidelijk zichtbaar is dat de masten zich onderscheiden door het ontbrekende kruisblok boven de bliksemtraverse. Het topstuk van de nieuwe versie is ter compensatie hoger, waarmee de totale hoogte van de mast gelijk is gehouden. Behalve dit genoemde punt zijn de nieuwe masten wat hoofdafmeting en vorm gelijk aan de oude. Dat geldt ook voor de wijze waarop de isolatorkettingen zijn uitgevoerd. Een enkele ketting als basis, bij wegkruisingen een dubbele verticale ketting. De traverse eindigt behoorlijk "breed" vanwege deze dubbele ketting. De bodemplaat van de traverse is zelfs een rechthoek, zeer uitzonderlijk.



Masten in de aftakkingslijn naar Vaassen, augustus 2016. Het missende kruisblok boven de bliksemtraverse van de steunmast is het meest opvallende onderscheid met de vorige generatie van de tonmasten.

Wisselmasten zijn ook aanwezig, het type lijkt gelijk aan de vorige versie. Naast het genoemde uiterlijke verschil zijn bij de nieuwe versie constructiedetails vereenvoudigd, wat minder opvallend is. Als voorbeeld hiervan is aan te geven dat de verbinding met de fundering niet meer ankerbouten en een voetplaat is uitgevoerd, maar met een in de funderingspaal ingestort profiel. De kleine veranderingen hebben nauwelijks invloed op het voorkomen van de masten, ook van de nieuwe versie kan dus gerust gezegd worden dat het een heel fraai ontwerp is en kenmerkend is voor de masten in Gelderland.

10.1 Apeldoorn - Zutphen

Het huidige station Apeldoorn Woudhuis bestond in de jaren zestig nog niet. Voor de verbinding naar Zutphen werd gebruikgemaakt van de bestaande 150 kV-lijn naar Hattem, via Terwolde. Een afspanmast bij de spoorlijn Apeldoorn-Zutphen werd tot driewegsmast verbouwd, zodat de zuidelijke circuits konden aftakken. Direct naast de verbouwde mast die thans nog steeds bestaat, kwam de eindmast van de nieuwe lijn te staan. Na de eindmast kruiste de lijn de snelweg A1 met een verhoogde mast en liep verder parallel aan de spoorlijn in de richting van Voorst. Met een kleine S-bocht ging het laatste deel van het tracé zelfs dicht langs de spoorlijn. Kort voor Voorst boog de lijn echter naar het noorden af, en volgde vanaf dat punt het tracé van de bestaande 50 kV-lijn die meer vanuit een zuidelijke richting kwam. Beide lijnen bleven tot aan het station in Zutphen op enige afstand bij elkaar, waarbij de rivier de IJssel met hoge masten werd gekruist. Ook voor de overbrugging van de spoorlijn en doorgaande weg tussen Zutphen en Deventer werden hogere masten toegepast, beide wegen lagen op een hoog talud vanwege het Twenthekanaal. De hoogspanningslijn bleef wel zuidelijk van het kanaal en boog kort na de spoorlijn in zuidelijke richting af om zo bij het trafostation in Zutphen aan te komen. Daar stond al enige jaren de eindmast van de 150 kV-lijn uit Doetinchem, echter aan de andere zijde van het station. In hetzelfde jaar als de bouw van Zutphen - Apeldoorn verscheen ook de eindmast van Lochem, zodat de huidige situatie met drie eindmasten werd bereikt. De lijn had drie wisselmasten.



Mast 14 van Apeldoorn - Zutphen. In het vakje tussen 13 en 16 buigt de lijn af naar de spoorlijn om tot Empe relatief dichtbij de spoorlijn te lopen. Foto uit april 2010.

Tot 2014 is er weinig veranderd aan de hoogspanningslijn, met uitzondering van GSM-antennes. In dat jaar werd echter vanwege het ruimte voor de rivier-project hoekmast 34 vervangen door een nieuw exemplaar op betonnen voet. Hierdoor maakt het tracé nu een flauwe bocht bij de naastgelegen steunmasten, waarvoor deze versterkt werden met extra knikverkorters. Helaas werd de nieuwe hoekmast rijk voorzien van ontsierende leuningen die het uiterlijk voorkomen van de mast geen goed

hebben gedaan. Bij de twee aangrenzende steunmasten, waaronder de hoge kruisingsmast, kwamen na de ingreep de isolatoren onder een permanente hoek met de verticaal te hangen. Dat heeft eveneens afbreuk gedaan aan het beeld van de IJsselkruising.



De vervangende mast 34 en de oorspronkelijke hoekmast aan de westkant van de IJsselkruising. In februari 2014 verscheen deze mast die een steviger fundament kreeg, noodzakelijk omdat de dijken verlegd werden en bij hoge waterstanden hier water (met ijsgang) zou kunnen staan.

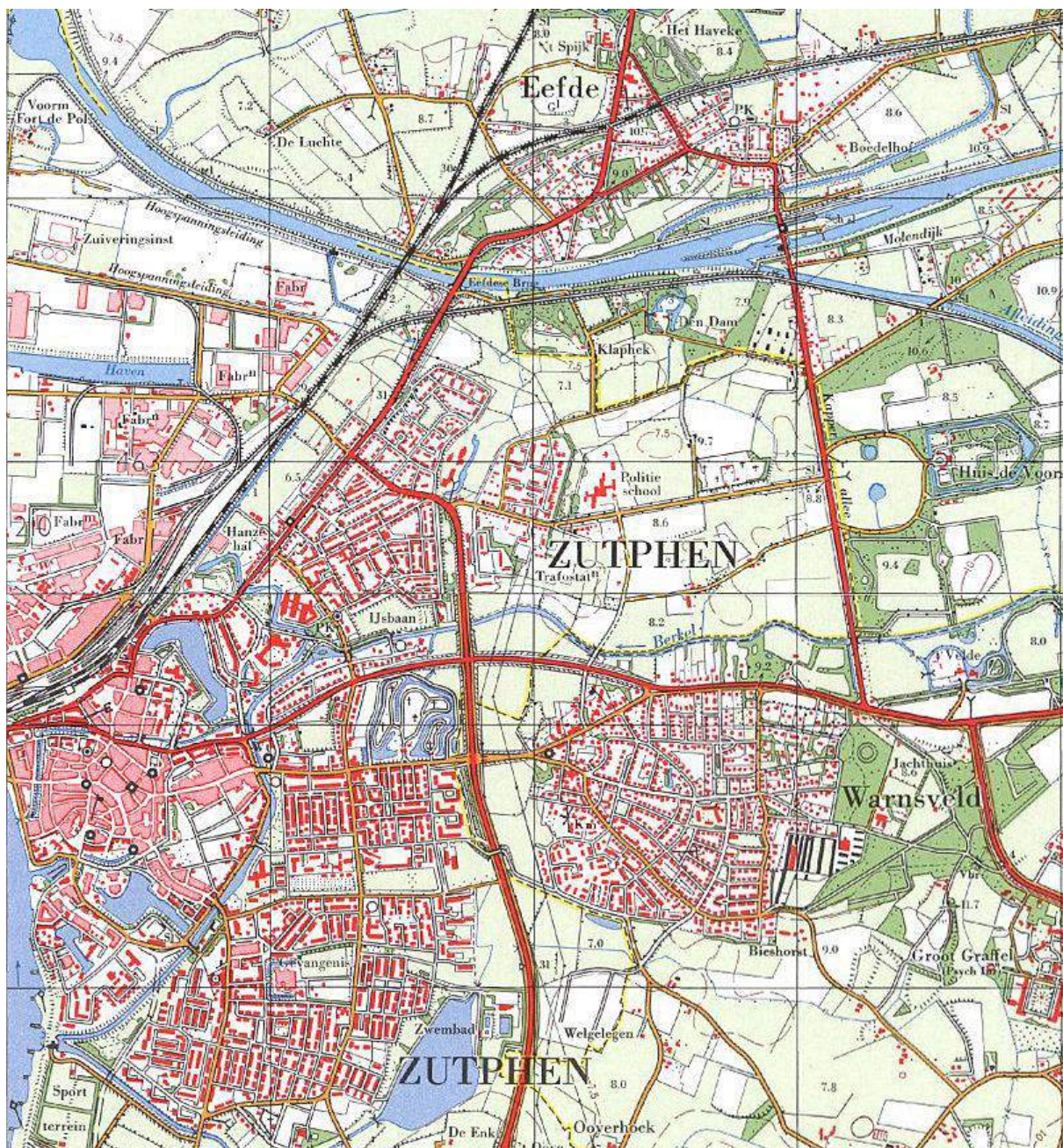
10.2 Zutphen - Lochem

In Zutphen kwam aan de noordkant van het station een tweede lijn erbij, deze werd geplaatst naast de 150 V-lijn naar Apeldoorn. Het gaat om een vrij korte verbinding die echter voor een aanzienlijk deel al afgebroken is vanwege de 380 kV-lijn tussen Hengelo en Doetinchem. Het bouwjaar is 1968 wat is afgeleid van een archieffoto en de netkaart. De SEP-jaarverslagen vermelden pas in 1974 iets over Zutphen - Lochem. In dat jaar werd het 150 kV-station in laatstgenoemde plaats in gebruik genomen. Het is niet precies bekend hoe de situatie tussen 1968 en 1974 was in Lochem, mogelijk was er een provisorisch station in gebruik. Het masttype was gelijk aan de overige 150 kV-lijnen uit deze tijd, de wat gemodificeerde tonmast van de eerste generatie uit de jaren vijftig. Er waren zeer waarschijnlijk drie wisselmasten in de lijn aanwezig, maar na de afbraak van een groot gedeelte van de lijn in 1990 vanwege 380 kV Doetinchem - Hengelo, is nog slechts een wisselmast overgebleven.



Mast 6 bij Eefde, maart 2014. Een imposante verhoogde mast vanwege de overspanning over het afwateringskanaal van de Berkel en de weg tussen Eefde en Warnsveld. Op de achtergrond mast 5, een voormalige wisselmast.

Het tracé liep grotendeels mee met het Twenthekanaal. In de nabijheid van station Zutphen stonden de masten naast die van de vrijwel gelijktijdig gebouwde lijn naar Apeldoorn. Maar na drie masten boog de Lochemse lijn in oostelijke richting af. Via een aantal vrij scherpe knikken met een wisselmast, een verhoogde mast werd het Twenthekanaal bereikt in de buurt van de sluizen van Eefde. Hierna vervolgde de lijn zijn koers in een overwegend oostelijke richting, slechts enkele flauwe bochten kwamen erin voor.



Zutphen op een topografische kaart uit 1976. Op deze kaart zijn alle in Zutphen gebouwde 50- en 150-kV-lijnen te zien. De 50 kV-lijn vanuit Apeldoorn is al ten noorden van het trafostation ingekort naar het stijgpunt dat tot de afbraak van die lijn het eindpunt zou vormen.

Direct ten noorden van Almen liep de lijn door beboste omgeving. De verbinding liep vanwege de knikken in het tracé niet precies langs het Twenthekanaal. Kort voorbij Almen was een vak van twee hoekmasten met een steunmast ertussen aanwezig. Hierna volgde weer een lange rechtstand tot Lochem. Kort voor de plek van het trafostation was nog een kleine knik aanwezig. In het vak tot de eindmast werd de Berkel overspannen. De eindmast van de lijn bevond zich ten zuiden van het station en had een unieke brede vorm, bij geen andere lijn kwam deze mast voor. Mogelijk is de wat afwijkende eindmast bij Lochem te verklaren uit de wat late ingebruikname van het station, deze eindmast is dan later gebouwd.



Eindmast 38 bij Lochem, februari 2013. Deze is van een uniek type, licht verlaagd met verbrede traverses.

Al in 1990 moest een groot gedeelte van de lijn plaatsmaken voor de nieuwe 380 kV-lijn, Het gaat om het stuk tussen Eefde en Klein Dochteren, mast 12 tot en met 31. Een aanzienlijk deel dus. Bij Eefde eindigt het bovengrondse stuk nog met een hoekmast, bij Klein Dochteren gaan de kabels net na de kruising met het riviertje de Berkel, direct van een steunmast naar het eindportaal. De 380 kV-lijn kwam nagenoeg op de plek van de 150 kV-lijn. Er was blijkbaar geen ruimte of mogelijkheid om de lijnen naast elkaar te plaatsen. Met name bij Almen zal dat problematisch zijn geweest. In tegenstelling tot Overijssel waar men een combilijn 380/110 kV bouwde, durfde men het blijkbaar niet aan om een 380/150 kV-lijn te bouwen, of de combimasten zouden wellicht te groot zijn geworden. Overige wijzigingen aan de lijn zijn zeer beperkt geweest tot enkele GSM-antennes.

10.3 Aftak Vaassen

In de jaren zestig werd een korte aftak gebouwd vanaf de 150 kV-lijn tussen Terwolde en Hattem. In een haakse richting ten opzichte van de noord-zuid georiënteerde lijn vertrok deze verbinding in westelijke richting naar de Veluwe. Het aftakkingspunt werd gevormd door een tot driewegsmast verbouwde hoekmast. In het tracé komen enkele verhoogde masten voor. Eerst een op de plek waar de voormalige 50 kV-lijn Apeldoorn - Hattem werd gekruist en twee bij de overspanning van de A50 en het Apeldoorns kanaal. Kort hierna boog de lijn met drie hoekmasten in zuidelijke richting af en kwam aan bij het 150 kV-station, dat zich dicht bij de oude spoorlijn Apeldoorn - Zwolle bevond. De gehele lijn is heden nog aanwezig, er hebben zich geen ingrijpende wijzigingen plaatsgevonden.



Mast 2 van de aftakkingslijn naar Vaassen, november 2014. Op de achtergrond mast 4, de enige wisselmast in de lijn.

10.4 GKN (Centrale Dodewaard) - Dodewaard

De kerncentrale Dodewaard was de eerste kernenergiecentrale in Nederland. In 1957 begonnen de voorbereidingen, in 1965 was de centrale gereed en in gebruik. De centrale was van het BWR - type, dat wil zeggen dat de stoom die wordt gevormd in het drukvat als primair circuit direct de turbines aandrijft. Het elektrisch vermogen van de centrale was relatief gering met 50 MW. Het volstond daarom om een hoogspanningsleiding met slechts één circuit te bouwen. Het masttype was een deltamast. Bij deze masten splitst de toren zich in tweeën en in de twee schuin omhooggaande punten is een horizontale draagbalk opgehangen. Het bovenstuk van de mast heeft wel wat gelijkenis met de veel grotere drie-circuitmasten in de Flevopolder die uit dezelfde tijd stammen. Dit masttype komt verder nog voor bij de voedingslijnen van de Flevocentrale en van de centrale Nijmegen bij de laatste uitbreiding, zij het in een zwaardere versie.



Eindmast 1 van de korte verbindingslijn van de centrale Dodewaard. Foto uit de jaren tachtig, let op de hoge hekken.

Het lijntje zelf was van korte lengte, 12 masten stonden erin. Op enige afstand van de centrale begon de lijn bij een stijgpunt, op het verhoogde buitendijkse terrein. Het had halverwege een kleine bocht in het tracé. Maar nabij Dodewaard waren enkele interessante kruisingen aanwezig, met de autosnelweg A15 en met de oude 50 kV - lijn tussen Hemmen en Tiel. De lijn eindigde bij het grote trafostation, naast de verbinding uit Nijmegen.



Mast 10 van de Dodewaardlijn, gezien vanuit de trein in 1999. Na de bouw van de 380 kV-lijn werd dit de laatste mast voor het station van Dodewaard. De deltamasten van dit type zijn door de PGEM ook bij de Flevocentrale toegepast, waar heden nog twee exemplaren staan.

In 1990 werd de 380 kV-lijn van Dodewaard naar Doetinchem gebouwd. Om een kruising te vermijden werd de enkelcircuitlijn een stukje ingekort, tot juist voor de nieuwe hoogspanningslijn. De 50 kV-lijn naar Tiel was al vervallen, zodat dit mogelijk was. In 1997 werd de centrale Dodewaard gesloten en kwam de 150 kV-lijn zonder functie te zitten. Afbraak volgde enkele jaren later, omstreeks 2002.

10.5 Verbindingslijn station Dodewaard

In 1970 werd nabij het bestaande 150 kV-station van Dodewaard het gelijknamige 380 kV-station in gebruik genomen. Tussen beide stations werd een 150 kV-verbinding gebouwd om daarmee het Gelderse net aansluiting te geven op het landelijke 380 kV-koppelnets. De korte verbinding bestond uit twee deltamasten als eindmast bij het 380 kV-station, een hoekmast als tonmast uitgevoerd en eindigde bij een portaal op het 150 kV-station. Tweebundelgeleiders waren aanwezig, met een opmerkelijk dikke uitvoering, om een hoge transportcapaciteit mogelijk te maken tussen beide stations. De lijn bestaat heden nog in ongewijzigde vorm.



Mast 3 van de korte verbindingslijn tussen de 150 en 380 kV-stations van Dodewaard, juni 2007. Naast deze als buitengewoon zware tonmast uitgevoerde mast, staan er nog twee deltamasten en twee portalen in de lijn.

11 FLEVOLAND

11.1 Flevocentrale

Het gebied van de Noordoostpolder die al in 1942 droog werd gemalen, kwam bij de provincie Overijssel en werd daarmee toegevoegd aan het leveringsgebied van de N.V. IJsselcentrale. De andere Flevopolders vielen in 1957 (Oostelijk-Flevoland) en 1968 (Zuidelijk-Flevoland) droog. Tot de oprichting van de twaalfde provincie Flevoland in 1986 werd de nieuwe Flevopolder bestuurd door de provincie Gelderland. Vanwege deze reden kwam de nieuwe polder te vallen onder het leveringsgebied van de PGEM. Al kort na de drooglegging van Oostelijk Flevoland werden de plannen ontwikkeld voor de bouw van een nieuwe elektriciteitscentrale. Een logische keuze gezien het feit dat tot dan toe de gehele provincie vanuit de centrale Gelderland in Nijmegen werd gevoed. Op een kunstmatig eiland buiten de dijk, ten noorden van Lelystad kwam deze centrale, de "Flevocentrale" geheten. In 1968 werd de eerste van twee eenheden in gebruik genomen, in 1969 volgde de tweede. Beide eenheden hadden een vermogen van circa 180 MW. In 1974 kwam nog een grote combi-eenheid erbij, met een vermogen van 491 MW. Samen met een gasturbine stond er 884 MW opgesteld. Het was een behoorlijk grote centrale en door de ligging buitendijks met twee hoge schoorstenen was deze goed zichtbaar. De oudste eenheden van de Flevocentrale hebben dienst gedaan tot 1996, de combi-eenheid nog enige jaren langer. In 2005 volgde afbraak van de eerste eenheden, op de vrijgekomen plaats werd in 2010 de Maximacentrale in gebruik genomen, met twee STEG-eenheden van 440 MW. Eigenaar is momenteel GDF-Suez, Engie. Zo is heden nog steeds een elektriciteitscentrale in het "binnenland" aanwezig, waar op andere locaties de centrales verdwenen zijn (Nijmegen, Harculo etc.). Wel zijn de kenmerkende 150 meter hoge schoorstenen verdwenen.



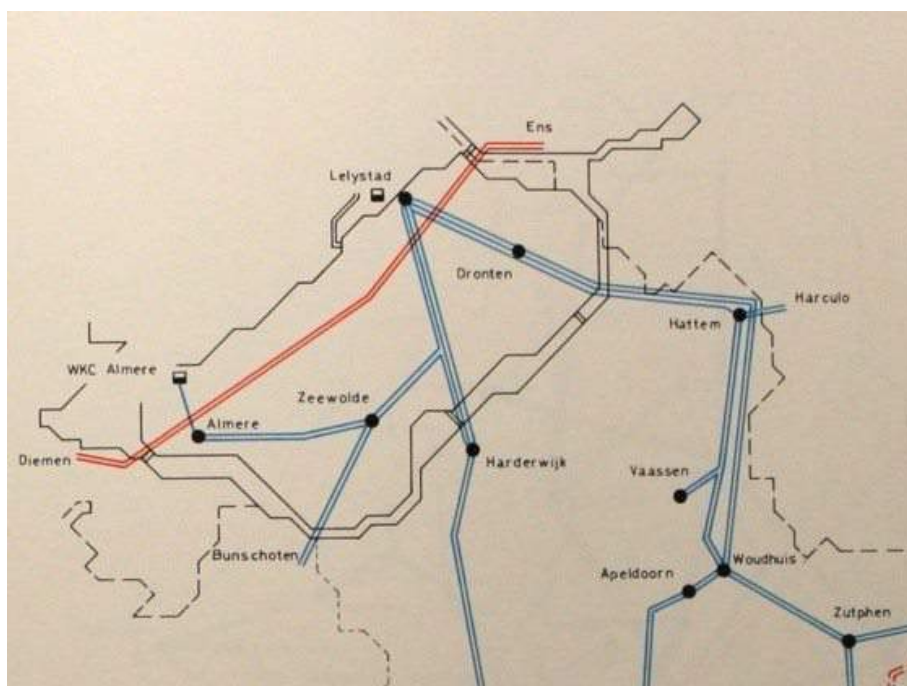
De Flevocentrale vormde jarenlang een markant punt in het zeer open landschap bij Lelystad. Vanaf de Houtribdijk was de centrale goed zichtbaar. In 2015 werd het laatste gebouw afgebroken. Op deze plek staat nu de Maximacentrale. Op de voorgrond de 380 kV-lijn die onder de 150 kV-lijnen door passeert.

11.2 Het net in Flevoland

In samenhang met de bouw van de centrale werden twee verbindende 150 kV-lijnen aangelegd. Deze gingen naar Harderwijk en naar Hattem. Ze werden als behoorlijk zware driecircuitlijnen met bundelgeleiders uitgevoerd. Hierna verschenen nog twee hoogspanningslijnen in Flevoland. De al geplande verbinding vanaf de centrale naar Zeewolde kwam er niet als aparte lijn, maar als aftakking vanaf Biddinghuizen naar Zeewolde en verder naar Soest in Utrecht. Deze lijn werd begin jaren zeventig gebouwd, in samenwerking met de Utrechtse PEGUS. In de jaren tachtig kwam als laatste een lijn vanaf Zeewolde naar Almere, die in navolging van de verbinding Neerbosch - Druten werd gebouwd met Maas-Waalmasten.

Hoogspanningslijn	Spanning	Lengte	Bouwjaar	Vervallen	Masttype
Flevocentrale - Harderwijk	150 kV	30,3	1967	-	Deltamast
Flevocentrale - Hattem	150 kV	44,4	1968	-	Deltamast
Interne lijnen Flevocentrale - Station	150 kV	0,3	1968	-	Deltamast
Aftak Zeewolde	150 kV	14,5	1973	-	Donaumast
Zeewolde - Soest (tot grens)	150 kV	11,7	1973	-	Donaumast
Zeewolde - Almere	150 kV	11,9	1983	-	Maas-waalmast

Tabel: de bovengrondse 150kV-lijnen die in de Flevopolder werden aangelegd. De Deltamasten zijn het oudst, daarna kwam de verbinding naar Soest. Als laatste volgde de lijn van Zeewolde naar Almere die met Maas-Waalmasten werd gebouwd.



Het 150 kV-net door Flevoland op een netkaart uit 1985. Duidelijk is de lange verbinding van de Flevocentrale te zien naar Hattem en verder naar Woudhuis. Via Zeewolde is een connectie met het Utrechtse net tot stand gekomen. Ook de lijn naar Almere staat hier al op de kaart.

11.3 De driecircuit-deltamast

De driecircuitmast van de beide "Flevolijnen" is een bijzonder type, omdat het een mast is voor drie circuits. Het is een zeer herkenbaar en intrigerend ontwerp. De drie circuits zijn gescheiden van elkaar door de diagonaal weglappende "gaffel". Deze vorm wordt aangeduid als Deltamast, vanwege de overeenkomst met de driehoek. Lijnen voor drie circuits zijn in Nederland nooit heel gangbaar geweest, maar werden tussen 1957 (Groningen - Kropswolde) en 1969 (Geertruidenberg - Eindhoven) wel gebouwd. Er zijn twee mogelijkheden: een ontwerp met twee torens, zoals in Groningen en de Brabantse 380 kV-lijn, of een uitvoering als gaffel, ook wel deltamast genaamd. De laatste variant heeft uiteraard het voordeel van een kleiner ruimtebeslag. Daartegenover staat een lastigere uitvoering van de twee gaffels. In 1963 werd de eerste lijn met deltamasten gebouwd, dat was de verbinding tussen Rotterdam Waalhaven en Krimpen. Hierna volgde Krimpen - Leiden. Deze is relevant omdat de lijn

werd uitgevoerd met bundelgeleiders. De hoofdlijn van dat ontwerp zien we ook terug in het ontwerp van de PGEM dat uiteindelijk in de Flevopolder werd gebouwd. In vergelijking tot de Zuid-Hollandse EZH-versie is de PGEM-mast echter een stuk lager en “platter”, de hoek van de gaffels is minder steil. Uit een fotovergelijking waarbij de verhoudingen gemanipuleerd zijn, blijkt dat de PGEM-mast een “platgedrukte” versie is van de EZH-mast. De Gelderse mast is verder ook een stuk lager. De dikte van de geleiders ziet er dikker uit bij de PGEM-mast, de Zuid-Hollandse mast had kopergeleiders.



Vergelijking tussen de 3-circuit “deltamasten” van de lijn Krimpen - Leiden (links) en het masttype in de Flevolijnen (rechts). De masten hebben behoorlijke overeenkomsten, afgezien van het hoogteverschil. De EZH-mast heeft een wat steilere hoek van de driehoeksvorm. Ook zijn de “kattenoren” langer. De PGEM-mast lijkt wel een wat “platgedrukte” versie van de EZH-mast. Door de grotere hoogte en de wat steilere hoek van het bovenstuk oogt de EZH-mast wat ranker dan de PGEM-mast.

Steunmasten en hoekmasten verschillen in uiterlijk voorkomen niet heel veel van elkaar. De mast heeft een traditioneel broekstuk. De toren heeft geen vierkante plattegrond, de breedte is groter dan de diepte. Iets wat we in Nederland niet zo vaak zien, maar bij deltamasten wel gangbaar is omdat anders de gaffels te smal worden. Tussen het broekstuk en de gaffel is een stuk mastlichaam aanwezig als bij een reguliere mast. Daarin bevindt zich bij de basisversie één diagonaalvak. De helling van de diagonaal is bij de steunmast ongeveer 45°, wat mooi aansluit bij de helling van de gaffels. In het zijvlak dat smaller is, is de helling steiler. Bij de hoekmasten die een stuk breder zijn, is de helling van de diagonalen evenredig flauwer.

Na het onderstuk splitst de toren zich in de twee gaffels of spitsen die in een constante helling schuin naar boven weglopen. Er zijn twee traverses aanwezig, waar vijf respectievelijk vier geleiders aan hangen. Deze hangen per circuit in Donau- dan wel omgekeerde Donauvorm. Dit zorgt voor een hele mooie overeenkomst tussen vorm van de gaffels en de indeling van de kabels. In zijaanzicht is de breedte van de mast constant tot de boventraverse, daarboven lopen de randen naar een punt toe bij de top. Daar bevindt zich ook per spits een bliksemkabel. In het splitsingspunt van de toren komen veel krachten bij elkaar, men is er toch in geslaagd om een open structuur te handhaven. De knooppunten zijn er wel groot en er zitten opmerkelijk veel dicht bijeengeplaatste bouten in. Dit vormt een aanwijzing voor de buitenlandse fabricage van de masten. Volgens het gedenkboek van de PGEM 1955-’85 zijn de masten gebouwd door de *Societa Anonima Eletttrificazione (SAE)* uit Milaan. Bij de

profielen valt op de diagonalen zijn uitgevoerd met ongelijkbenige hoekstalen. Dat zorgt afhankelijk van de kijkhoek voor wisselende breedtes, wat enigszins onrustig oogt. De mast is rijk voorzien van ladders. In de traverses, maar ook in de opstaande punten. Vanwege de kruising van de randmeren komen ook hoge kruisingsmasten voor, maar wat betreft de hoofdvorm van de mast zijn die gelijk aan de standaard masten, slechts de toren is hoger. Wisselmasten komen niet voor in de lijn. Het moet hier gaan om de eerste toepassing van tweelingbundels in Gelderland. De kabels bestaan uit een "staande" tweelingbundel, waarom ze "staan" in plaats van "liggen" is niet bekend. Mogelijk heeft het te maken met "vortex shedding", waarbij de loslatende windwervels bij een staande configuratie elkaar minder beïnvloeden dan bij een liggende. In andere provincies zien we staande bundels wel meer bij de jaren zestig-lijnen. Bij wegkruisingen waarbij dubbele kettingen aanwezig zijn, hangen de kettingen in lijnrichting achter elkaar en dus niet naast elkaar. Dit komt overeen met de tonmasten die ook in de jaren zestig werden gebouwd.



Mast 80 en 116 van respectievelijk de lijn uit Harderwijk en Hattem. De masten in beide lijnen zijn geheel identiek. Deze masten staan dichtbij de centrale van Lelystad, op de achtergrond is de 380 kV-lijn zichtbaar. Van de zijkant is duidelijk te zien dat het onderstuk van het mastlichaam geen vierkante doorsnede heeft. Verder domineren bij dit zijaanzicht de dubbele verticale kettingen met het enkele draagpunt van de kabels het beeld.



Mast 80 van de lijn uit Harderwijk, op de achtergrond de 380 kV-lijn met de portalen en daarachter het trafostation en de Maximacentrale. Via twee portalen gaat de 380 kV-lijn onder de 150 kV-lijnen door. Opnamen uit 2016.

11.4 Harderwijk - Lelystad

Uit de jaarverslagen van de SEP blijkt dat deze lijn als eerste van de twee Flevocentralelijnen is aangelegd, hoewel het maar een jaar verschilt met de Hattemlijn. Het bouwjaar is 1964. In eerste instantie werden twee van de drie circuits aangebracht. De lijn bevindt zich geheel in Oostelijk-Flevoland, de polder die in 1959 werd drooggemalen. Ondanks de beschikbare ruimte kende het tracé een aantal scherpe hoeken. Hoewel de nummering in Harderwijk begint, lijkt de beschrijving vanuit Lelystad logischer. Vanaf de Flevocentrale vertrok de lijn in zuidelijke richting om ten westen van Lelystad af te buigen in zuidoostelijke richting. Dat gebeurde na een verhoogde steunmast over de Lage Vaart. Direct na deze kruising is nu een aftakkingspunt in de lijn aanwezig.

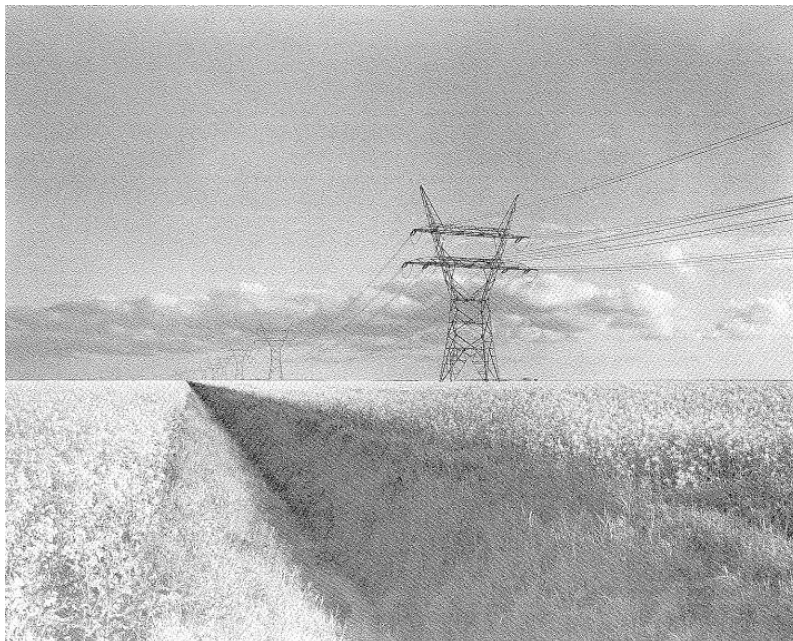
Er volgde een lange rechtstand, de langste in de lijn. De masten liepen hier in lijn met de sloten van het polderlandschap. Na de overbrugging van de hoge Vaart boog de lijn met twee hoekmasten in zuidelijke richting verder af. In het volgende stuk kwam de lijn in het Larserbos te liggen. Dat werd nabij het Veluwemeer weer verlaten met twee hoekmasten, waarna de kruising van dat water volgde. Er stonden hier zes verhoogde masten achter elkaar, waarvan er vier op een kunstmatig eiland zijn geplaatst. Niet alle waren even hoog, wat een beetje onlogisch oogde. De reden heeft uiteraard met scheepvaartseisen te maken. De twee hoogste masten staan in het midden van het water en direct aan de kade bij het industrieterrein Lorentz. Geleidelijk “daalde de lijn weer af” naar de Veluwe toe.



De kruising van het Veluwemeer bij Harderwijk, mast 15 t/m 19, september 2008. Er zijn vier masten in het water aanwezig en nog een direct aan het water aan de Gelderse kant. Twee masten zijn van het allerhoogste type met vijf diagonaalruiten, de overige drie zijn vier ruiten hoog. De masten staan op een kunstmatig eiland. De ophanging van drie van de negen geleiders is op bijzondere wijze uitgevoerd met een stalen balk tussen de halfverankering en de geleiders.

Bij de masten van de Veluwemeerkruising is de afspanning van het noordelijke circuit op een vreemde manier met een stalen ligger gewijzigd. Niet duidelijk is waarom en vanaf welk jaar dit zo is geweest. Daarbij waren de kabels ook met een halfverankering uitgerust, wat afweek van de gebruikelijke dubbele hangende kettingen. Het nu volgende deel tussen Hierden, buurtschap "Frankrijk" tot het eindpunt bij het trafostation was letterlijk het hoogtepunt van de lijn, er is een geaccidenteerd bebost terrein aanwezig en er zijn de kruisingen van de snelweg en spoorlijn. Aan weerszijden van de A28 en de spoorweg stonden afspanmasten, zodat beide wegen in één veld overspannen werden. In dat veld liepen de geleiders ook nog boven een bosbouwbedrijf langs. Hierna verdween vanaf de snelweg gezien de lijn in de bossen, waarbij hij ook hoogte won. Boven op de Galgenberg bij Harderwijk stond de grote

brede hoekmast nummer 3 met grote lijnhoek. In de bossen aan de N302 bij Tonsel eindigde de hoogspanningslijn “uit het zicht” bij het 150 kV-trafostation van Harderwijk.



Een foto van Frits Rotgans van de begintijd van de Flevopolder toont de driefasecircuitlijn Harderwijk - Lelystad. Het is zeer waarschijnlijk mast 49 aan de Zeebiesweg niet ver van het Larserbos. Bijzonder is dat nog slechts twee van de drie circuits aanwezig zijn, een situatie die niet lang heeft bestaan, omstreeks 1974 zou het derde circuit zijn aangebracht.

Na enkele jaren werd in 1974 reeds het derde middelste circuit aangebracht. In dezelfde tijd zou de aftakkingslijn naar Zeewolde aangesloten worden bij hoekmast 37. Vanaf dat jaar was dus het westelijke circuit verbonden via station Zeewolde. Begin jaren negentig verscheen er een aftakkingspunt bij mast 62 naar een nieuw trafostation Zuiderveld in Lelystad. Voor het overige zijn er geen grote wijzigingen geweest aan de lijn. De capaciteit van de lijn zal ruim voldoende zijn, te oordelen aan de overige lijnen die in Harderwijk beginnen en duidelijk minder capaciteit hebben.



Mast 35 van Harderwijk - Lelystad gezien vanaf de N305, de Gooiseweg. Op de achtergrond is de aftakkingsmast zichtbaar waar de verbinding naar Zeewolde begint. De aftakkingsmast nummer 37 is een versterkte versie van een hoekmast.

11.5 Hattem - Lelystad

De andere driecircuitlijn door Flevoland dateert uit dezelfde tijd en werd in eerste instantie ook met twee circuits aangelegd. Deze verbinding was met 118 masten een stukje langer dan de lijn naar Harderwijk (82 masten). Net als de lijn naar Harderwijk is het gedeelte in de Veluwe het meest spectaculair waar de verbinding door bossen liep in plaats van polders. Globaal liep de lijn in oostelijke richting, gezien vanaf de centrale, de nummering loopt andersom. Het begin van de lijn was gebundeld met de verbinding naar Harderwijk, maar niet heel erg dicht er naast, blijkbaar was er voldoende ruimte in de polder. Na enige kilometers boog de lijn naar Hattem met een tweetal hoekmasten af in oostelijke richting, naar Dronten. Hoewel er nog enkele kleine bochten in voorkomen kenmerkte dit lijndeel zich door grote rechtstanden. Bij aanleg stonden de masten nog ten zuiden van Dronten, tegenwoordig markeert de lijn de zuidelijke grens van de bebouwing van die plaats. Na Dronten ging de lijn weer in iets meer zuidoostelijke richting verder door zeer open land en kwam bij het Veluwemeer aan. Daar werd het water overbrugd met drie verhoogde masten. Ze waren echter niet zo hoog als bij het Veluwemeer bij Harderwijk. Hierna volgen op het "oude" land ten noorden van Oldebroek weer lange rechtstanden. Daarbij kwam de lijn even over Overijssels grondgebied, iets wat we alleen bij de centrale Harculo ook aantreffen. Bij de A28 en de A50 volgde dan een interessant stuk lijn met drie hoekmasten en twee afspanmasten aan weerszijden van de snelweg en de spoorlijn. Bij de A50 bevindt zich geen speciale afspanmast, in plaats daarvan staat er een gewone steunmast, die vrij dicht langs de weg kwam en vanwege het talud wat aan de lage kant was. Hieruit blijkt dat de A50 later is aangelegd, de A28 was er wel bij aanleg van de lijn.



De overspanning van de A28 bij Hattem, met een hoekmast en afspanmast, november 2016. In de lijn bij Hattem tot mast 20 zijn in de bliksemkabel rode ballen aangebracht. Dit heeft te maken met een laagvliegroute van Defensie.

Na de A50 maakte de verbinding een steile bocht met een fraaie hoekmast die juist buiten de noordelijke rand van de Velwebossen staat. Er volgde een recht lijnvak dat zeer dicht langs de kom van Hattem ging en er zelfs even doorheen liep. De laatste steunmast en ook een hoekmast zijn verhoogd vanwege de overbrugging van een bos en het Apeldoorns kanaal. De hoekmast zorgde voor een scherpe afbuiging in zuidelijke richting. Er kwam nog een hoekmast, voordat de lijn eindigde bij het trafostation. Na de aanleg van het vervolg van deze lijn, de lijn naar Apeldoorn Woudhuis, liep nog slechts een circuit naar de eindmast bij Hattem, Twee circuits liepen vanaf toen door naar Woudhuis. De lijnen naar Harculo en Apeldoorn werden onderlangs gepasseerd met twee portalen en een verlaagde hoekmast met Donauvorm.



De overspanning van het Drontermeer vindt plaats met drie verhoogde masten, mast 49 t/m 51. Een ervan staat op een eiland in het randmeer. Alle masten zijn van het op één na hoogste type. Op deze foto uit januari 2009 staat de westelijke kruisingsmast op het Gelderse vasteland.

Door de jaren heen zijn er weinig wijzigingen geweest aan de lijn, meest opvallende is dat er in Dronten een aftak naar een nieuw trafostation kwam. Dat was rond 1980 bij mast 83. Deze mast is sindsdien een driewegsmast gelijk aan de mast in Flevocentrale - Harderwijk waar de lijn naar Zeewolde aftakt. Bij het trafostation Dronten verscheen een eindmast, van een type dat lijkt op de verlaagde masten in Hattem - Woudhuis, maar met een boventraverse met “kattenoren”.

11.6 Aftak Biddinghuizen - Zeewolde en Zeewolde tot grens

Als onderdeel van de grensoverschrijdende lijn tussen Flevoland en de Provincie Utrecht, kwam er deze verbinding. Vanaf een hoekmast in de lijn Lelystad - Harderwijk vertrok de lijn in overwegend zuidwestelijke richting. Er werd een masttype toegepast dat duidelijk niet als PGEM-mast herkenbaar was, aangezien het om een Donaumast ging. De kabels bestonden net als de lijn naar Harderwijk uit tweelingbundelkabels. Het mastbeeld doet behoorlijk “Duits” aan, rechtlijnig met een vrij hoog broekstuk en verspringende verbanden in de zij- en voorvlakken van de toren. Ook in andere provincies zien we deze “Duitse” invloed terug, in Groningen bijvoorbeeld in de lijn Viervelaten - Robbenplaat - Weiwerd en in Friesland bij de jaren zeventig 150 kV-lijnen. Naar de mening van de auteur vormt de mast in Flevoland geen esthetisch hoogstandje en het is te prijzen dat voor de latere lijn naar Almere een andere mast gekozen werd. Ook het landschap waar de lijn doorheen liep dwingt niet direct tot veel inspiratie, eindeloze akkers en lange rechte wegen. In 1974 werd het eerste deel tot Zeewolde gebouwd, een jaar later werd het vervolg aangelegd tot het Nuldernauw. Vanuit Utrecht was in 1971 al het deel tot Soest gebouwd. De nummering van de lijn die vanuit Utrecht oploopt richting Flevoland loopt in een keer door helemaal tot Biddinghuizen. Er komt bij station Zeewolde een mast met een “a”-nummer voor, dat een aanwijzing is dat dit station niet direct is gebouwd tijdens aanleg van de lijn. Op de netkaart verschijnt het in 1979, dus niet lang voor de nieuwbouw van de laatste bovengrondse lijn in Flevoland, de verbinding naar Almere.



De masten van de Eemmeer kruising bij Bunschoten, februari 2015. Een niet al te inspirerend ontwerp dat wat "Duits" georiënteerd is en niet heel veel weg heeft van de PGEM-masten.

11.7 Zeewolde - Almere

Voor de beschrijving van deze lijn maken we gebruik van een nota van de PGEM aan het toenmalige “rijksdienst voor de IJsselmeerpolders”, gedateerd 16-10-1980. Deze nota is in te zien in het erfgoedcentrum “Nieuw land” in Lelystad. De stad Almere maakte al in de jaren zeventig een grote groei door. Geprognosticeerd werd dat begin jaren tachtig de dan aanwezige 10 kV-net niet toereikend meer zou zijn om aan de behoefte te voorzien. Er werd besloten tot de bouw van een 150 kV-lijn van Zeewolde naar een op te richten trafostation in Almere. Een alternatief vanuit Lelystad werd niet gekozen vanwege de grotere lengte en de moeilijke inpassing naast de bestaande 380 kV-lijn. De aanleg vond plaats in 1981. Het tracé van de lijn werd in grote lijnen gepland langs de Waterlandseweg, maar kon bovengronds niet heel dicht bij Almere naderen. Dat had te maken met de aanwezigheid van een bosgebied, Almere Hout. Er wordt in de notitie zelfs gesproken over de mogelijkheid om later het bovengrondse deel nog verder in te korten vanwege de vestiging van mogelijke bedrijven en infrastructuur langs de Waterlandseweg tot de A27. Een vooruitziende blik, want inmiddels is de bebouwing daar inderdaad aardig opgerukt. De bovengrondse lijn is echter wel gehandhaafd.

Het masttype was dus de nieuwe Maas-Waalmast, kort voor deze lijn toegepast in de verbinding Teersdijk - Druten, vandaar de naamgeving. Door zijn vlakke vorm doet de mast recht aan het open polderlandschap. De opbouw van de toren heeft wel een klein beetje verwantschap met de bekende tonmasten van de jaren zestig, hoewel de nieuwe mast een stukje slanker is met een meer abrupte hellingsverandering van het broekstuk naar het onderstuk. Kenmerkend voor deze mast is dat de traverse geen horizontale onderrand heeft maar licht oploopt. De reden daarvoor is dat de kabels zo voor vogels beter zichtbaar zijn. De bovenrand is ook op een bepaalde manier vormgegeven, zodanig dat er een verspringend verloop in ontstaat, waarbij de traverse eindigt in een "kattenoor". Een beetje afgekeken van de 380 kV-masten, maar ook verklaarbaar vanuit het oogpunt van voldoende afstand tussen bliksemkabel en fasegeleiders. De geleiders zijn uitgevoerd als enkele draden, volgens de notitie kunnen ook tweebundels gedragen worden waardoor de transportcapaciteit zou verdubbelen. Tot heden is dat echter niet gebeurd. De isolatoren zijn als enkele kettingen uitgevoerd. Bij wegkruisingen is halfverankering toegepast.



Station Zeewolde in 2016. Op de voorgrond de eindmast in de lijn naar Almere. Op de achtergrond de eindmasten van de lijn uit de richtingen Biddinghuizen en Soest.

Vanaf het station in de polder ten westen van Zeewolde liep de lijn met twee grote rechtstanden in de richting van Almere, langs het kanaal de Hoge Vaart. Uit de notitie valt op te maken dat de lijn vanwege de oriëntatie van het station aan de noordkant moest beginnen. Daardoor wijkt het tracé

enigszins af van de ligging van de Hoge Vaart. In het eerste rechtstand nadert de lijn vanaf het trafostation steeds meer de Waterlandse weg. Op de plek waar die weg ooit een scherpe hoek maakte, was ook een scherpe hoek in het tracé aanwezig. Juist voor de hoek, stonden twee hogere masten waar de N305 werd gepasseerd en de Hoge Vaart. In de genoemde nota werd nog gesproken over één benodigde kruisingsmast (naar goed PGEM-gebruik, zie kruisingen bij Lochem en Doetinchem). Later werd de Waterlandse weg verlegd zodat de hoek verdween. De weg passeerde vanaf toen tussen de hoekmast en de hoge mast de hoogspanningslijn. Verderop kwamen nog eenmaal verhoogde masten voor, bij de kruising van de toenmalige N27. In eerste instantie was hier nog geen hoog talud, maar de masten waren al wel hiervoor in een hogere versie gemaakt. In 1997 werd de A27 doorgetrokken en was de functie van de hogere masten duidelijk. Na deze passage is er nog een kort stukje bovengrondse verbinding tot het eindpunt bij mast 40. Afgezien van enkele antennes is er niets gewijzigd aan de masten van deze lijn. De ondergrondse kabels werden in 2017 wel vervangen door nieuwe exemplaren vanwege de noodzaak tot een hogere capaciteit.



Mast 19 van Zeewolde - Almere in het met windmolens gevulde landschap van de Flevopolder.

12 TONMASTENLIJNEN DEEL III

Aan het begin van de jaren zeventig was de lijnenbouw in Gelderland aan zijn hoogtepunt gekomen. Hoewel de economische vooruitzichten nog altijd op groei stonden, was het net al zo ver gegroeid dat alleen daardoor minder uitbreiding noodzakelijk leek dan in de jaren zestig tot stand kwam. Door de veranderende tijd van vooral na de eerste oliecrisis van 1973 en de onheilsrapporten van de “Club van Rome” kwam er een andere kijk op de behoefte aan nieuwe infrastructuur. Dat had niet alleen gevolgen voor de wegenbouw, de aanleg van nieuwe snelwegen stopte bijna geheel, maar ook voor de energiesector waren de gevolgen ingrijpend. Ook daar zien we veel minder nieuwbouwprojecten en de uitvoering gaat onder invloed van toenemende weerstand vanuit de maatschappij veel moeilijker dan voorheen. Om hieraan tegemoet te komen verschenen hoogspanningsverbindingen in alternatieve vorm, zoals ondergrondse kabels in plaats van bovengronds, toepassing van buismasten in plaats van vakwerkmasten. Toch werd er nog behoorlijk veel hoogspanningsmasten gebouwd in de jaren zeventig, in de jaren tachtig kwam de nieuwbouw van bovengrondse lijnen pas echt tot stilstand, er was zelfs sprake van teruggang aangezien veel oudere 50 kV-lijnen toen werden afgebroken.

In de jaren zeventig verschijnt als eerste een nieuw tonmasttype, daarmee werd het tot dan toe gangbare tonmasttype verlaten. De nieuwe tonmast die zich onderscheidt ten opzichte van zijn voorganger uit de jaren vijftig en zestig, door een wat slankere, spitsere en vooral licht ogende mast. Bij de zware versie binnen deze nieuwe generatie tonmasten komen voor het eerst tweebundelgeleiders voor, in plaats van de uitsluitend enkele geleiders in de vorige generatie tonmasten. Aan het einde van het decennium komt ook de Maas-Waalmast op, dit is een geheel afwijkende “vlakke” mast met maar een paar traverses. De oorsprong van dit ontwerp is gelegen aan de wens om een minimale zichtbaarheid te krijgen en vanwege de vlakke vorm ook het aantal vogelaanvaringen te verminderen.

Hoogspanningslijn	Spanning	Lengte	Bouwjaar	Vervallen	Masttype
Doetinchem - Ulft	150 kV	12,1	1971	2017	Tonmast
Hattem - Apeldoorn Woudhuis	150 kV	31	1974	-	Tonmast
Lochem - Borculo	150 kV	12,5	1975	-	Tonmast
Nijmegen Teersdijk - Oude lijn	150 kV	4,6	1980	-	Tonmast
Netknoop Neerbosch - Druten	150 kV	14,9	1980	-	Maas-waalmast
Interne lijn Centrale Nijmegen	150 kV	0,4	1981	-	Enkelcircuit deltamast
Tiel - Zaltbommel	150 kV	19,7	1981	-	Tonmast
Druten - Wamel	150 kV	11,9	1988	-	Maas-waalmast

Tabel met lijnen uit dit tijdvak met de nieuwe tonmastversie. De lijnen in dit tijdvak zijn een verdere completering van het 150 kV-net, maar ook een vervanging van bestaande 50 kV-lijnen.



Een fotovergelijking van de laatste versie van de tonmasten. Van links naar rechts een mast in de lijn Woudhuis - Hattem (1974), Lochem - Borculo (1975) en Doetinchem - Ulft (1971). We zien brede boventraverses, een bevestiging van de “regel” hoe breder de boventraverse, hoe recenter de mast. De twee linkermasten zijn duidelijk verwant aan elkaar, de mast van Doetinchem - Ulft heeft als eerste versie een meer eigen uiterlijk gekregen.

Er waren drie varianten binnen de “jaren zeventig”-generatie tonmasten. De eerste variant van het nieuwe tonmasttype werd gebouwd in Doetinchem - Ulft en had nog enkele geleiders per fase en de traditionele dubbele verticale ketting. De mast valt op ten opzichte van de andere twee varianten door zijn brede boventraverse en het feit dat de verbanden in de zijvlakken niet verspringen ten opzichte van elkaar.

Hierna verscheen een zwaardere variant van de mast, waarin dubbele geleiders in een verticale oriëntatie aanwezig zijn per fase. In Woudhuis - Hattem en Nijmegen Teersdijk - Nijmegen werden deze masten gebouwd. Deze mast heeft naast een zwaardere constructie vanwege de bundelgeleiders ook een duidelijk grotere verticale afstand tussen de traverses dan de masten in Doetinchem - Ulft.

De laatste variant van deze “jaren zeventig-tonmasten” heeft van beide voorgaande versies wat invloeden, maar lijkt het meest op een lichtere versie dan de bundelgeleider-masten. In twee lijnen kwam deze mast voor, Lochem - Borculo en Tiel - Zaltbommel. In zowel de zwaardere tweede als de lichtere derde variant verspringen bij de steunmasten de verbanden in de zijvlakken ten opzichte van elkaar. Dat is een beeldbepalend detail, vooral in diagonaal aanzicht valt dat op. Bij de hoekmasten sluiten de staven wel netjes op elkaar aan. Een ander verschil tussen de eerste versie van Doetinchem - Ulft en de overige masten, is dat in geval van wegkruisingen halfverankering voor komt, in plaats van de dubbele verticale ketting.

Een belangrijke afwijking met de voorgaande tonmastversie is dat het mastlichaam slanker is. Waar bij de jaren vijftig tonmast de helling van de randen met drie knikjes toenam en de mast behoorlijk breed uitliep in het broekstuk, is dat bij de nieuwe versie van de tonmast veel minder het geval. Toch neemt ook bij de nieuwe versie de helling van de randstaaf heel geleidelijk toe met drie knikpunten en dat is prijzenswaardig. De hoeken van de knikpunten zijn echter kleiner, zodat de mast daardoor zijn slanke vorm behoudt onderin. Gevolg is dat de diagonaalvakjes klein blijven zodat de horizontale staven vermeden konden worden, zonder dat er direct een zwaardere randstaafprofiel nodig was.

De masten hebben enigszins een “Duits” aanzien vanwege de manier waarop de diagonalen in de toren zijn ingedeeld en de afwezigheid van horizontalen, gecombineerd met het wat hogere broekstuk. Toch is de uitvoering als tonmast onmiskenbaar als PGEM-stijl te karakteriseren. De genoemde “Duitse” invloeden op de mastenbouw kwam in deze periode zo tussen circa 1970 en 1975 vaker voor, zie bijvoorbeeld de 150 kV-lijn Soest - Biddinghuizen, maar ook in andere provincies bijvoorbeeld Viervelaten - Robbenplaat, of in Noord-Holland de 150/380 kV-lijn Diemen - Velsen. Helaas konden niet de tekeningen worden ingezien waaruit zou blijken waar de masten zijn gefabriceerd.



Mast 10 tot 8 in de lijn Tiel - Zaltbommel, september 2008. De Betuweroute zorgde voor enkele aanpassingen aan deze lijn en ook de 50 kV-lijn op de achtergrond. De masten in de hoogspanningsleiding naar Zaltbommel zijn gelijk aan die in Lochem - Borculo. Ze zijn te beschouwen als een lichtere versie van de masten in Hattem - Woudhuis.

Er is bij alle drie de varianten een duidelijk broekstuk te zien, waarbij de diagonaal een steile helling heeft. Dat correspondeert mooi met de spitse einden van de traverses. Er zijn door de afwezigheid van de horizontalen veel diagonalen met een flauwe helling aanwezig. Met uitzondering van de masten in de lijn Doetinchem - Ulft zien we in de steunmasten verspringende verbanden in de zijvlakken voorkomen, helaas zorgt dit voor een onrustig beeld omdat er door de veelheid aan staafjes en het ontbreken van horizontale geen “houvast” is. De hoekmasten hebben deze eigenschap gelukkig niet. Wel ontbreken ook in die masten de horizontalen, dus er zijn louter diagonalen te zien, die verbonden zijn met knoopplaten. Ook deze keuzes zijn mogelijk vanuit economische overwegingen tot stand gekomen. De masten met fasen als enkele kabel vallen op door hun lichte profilering, ze ogen slanker dan de eerste generatie tonmasten, waarschijnlijk zijn ze ook daadwerkelijk lichter. Als gevolg van het ontbreken van horizontalen in de mast vallen de horizontale dwarsverbanden in de toren wel op als dissonant in het verder enkel van diagonalen voorziene mastlichaam. De traverses zijn ten opzichte van het mastlichaam wat breder en hebben tegelijk een wat spitsere vorm ten opzichte van de oudere tonmasten. Daardoor komen ze wat “hoekig” en “puntig” over. De boventraverse voor de bliksembeveiliging is nog weer wat breder dan de eerdere generatie tonmasten en samen met de behoorlijk wisselende breedte van de overige traverses oogt de mast daardoor wel wat onrustig.

Ondanks de genoemde minpuntjes valt te concluderen dat alle drie de varianten van de jaren zeventigontype toch plezierige masten zijn om naar te kijken. De masten van Doetinchem - Ulft hebben door hun meer rechte vorm een wat meer statig karakter dan de kleinere masten van Lochem - Borculo, die wat speelser ogen. De masten met tweebundel-kabels hebben juist weer een groot en krachtig voorkomen. Het aantal lijnen met masten van deze generatie is kleiner gebleven dan de voorgaande tonmastversie, zodat die wat oudere masten toch een groter stempel hebben weten te drukken op het totaalbeeld van hoogspanningslijnen in Gelderland.

12.1 Doetinchem - Ulft.

Het moet op basis van het SEP-jaarverslag uit 1971 gaan om de allereerste lijn waarin de masten van dit nieuwe tontype voorkomen. Deze eerste variant is echter later niet meer teruggekomen in andere lijnen. De tussenkomst van het zwaardere tweebundeltype zal hieraan debet zijn geweest.

De bouw van de lijn Doetinchem - Ulft kan worden gezien als een versterking van de reeds bestaande 50 kV-verbinding naar Ulft. Die lijn bestond pas een decennium en het is tekenend voor de enorme groei in het verbruik tijdens de jaren zestig (en nog te verwachten groei) dat toen al versterking nodig was. Hoewel de lijn ook kan worden gezien als de eerste aanzet tot het creëren van een ringleiding door de Achterhoek, nam het daadwerkelijk voltooiën daarvan lange tijd in beslag. Het vervolg van de lijn Doetinchem - Ulft, richting Dale en verder naar Winterswijk, is jaren als geplande lijn te zien op de netkaart, maar liet nog een tijd op zich wachten. Toen het in 1977 zover was, werden niet meer de vakwerkmasten toegepast als in Doetinchem - Ulft, maar verschenen buismasten. Pas in 1986 was met de lijn Winterswijk - Borculo sprake van de Achterhoek-ring. Er werd blijkbaar voor gekozen om de nieuwe lijnen in de Achterhoek voor een spanning van 150 kV uit te voeren en niet in 50 kV, wat had gekund om aan te sluiten bij de op dat moment reeds bestaande 50 kV-infrastructuur tussen Doetinchem en Winterswijk. In die zin is sprake van een keerpunt, dat er niet meer werd nieuw gebouwd met 50 kV-lijnen.

In de eerste tijd van zijn bestaan werd de lijn nog bedreven op 50 kV. Er liepen dus toen tijdelijk twee 50 kV-verbindingen naar Ulft. Waarschijnlijk liepen twee van de vier 50 kV-circuits verder door naar Dale. Pas na de doortrekking van de lijn naar Dale, met de buismasten, was sprake van een verbinding onder 150 kV, maar dan tussen Doetinchem en Dale. De doorlopende nummering tot Dale vormt een aanwijzing daarvoor. Na 1977 werd Ulft dus nog steeds gevoed met 50 kV, maar Dale en Winterswijk hadden reeds invoeding op 150 kV. Tot de bouw van een nieuw 150 kV-station in Ulft, moest de oude 50 kV-lijn gehandhaafd blijven. In 1986 was het zover, en kon in Ulft het huidige 150 kV-station "Lichtenberg" in gebruik genomen worden. Via een circuit uit Doetinchem en een uit Dale werd het station "ingelust". Vanaf dat moment was er dus daadwerkelijk sprake van Doetinchem - Ulft onder 150 kV. De oude 50 kV-lijn en het bijbehorende trafostation van Ulft, konden toen afgebroken worden, wat ook gebeurde.

Doetinchem - Ulft is de eerste lijn waarin de nieuwe generatie vakwerkmasten van het jaren-zeventig-tontype voorkwamen. Het is een duidelijk andere mast dan de voorgaande tonmasten, waarvan het ontwerp nog uit de jaren vijftig stamde. Zoals benoemd hiervoor is het grootste verschil dat de verbanden in de toren veel fijnmaziger zijn, zonder de aanwezigheid van horizontalen. Het masttype van Doetinchem - Ulft is niet meer toegepast in de later gebouwde lijnen van de jaren zeventig. Toen omstreeks 1975 zich een volgende lijn aandiende, waarin masten met enkele geleiders voldoende waren, werd gekozen voor een nog wat compactere, slankere en lichtere versie. Deze mast kan echter vanwege zijn minder goede proporties en de verspringende verbanden in de zijvlakken, niet tippen aan de mast van Doetinchem - Ulft. Opmerkelijk is dat er (nog) geen halfverankering aanwezig is, maar de dubbele verticale ketting.



Beelden van de lijn Doetinchem - Ulft met zijn unieke masttype, juni 2013. Links, het basismodel steunmast, mast 9. Rechts het kunstwerk "Shall we dance", dat bij mast 2 in 2007 werd geplaatst. De masten hebben een bijzonder brede boventraverse. Ten opzichte van de andere tonmast uit de jaren zeventig is het mastlichaam wat minder slank, zeker bij de hoekmasten.

Vanaf station Doetinchem volgde de lijn in feite over de gehele lengte het tracé van de bestaande 50 kV-lijn. Eerst nog ten westen ervan, maar bij mast 9 en 10 kruiste de 150 kV-lijn die van 50 kV (zie hoofdstuk 9). Dat gebeurde met twee dicht bij elkaar geplaatste verhoogde hoekmasten. Een uniek punt bestond daarmee. Heel frappant was dat op twee plekken een enkele hoge kruisingsmast in de lijn aanwezig was, niet zoals wellicht fraaier, twee masten aan weerszijden van de waterloop. Later gebeurde dit ook in Lochem - Borculo bij het Twenthekanaal, laten we zeggen een "PGEM-kwaaltje". En dat terwijl in de oudste lijnen er nog twee hoekmasten bij vaarwegen of spoorlijnen stonden in het PGEM-gebied. De eerste hoge mast ging over de Oude IJssel in Doetinchem, mast nummer drie. De andere stond bij Terborg, eveneens over de Oude IJssel. Na de afbraak van de 50 kV-masten in de jaren tachtig stonden de twee hoekmasten 9 en 10 er wat vreemd bij. Na nog een hoekmast volgde een langer recht gedeelte door een dunbevolkt gebied bij het buurtschap Warm of Vethuizen. Het is hier dat in 2010 tijdens een zware onweersbui een aantal masten bezweek.

Aan de N335, de Zeddamseweg stond een verhoogde mast, nummer 27, vanwege een steenfabriek. Daar is heden niets meer van te zien, de verhoogde mast bleef wel. Aan het eind van de rechtstand boog de lijn in oostelijke richting af en passeerde via een verhoogde mast de Oude-IJssel. Hierna eindigde de lijn bij mast 40, na nog een laatste knik net voor de Oude-IJsselkruising.

Het is niet precies bekend hoe de situatie was bij dit stijgpunt voordat het vervolg van de lijn naar Dale er was, uit 1978. Tot die tijd werd de lijn namelijk op 50 kV bedreven. Mogelijk was de lijn toen via een ander eindportaal dan het huidige verbonden met het toenmalige 50 kV-station. In 1978, na de aanleg van de 150 kV-lijn naar Dale, zou die aansluiting vervallen zijn en werd mogelijk één circuit van de lijn rechtstreeks doorverbonden naar Dale. In 1986 zou dan de huidige situatie ontstaan zijn met het stijgpunt en trafostation tussen mast 40 en 41, genaamd "Lichtenberg". Dit portaal bevindt zich op korte afstand van het gesloten trafostation van Ulft. Het zuidelijke circuit is sindsdien aangesloten op "Ulft", het noordelijke loopt in een keer door naar Dale.



Mast 40 bij Ulft markeert het einde van de lijn vanuit Doetinchem in de richting Ulft - Dale - Winterswijk. In 2017 zal deze mast helaas vervangen worden door de nieuwe wintrackmastenlijn Doetinchem - Wesel. Op deze opname van december 2016 zijn de nieuwe masten al te zien.

In de vroege avond van 14 juli 2010 vond in deze lijn bij Vethuizen een grote instorting plaats. Er is naar aanleiding van het incident door KEMA een rapport opgesteld. Daaruit valt het volgende op te maken. Door de zware windstoten "downburst" tijdens een heftige onweersbui bezweken vijf van de zeven steunmasten in het vak tussen mast 20 en 28. De twee steunmasten die bleven staan waren de eerste gezien vanaf de hoekmast en ondervonden enige steun van de hoekmasten. De windrichting stond nagenoeg haaks op de lijn. De hoogst gemeten windstoten op deze dag was 122 km/h in Volkel. Volgens het KEMA-rapport worden door de weerkundigen de windstoten die bij Vethuizen mogelijk moeten zijn geweest geschat op 150 km/h, lokaal nog meer. Onderin, bij het broekstuk van de mast, is waarschijnlijk instabiliteit van de gedrukte staven opgetreden waardoor de mast is geknikt en omgevallen. Op basis van de bevindingen in het veld (brandsporen en omhoog geknikte middentraverse) werd geconcludeerd dat mast 23 als eerste moet zijn omgevallen, waarschijnlijk direct gevolgd door de andere naastgelegen masten, niet geheel duidelijk werd of dit een "cascade-effect" was of dat ook die masten rechtstreeks door de wind bezweken. Het was een bijzondere gebeurtenis die verder niet tot lange stroomstoringen heeft geleid, anders dan de storing door de botsing met de helikopter bij Zaltbommel. De ringstructuur in de Achterhoek zal hiervoor een gunstig effect hebben gehad.

De lijn werd hersteld met nieuwe masten tussen mast 21 en 27. Deze masten hebben dezelfde vorm gekregen als de oude, helaas werden echter zeer ontsierende hekwerken op de traverses geplaatst. Vanwege de hekwerken bleef de plek duidelijk zichtbaar waar de masten destijds waren bezweken.



De omgevallen mast 23 van Doetinchem - Ulft, op 14 juli 2010, enkele uren na de passage van de onweersbui met valwind.

Helaas is het lot van de lijn inmiddels bezegeld. Vanwege de bouw en de inpassing van de 380 kV-lijn naar Wesel is bepaald dat, naast een aantal andere delen van bestaande hoogspanningslijnen, de 150 kV-lijn tussen Doetinchem en Ulft moet wijken. Dat heeft al vanaf 2016 plaatsgevonden toen een tijdelijke vervangende verbinding werd gebouwd op de plek waar de twee tracé's elkaar kruisten. Dat was bij mast 21 het geval, die mast werd vervangen door twee eindportalen en een korte kabelverbinding op maaiveldniveau. Tussen mast 30 en 37 vond ingrijpendere afbraak plaats, daar werd een langere tijdelijk lijn gebouwd en een korte kabelverbinding op maaiveldniveau ter plaatse van de kruising. Dit vond plaats in juli 2016. In het najaar van 2017 is de lijn afgebroken.

Met de afbraak gaat helaas een uniek ontwerp verloren aangezien de andere lijnen bij Lochem en Tiel net iets afwijkend zijn. Naast enkele steunmasten (zonder traverses) ten behoeve van telecomvoorzieningen, zal vanwege het kunstwerk "Shall we Dance" één hoekmast blijven staan. Dit kunstwerk van Floris Schoonderbeek is in 2008 neergezet bij mast 2 en staat model voor een persoon die iemand tot dans vraagt. Het kunstwerk is gebouwd als een hoogspanningsmast met hoekstaal en boutverbindingen. Onderin is er een broekstuk als de originele masten van Doetinchem - Ulft aanwezig, maar bij het bovenstuk ontspringen de traverses als ware het armen van een menselijke figuur.

12.2 Woudhuis - Hattem

Deze 150 kV-lijn verving de oude 50 kV-lijn uit de jaren veertig tussen Hattem en Apeldoorn en kwam voor een deel op hetzelfde tracé. In Apeldoorn ging de aanleg gepaard met de bouw van een nieuw trafostation Woudhuis buiten de stad, een typisch fenomeen uit die tijd, de oudere stations dichtbij de steden werden vervangen door nieuwe buiten de stad, vergelijk bijvoorbeeld Zwolle Hessenweg en Leeuwarden Louwsmeer. We zien in deze lijn de eerste toepassing van de tonmast met tweelingbundel kabels. Maar vanwege de luchtvaart bij Teuge komt er ook een unieke verlaagde versie voor, met de kabels in Donau-vorm. Het onderstuk van die mast is heel gelijkwaardig aan de tonmastversie, alleen de bovenzijde is anders, met maar twee in plaats van vier traverses. Bij de Donau-hoekmasten vallen de forse knoopplaten op in de constructie.



Het beginpunt van het dubbelcircuit-vervolg naar Woudhuis van de 150 kV-lijn uit Flevoland bevindt zich bij Hattem. Vanaf de voorlaatste drie-circuitmast splitsen zich twee circuits af. Via een tweetal portalen en een tussenstaande hoekmast in Donau-uitvoering werden twee bestaande 150 kV-lijnen onderlangs gepasseerd. Opname uit juli 2013.

De tracering van de lijn werd waarschijnlijk bepaald door de al bestaande 150 en 50 kV-lijnen. Van Wapenveld tot aan Welsum liep de 150 kV-lijn parallel met de oudere 150 kV-lijn Hattem - Apeldoorn. Het begin was spectaculair: vanaf de voorlaatste hoekmast in de lijn vanuit Flevoland, gaan er twee circuits verder onder de bestaande 150 kV-lijn naar Harculo door. Dan stond er een enkele verlaagde mast, waarna weer een portaal kwam. Deze was aanwezig omdat onderlangs de bestaande 150 kV-lijn naar Apeldoorn werd gepasseerd. Vervolgens stond er een hoekmast zodat de twee lijnen gebundeld richting het zuiden liepen. Deze masten stonden in het buitendijkse gebied van de IJssel, zodat de fundaties verhoogd waren. Na de dijk liepen ze parallel aan een wetering verder, door twee verspringende hoekmasten stonden beide lijnen zelfs over een afstand vlak naast elkaar, iets wat we niet zo vaak zien in Gelderland. Zeker door de bundeling met de oudere lijn waar de jaren vijftig tonmasten in voorkomen is een vergelijking tussen beide versie goed te maken. Duidelijk is dat de nieuwe masten een stukje groter en zwaarder zijn en drukker vanwege de halfverankering en de verticale bundelgeleiders. Daardoor is de verticale afstand tussen de traverses ook groter en dat valt op. Er volgde nog weer een verwijdering, maar vlak voor het splitsingspunt naar Vaassen kwamen de twee toch weer bij elkaar.

Bij de driewegsmast in de oude lijn naar Apeldoorn passeert de nieuwe lijn via een portaal onder de aftak van Vaassen onderdoor. De eerste hoekmast na de passage, met nummer 250 dus halverwege de lengte, zorgde ervoor dat de lijn definitief zijn "eigen koers" liep. Het in zuidwestelijke richting gaande tracé vormt eigenlijk een verbinding naar het tracé van de oude 50 kV-lijn, die werd bij hoekmast 239 aan de weg naar Terwolde opgepakt. Tot Teuge kwamen de tracés overeen. Ook de scherpe bocht (mast 222) bij de A50 was in de 50 kV-lijn aanwezig. Kort hiervoor veranderde echter het masttype van tonmast in Donaumast, waarschijnlijk vanwege het vliegveld van Teuge.



Het splitsingspunt tussen Welsum en Terwolde, waar de twee 150 kV-lijnen uit Hattem elkaar verlaten en de lijn Woudhuis - Hattem onder de aftakkingslijn Vaassen passeert.

De snelweg A50 verscheen enkele jaren na de 150 kV-lijn, zodat het niet correct is te zeggen dat de masten naast de snelweg zijn geplaatst, het is de snelweg die naast de hoogspanningsleiding is aangelegd. Kort voor de spoorlijn naar Zutphen boog de lijn af in oostelijke richting. Hierdoor moest de 150 kV-lijn weer de A50 passeren. Dat was meteen vanaf het begin het geval omdat dit deel van de A50 wel eerder was aangelegd. De kruisingsmasten naast de A50 waren twee verhoogde hoekmasten op behoorlijke grote betonnen fundaties. Door het eenduidige en dichte netwerk van diagonalen in het mastlichaam is er een aanblik van een strakke mast ontstaan. Dat wordt nog versterkt door de mooie kromming in de verbindingbogen (bretels) en de strak staande geleiders vanwege de korte overspanning tussen beide hoekmasten. Hierna was het nog een kort stukje tot het station Woudhuis. De lijn liep in de richting van de 150 kV-lijn Apeldoorn - Deventer en wel naar het punt waar de lijn naar Zutphen aftakte.



De overgang van de reguliere tonmast naar de aanzienlijk lagere Donaumast in de lijn Hattem - Woudhuis. Mast 232 op de voorgrond. Vanwege een hoogtebeperking in verband met het vliegveld Teuge werden hier over een lengte van circa vijf kilometer Donaumasten toegepast. De laatste tonmast is tevens een wisselmast.

Met het nieuwe station Woudhuis en de lijn vanuit Hattem werden vier 150 kV-lijnen verbonden en kon de stroom van de Flevocentrale hier het net voeden. Woudhuis werd een behoorlijk groot station met zelfs een 50 kV-gedeelte en ruimte voor een nieuwe lijn naar Eerbeek. Die kwam er echter niet als bovengrondse lijn maar als ondergrondse kabel. Daardoor bleef het beeld met de vier eindmasten rondom het station door de jaren heen gelijk. De portalen op het station hebben de typische groene PGEM-stationskleur.



Mast 205 nabij station Woudhuis is een verhoogde hoekmast vanwege de overspanning van de autosnelweg A50. De kruisingsmasten zijn goed zichtbaar vanaf de weg. Het mastlichaam van de hoekmasten valt op door de flauwe helling van de diagonalen en de afwezigheid van horizontale knikverkorters. De verbindingsbogen ("bretels") tussen de geleiders aan weerszijden van de traverse zijn op dezelfde wijze uitgevoerd als bij de drie-circuitlijn in de Flevopolder.

12.3 Lochem - Borculo

Nadat het 150 kV-station van Lochem gereed was gekomen moet in 1974 de bouw van de korte verbinding naar Borculo zijn begonnen. Er werd een nieuwe mast toegepast, die vanwege enkele in plaats van bundelgeleiders een stuk lichter en compacter was dan de masten in Woudhuis - Hattem. Het masttype is echter wel vergelijkbaar met laatstgenoemde en onderscheidt zich daarmee van de andere lijn die in Lochem aankomt vanuit Zutphen. Die was nog gebouwd met het voorgaande tonmastontwerp.

In Lochem - Borculo is sprake van een licht vormgegeven tonmast. De traverses zijn ten opzichte van de mast van Woudhuis - Hattem dichter bij elkaar gebracht, zodat de mast compacter en minder massief oogt. De tonvorm is daardoor nog meer uitgesproken. Er zijn verspringende diagonalen tussen voor- en zijvlak aanwezig. De boventraverse is breder dan bij Woudhuis - Hattem. In het bovenstuk van de mast lopen de randen bijna parallel. De kabels zijn opgehangen met enkele isolatorkettingen of halfverankering bij de kruising met wegen. De dubbele ketting is dus verlaten. De wisselmast waarvan er drie stonden in de lijn had een bovenstuk met vergrote tussenafstanden van de traverses. Dat onderscheid hem van de andere tonmasten, die wisselmasten waren gelijk aan normale hoekmasten.



Voormalige mast 9 als bijvangst op een prachtige treinfoto uit 1980. Deze mast die een van de drie hoekmasten was bij het treinstation Lochem is bij de bouw van de 380 kV-lijn afgebroken. Het was een wisselmast, duidelijk te herkennen aan de grotere tussenafstand tussen de traverses.

Lochem - Borculo is een landschappelijk aardige lijn en bestaat eigenlijk uit een "rustig" middengedeelte en twee wat meer in het oog springende begin- en eindgedeeltes. Bij Lochem begon het al met een vreemde eindmast direct aan het Twenthekanaal. De eindmast stond vanwege de locatie in het trafostation onder 45° met de lijnrichting. Ook was deze sterk verhoogd, een uniek exemplaar. De kabels gingen nog stijgend over het kanaal naar de kruisingsmast op de noordkant van het kanaal. Hierna werd de provinciale weg gepasseerd en verliep de lijn met een hoekmast direct aan deze weg verder in oostelijke richting. Bij het treinstation van Lochem en de weg naar Ampsen maakte de lijn een vreemde bocht, met twee spoorkruisingen, zodat de villabebouwing ten noorden van het spoor vermeden werd. Het is dit stuk dat later moest vervallen voor de 380 kV-lijn. Het Twentekanaal buigt naar het noordoosten af, zodat met een verhoogde hoek- en steunmast wederom het kanaal werd overbrugd. De enkele verhoogde mast bij het kanaal in plaats van twee hoge masten is tekenend voor het ogenschijnlijke streven naar economie in deze lijn en in de masten. Aan de overzijde kwam weer een hoekmast en volgde de rechtstand naar Borculo. Er stonden twee wisselmasten die goed zichtbaar waren vanaf de weg naar Borculo. Heden zijn de wisselingen verwijderd. De derde wisselmast bevond zich mogelijk onder de afgebroken masten in Lochem, waarschijnlijk zijn daarom de wisselingen bij de andere masten verwijderd.



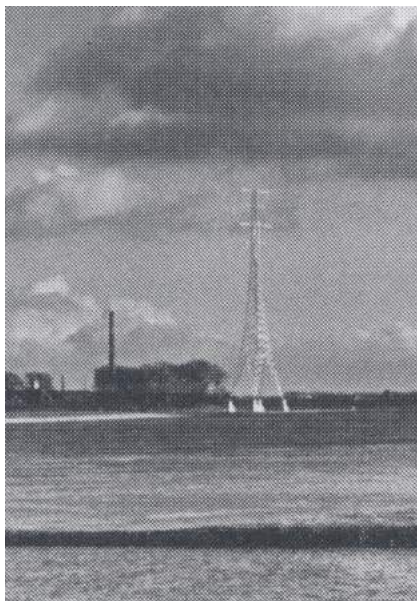
Mast 30 in de lijn Lochem - Borculo, nabij Geesteren, april 2016. De basisversie van de hoekmast van het jaren zeventig tonmasttype voor licht belaste lijnen. Merk op hoe relatief hoog het broekstuk is en hoe steil de diagonaal in dat gedeelte loopt.

Op een terrein aan de overzijde van de Berkel vanaf Borculo gezien, eindigde de lijn. Daarvoor stonden er nog enkele hoekmasten achter elkaar om aan te sluiten bij de loop van de Berkel. Opmerkelijk is dat voor zo'n nieuwe lijn een klein deel alweer twintig jaar afgebroken is. Het gaat om vijf masten bij Lochem, niet omdat het tracé een werkelijke belemmering vormde voor de nieuwe 380 kV-lijn Hengelo - Doetinchem, maar vanwege de landschappelijke inpassing van de 380 kV-lijn in relatie tot de villabebouwing bij het landgoed Ampsen. Blijkbaar was het onacceptabel dat vanuit deze huizen gezien, er twee hoogspanningslijnen zichtbaar zouden zijn. Vanuit het gezichtspunt van de hoogspanningslijnen is het echter betreurenswaardig omdat de 150 kV-lijn hier vrij spectaculair tweemaal het spoor kruiste. De wisselmasten zijn tegenwoordig niet meer als zodanig in gebruik. In 2015 vanuit hoogteoverwegingen in verband met nieuwe normering van enkele steunmasten de onderste kettingen vervangen door een afgespannen ophanging.

12.4 Tiel - Zaltbommel

Deze lijn is vooral bekend vanwege de Waalkruising bij Hurwenen. De voltooiing hiervan werd in de jaren zeventig enige tijd vertraagd door protesten vanuit de gemeente Rossum. In 2007 vloog tijdens een laagvliegproef een gevechtshelikopter van het Nederlandse leger tegen de kabels van de Waalkruising aan. De lijn kan worden gezien als een vervanging van de oude 50 kV-enkelcircuit verbinding Tiel - Neerijnen.

Er kwamen twee masttypes in de lijn voor, op het Gelderse deel een tonmast gelijk aan de lijn Lochem - Borculo. Bij Zaltbommel de buismast met uitzondering van de eindmast bij het trafostation.



Rossum, 1979. De “nooit gebruikte” noordelijke kruisingsmast was al gereed toen protesten het verder afbouwen van de lijn op het grondgebied van de gemeente Rossum staakte. Uitkomst was dat de bovenzijde van de mast geen “tonvorm” kreeg maar een vogelvriendelijker “Maas-Waal” ontwerp. De rest van de lijn naar Zaltbommel werd met buismasten uitgevoerd.

Na de kruising van de Waal, in de gemeente Rossum, stonden er buismasten, gelijk aan de exemplaren in de Achterhoek. Vanwege de lange aanlegtijd in verband met de protesten tegen de Waalkruising en de masten bij Zaltbommel is dit zo ontstaan. Het is bijna mogelijk om te zeggen dat de bovengrondse lijnenbouw met vakwerkmasten van het tontype door de PGEM eindigde met deze lijn bij de Waal. Als uitkomst voor de aanleg van de Waalkruising is de geplande tonmast vervangen door een Maas-Waalmast, een zeer breed exemplaar is het wel vanwege de functie als kruisingsmast waarbij de kabels verder uit elkaar moeten. De reeds gebouwde mast werd ontdaan van de traverses en omgebouwd! Een opmerkelijke situatie. Zuidelijk van de kruising bevindt zich nog een Maas-Waalmast, maar daarna begint een kort stukje lijn naar het trafostation waarin buismasten staan. In 1980 kon de lijn dan eindelijk in de gebruik worden genomen wat het einde betekende van de oude 50 kV-lijn.



Herstelwerkzaamheden aan de door de botsing met de defensiehelikopter beschadigde kruisingsmast over de Waal bij Hurwenen, 15 december 2007. Als gevolg van de eenzijdige geleidertrek na het doorsnijden van de kabels bezweken bij de zuidelijke mast twee traverses, bij de noordelijke traverse bleef een traverse intact.

De botsing met de Apache vond plaats in de avond van 7 december 2007. Alle kabels van de hoofdoverspanning werden doorsneden, de helikopter had lichte schade en wist nog te landen. De helikopter is namelijk voorzien van “wire-cutters”, aan de voorzijde van de cockpit vlak voor de rotorbevestiging en aan de onderzijde bij het landingsgestel. Daardoor zijn de kabels doorgesneden voordat ze schade konden toebrengen aan de rotors. Het wegvallen van de kabels had tot gevolg dat de kruisingsmasten eenzijdige trekbelasting kregen naar de afspanmasten toe. Daardoor bezweken aan de zuidkant beide traverses, aan de noordoever bezweek er een traverse. De masten zelf bleven op wat lichte schade in de bovenstuk van de toren na, intact. De economische schade was aanzienlijk omdat het een uitloperlijn was, de middenspanningsnetten hadden te weinig capaciteit om te compenseren. In dat licht is de gedachte interessant dat er vroeger een 50 kV-verbinding was tussen Den Bosch - Zaltbommel, die mogelijk had kunnen inspringen. Als provisorisch herstel werd een circuit opgehangen aan twee mobiele kranen, waarna de stroomvoorziening na drie dagen onderbreking hersteld kon worden. Vervolgens werden de masten weer voorzien van een nieuwe traverse en werden nieuwe kabels afgespannen. In februari 2008 was er niets meer te zien van het ongeluk.

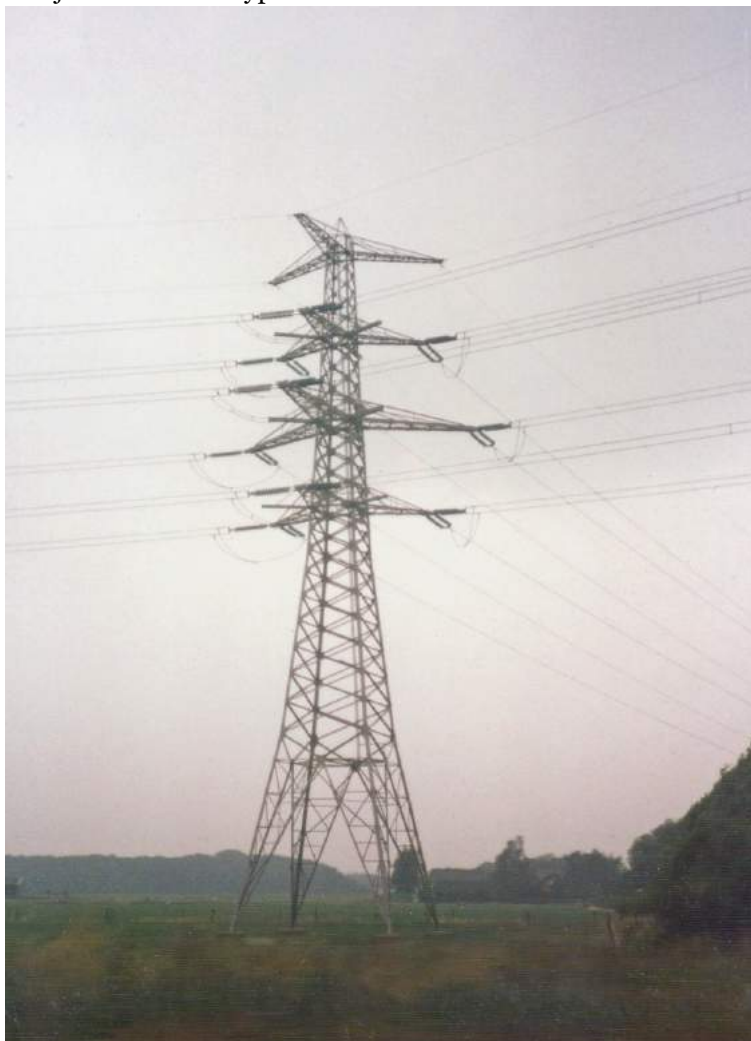


Compilatie van beelden van het ongeval Hurwenen van december 2007.

Bij Tiel is het eindpunt in 2000 een kilometer verlegd vanwege de Betuweroute. Voor de aanpassingen in het tracé zijn enkele nieuwe masten geplaatst, die echter geen verband houden met het bestaande masttype en door de stompe traverses bepaald geen vooruitgang zijn om naar te kijken.

12.5 Nijmegen - Neerbosch - Nijmegen Teersdijk

Via de driewegsmast bij de A50 deelt deze nieuwe korte stadslijn het begin met de 150 kV-lijn naar Druten. De lijn is zoals veel andere verbindingen in dit tijdvak gebouwd met tweebundel-kabels, hoewel het aansluitende gedeelte naar de Nijmeegse centrale slechts een enkele kabel heeft per fase. De hoogspanningslijn verving het bestaande deel van de oude lijn naar Blerick dat door een geplande woonwijk kwam te liggen. Via een nieuw trafostation genaamd "Teersdijk" tussen Nijmegen en Wijchen kon ook een logische plek worden gevonden om stroom te voorzien van industrie en woningen. Het masttype in deze lijn is gelijk aan dat van Hattem - Apeldoorn Woudhuis. De zwaardere versie van de jaren zeventig tonmast dus. Het bouwjaar is niet precies bekend maar zal ongeveer 1975 zijn geweest. Heden is de gehele lijn nog aanwezig. Er komen dezelfde verhoogde hoekmasten in voor als bij Apeldoorn Woudhuis voor de kruising van de A50. Opmerkelijk is verder de driewegsmast met onder 120° staande traverses die naast de A50 staat voor de aftak van de lijn naar Druten. Bij Teersdijk staan hoge eindmasten bij het station, vanwege de spoorlijn en de weg naar Wijchen. Ze zijn van een afwijkend en uniek type.



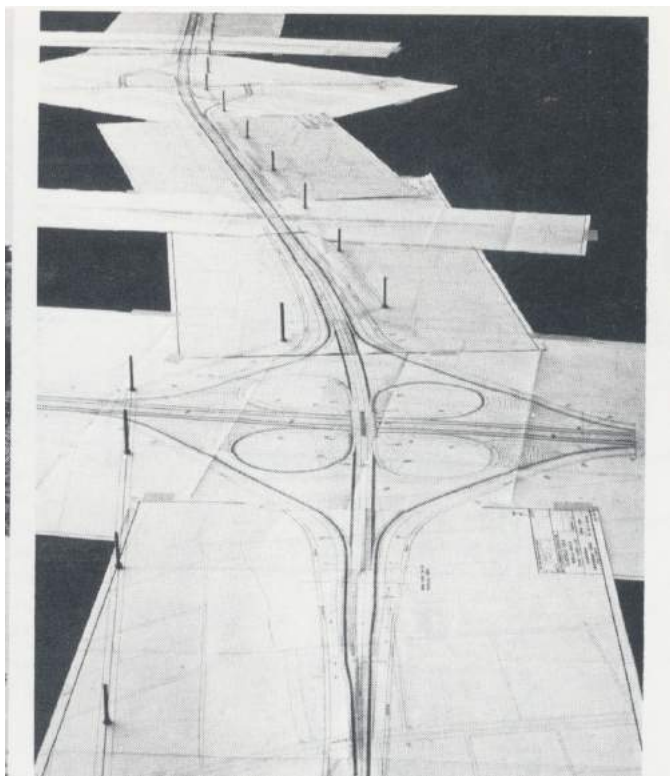
De driewegsmast nummer 20 van Nijmegen - Teersdijk gezien vanuit de auto vanaf de A73, 1995. Vanaf deze mast begint de lijn naar Druten in het land van Maas en Waal.



Trafostation Teersdijk met de twee hoge eindmasten voor de lijn naar Blerick en Druten. Februari 2013.

12.6 Neerbosch - Druten - Wamel

De hoogspanningslijn is in twee fases gerealiseerd, eerst in 1979 tot de plaats Druten. Enkele jaren later in 1988 als enkelsluitverbinding tot Wamel. Via een ondergrondse kabel naar Tiel werd een ringstructuur gecreëerd. In de beide verbindingen komt de zogenaamde "Maas-Waalmast" voor. De naam geeft al aan dat dit de eerste lijn is waarin deze mast kwam aangezien de verbinding voor een groot gedeelte door het "Land van Maas en Waal" loopt. Het was de eerste keer dat deze mast werd gebruikt, zeer waarschijnlijk om tegemoet te komen aan bezwaren vanuit landschappelijke overweging. Later zou dit masttype op grotere schaal in Noord-Brabant gebouwd worden. In het PGEM-gebied zien we verder alleen in Flevoland bij Almere dit masttype nog verschijnen en natuurlijk als Waalkruisingsmast bij Zaltbommel. Andere nieuwbouw in Gelderland werd met buismasten uitgevoerd.



Het tracé van Teersdijk - Druten ligt over de gehele lengte naast de A73 en het vervolg N322. Bovenstaand beeld komt uit het gedenkboek van de PGEM 1955-1985 van Huub Suurendonk. Boven is Beuningen, onder Druten. Het tracé passeert met twee knikken het klaverblad.



Een beeld van de lijn Druten - Wamel. Te zien is de eindmast nummer 26 bij Wamel. Op dit moment (2017) nog als enkelcircuit uitgevoerd.

De Maas-Waalmast is een vlakke mast, maar de traverses lopen onder een kleine helling op, waardoor het ontwerp wat meer dynamiek krijgt, vergeleken met de dwingende vorm van de horizontale

"hamerkopmast". De mast is voorzien van "kattenoren", maar de buitenste randen daarvan ontspringen niet op het einde van de traverse, maar halverwege de breedte van de traverse. De schuinoplopende traverse met "kattenoor"-achtige vorm, komt bij de steunmasten vriendelijk over. De hoekmasten hebben steilere kattenoren en een hogere traverse en zijn daardoor wat dwingender. Ook zijn de diagonalen opvallend zwaar, waarschijnlijk vanwege de brede traverse die grote torsiemomenten op de mast kan uitoefenen bij eenzijdige trek.

Naar de mening van de auteur is de Maas-Waalmast in principe een aardig ontwerp. In een open landschap komt hij door zijn platte vorm goed tot zijn recht. Toch mist er iets aan deze mast wat de tonmasten wel hebben. Het feit dat er maar een traverse is zorgt voor een korte centrale toren die geen interactie heeft met de traverses in de mast zoals tonmasten of ook andere ontwerpen met meerdere traverses hebben.



De kruising van de 150 kV-lijn Nijmegen - Druten met de 380 kV-lijn Maasbracht - Dodewaard vindt onderlangs met twee portalen plaats. De kruising bevindt zich bij Afferden. Mast 26 en 27 staan aan weerszijden van de portalen.

Het verloop van deze lijn is niet erg spectaculair te noemen, in een westelijke koers gaat deze verbinding gebundeld met de autoweg door de zuidelijke Betuwe. Bij knooppunt Ewijk is de hoogspanningslijn goed zichtbaar, hij kruist daar gezien vanuit Nijmegen eerst de A73 en vervolgens via een hoekmast de A50. De 380 kV-lijn Dodewaard - Maasbracht wordt met twee portalen onderlangs gepasseerd. Vanwege de nabijheid van de 380 kV-steunmast was er geen aanpassing aan de 380 kV-lijn nodig. Rond 1988 kwam er het vervolg tot aan Wamel. Blijkbaar volstond het om slechts drie geleiders aan te brengen voor een enkelcircuit verbinding. Er zijn geen noemenswaardige veranderingen aan de lijn geweest sinds de bouw ervan. Op dit moment is een verdere doortrekking in voorbereiding richting Zaltbommel, mogelijk wordt dan ook het bovengrondse deel tot Wamel voorzien van een tweede circuit.

13 BUISMASTEN

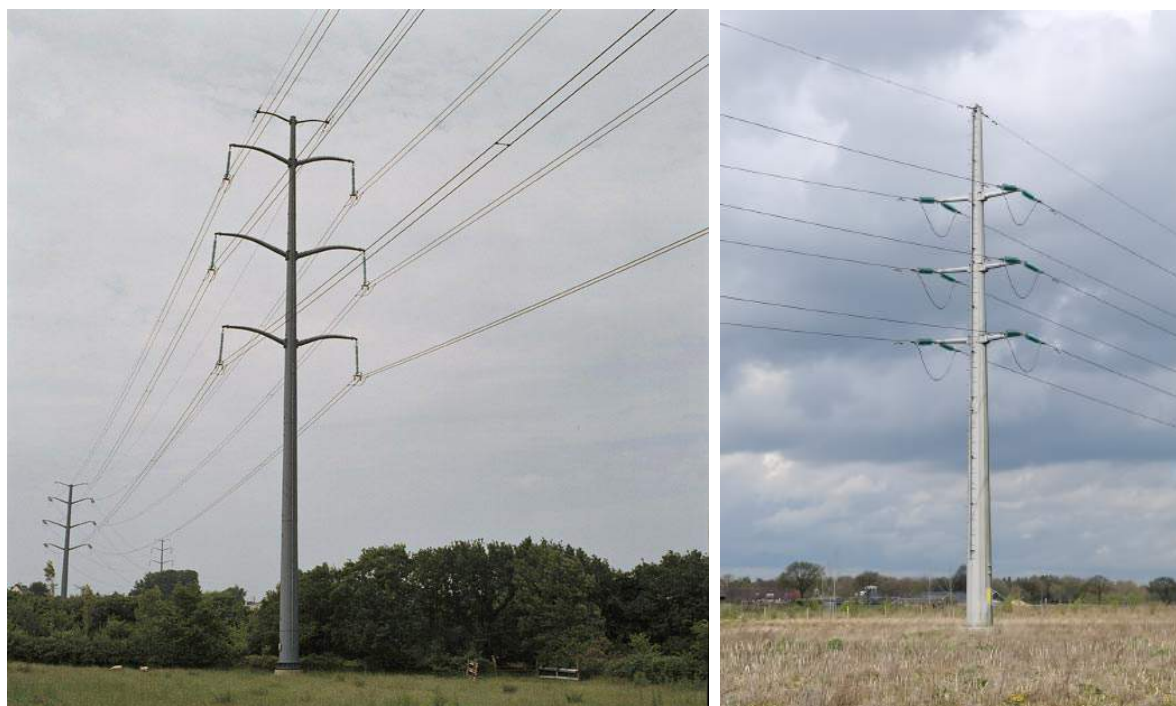
13.1 De buismast

In de jaren zeventig was het net al behoorlijk gecompleteerd. Er was een tamelijk nieuw hoofdnets van 150 kV ontstaan, daaronder was een ongeveer even uitgebreid 50 kV-net aanwezig. Voor de mastenliefhebber moet het een unieke tijd zijn geweest. Het moet toen echter bekend zijn geweest dat de toekomstbestendigheid van de 50 kV-lijnen niet voldoende zou zijn. Dat gold zeker voor de oude enkelcircuitlijnen. Zo ontstonden er diverse vervangingsprojecten waar van 50 kV naar 150 kV werd overgegaan. De netsituatie van de Achterhoek was niet heel robuust: er stonden twee 50 kV-lijnen naar Winterswijk en bij Lochem eindigde een 150 kV-lijn vanuit Zutphen. Op oudere netkaarten is te zien dat men voor ogen had dat er een 150 kV-ringstructuur zou ontstaan.

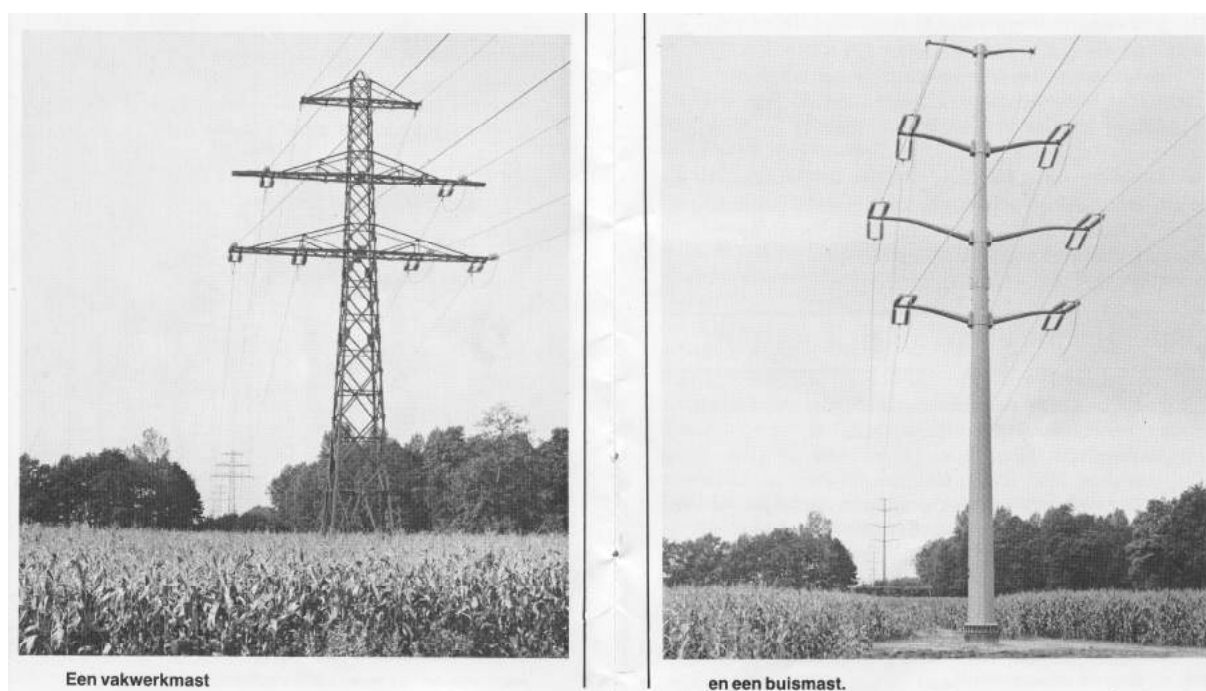
Hoogspanningslijn	Spanning	Lengte	Bouwjaar	Vervallen	Masttype
Ulft - Bredevoort	150 kV	14,7	1978	-	Buismast
Bredevoort - Winterswijk	150 kV	8,6	1978	-	Buismast
Winterswijk - Borculo	150 kV	17,7	1986	-	Buismast
Nunspeet - Harderwijk	50 kV	9,4	2001	-	Buismast

Tabel: overzicht van hoogspanningslijnen waarin buismasten werden toegepast. Tiel-Zaltbommel ontbreekt in dit staatje, deze heeft voornamelijk tonmasten, echter het deel van de lijn bij Zaltbommel is ook met buismasten uitgevoerd. De masten bij Harderwijk zijn geschikt voor 150 kV.

De eerste fase in dit project was de aanleg van een 150 kV-lijn van Doetinchem naar Winterswijk. In het deel tussen Ulft en Winterswijk vonden voor het eerst "buis masten" hun toepassing. De buismast was eerder in 1974 al door de IJsselcentrale gebouwd in Overijssel tussen Nieuwleusen en Ommen. Het model in Gelderland is een type dat door zijn gekromde traverses meteen te herkennen is als een Franse buismast, hoewel er enkele typische PGEM-kenmerken in voorkomen.



Links een Franse buismast van het type dat de PGEM ook in de Achterhoek bouwde. Deze mast is echter voor 380 kV geschikt. Rechts een 110 kV hoekmast in de lijn Almelo - Vroomshoop van de IJsselcentrale in Overijssel.



Uit de folder "Elektriciteit nu en straks" van de VEEN uit de jaren tachtig vinden we deze illustratie. Hier wordt de nieuwe Gelderse buismast gepresenteerd als vervanger van de traditionele vakwerkmast. De nieuwe 150 kV-masten kwamen op dezelfde positie te staan als de oude exemplaren voor 50 kV.

De buismasten moeten zijn ontstaan uit maatschappelijke druk tegen de zichtbaarheid van hoogspanningslijnen in het landschap. Door de stalen buis zou de mast minder opvallen. Voor de mastenliefhebber is het veelal geen vooruitgang, de buismast is een saai ontwerp waar weinig aan te zien valt. Het is ook de vraag of deze mast hier in het gesloten landschap van de Achterhoek extra waarde biedt. Zeker als je het vergelijkt met de toch vrij kleine 50 kV-masten die erdoor vervangen werden. De buismast is ook geen doorslaand succes gebleken, want er werden in dezelfde tijd ook nog lijnen gebouwd met vakwerkmasten, zoals in de Betuwe en Flevoland met de Maas-Waalmast. Voor de hogere spanning van 380 kV worden de masten dermate veel duurder dat het tot 2010 nooit kwam tot aanleg met buismasten.

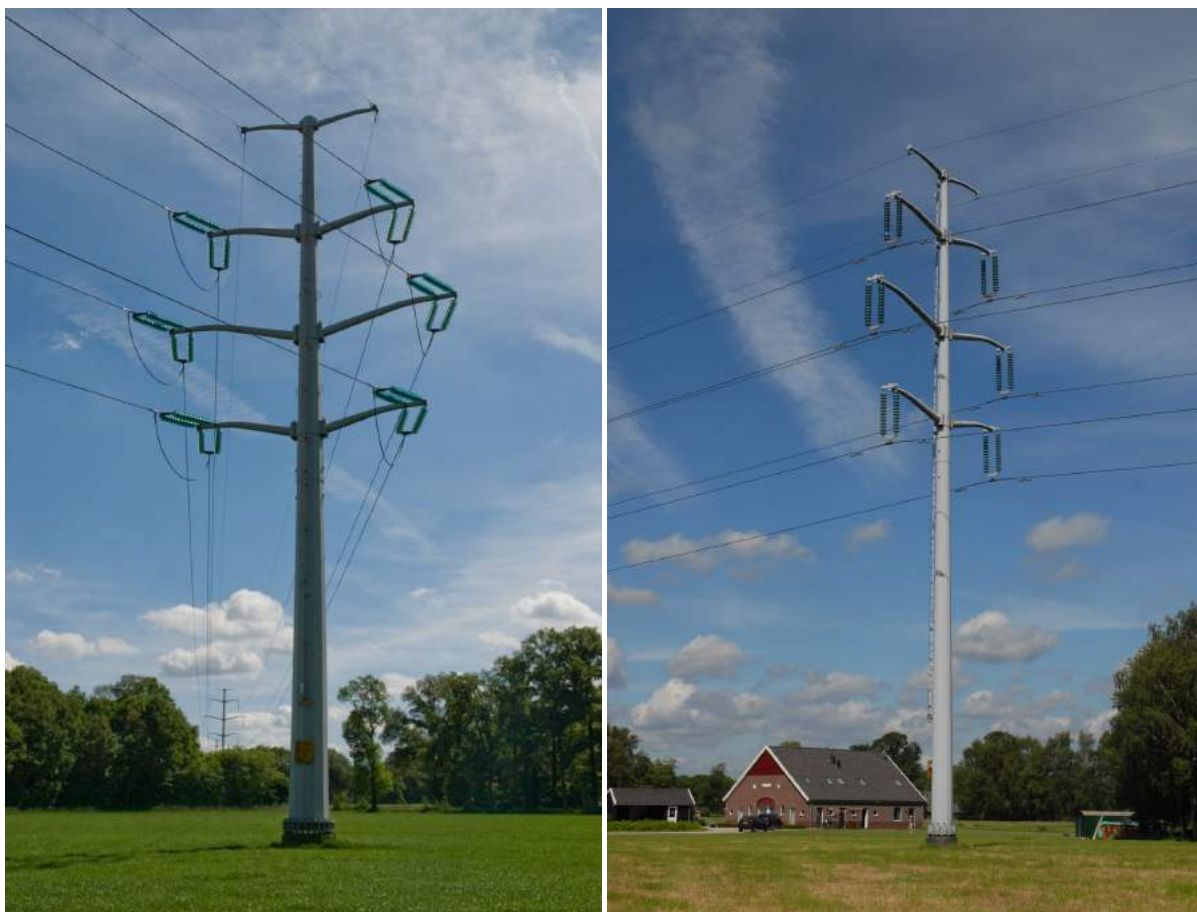
De buismasten in Gelderland zijn geschikt voor dubbelcircuit met een draad per fase en de kabels in een tonvorm. Naar goed PGEM-gebruik zijn twee bliksemgeleiders aanwezig. Wat nog wel conventioneel is aan de masten, is de wijze waarop de kabels zijn opgehangen, er zijn reguliere isolatorkettingen toegepast en niet zoals bij de IJsselcentralemasten en de huidige wintrack-masten dragende isolatoren. Bij wegkruisingen zijn de isolatoren dubbel als hangende kettingen uitgevoerd, waarbij de kettingen in lijnrichting gezien achter elkaar hangen. Halfverankering komt niet voor. In dat opzicht zijn het typische PGEM-masten.

Vanwege de kleine doorsnede van de traverse en de centrale buis kon de bovenzijde van de mast compact blijven. Daardoor zijn het niet al te grote en brede masten. Er is wel een duidelijke tonvorm in aanwezig. De overspanning tussen twee masten is ongeveer gelijk aan wat de traditionele vakwerkmasten uit elkaar staan. De buis bestaat nader beschouwd uit een rondknikte tapse plaat. Over de hoogte van de mast zijn enkele van deze segmenten aanwezig. Die zijn over elkaar gepast en door klemming in de overlapping ontstaat een vaste verbinding die onzichtbaar is van afstand. Door deze verbinding en de gezette staalplaat van de buis ontstaat een economisch ontwerp. Want door zijn slanke voorkomen is een buismast van nature zwaarder en dus duurder dan een vakwerkmast. De steunmasten zijn aan de voet ingestort in een betongevulde buispaal. De hoekmasten zijn in de lijn Ulft - Winterswijk met een groot aantal zware voorgespannen ankerbouten op de fundatiepaal bevestigd. Bij de latere lijn Winterswijk - Borculo is dat niet gebeurd, maar zijn de masten rechtstreeks in de fundatiepaal ingestort.

13.2 Ulft - Dale - Winterswijk

Het vervangen van twee 50 kV-lijnen werd beoogd met deze 150 kV-lijn. Als eerste de oude enkelcircuitlijn tussen Doetinchem en Winterswijk en opvallender, al na vijftien jaar het vervangen van de 50 kV-lijn tussen Ulft en Winterswijk. De nieuwe lijn werd op hetzelfde tracé gebouwd als de 50 kV-verbinding. Alleen bij Winterswijk werd het eindpunt van het bovengrondse deel iets buiten de kom verschoven, tot bij de Corleseweg. Er kwam daar slechts een stijgpunt. Het trafostation kwam in de oksel te liggen van de kruising van de N319 met de spoorlijn. De verbinding kende geen grote kruisingen van waterwegen en liep voor het grootste deel ook buiten het zicht van doorgaande wegen. De nummering begon in Ulft bij 41, er werd doorgenummerd vanuit Doetinchem. In Dale begon echter in het vervolg tot Winterswijk een nieuwe nummering. Dat stuk was ongeveer de helft korter dan het deel vanaf Ulft.

Door de jaren heen hebben zich geen grote wijzigingen voorgedaan aan deze lijn. Tot in 2017 een stukje van de lijn bij Ulft zal worden afgebroken in verband met de inpassing van de nieuwe 380 kV-lijn Doetinchem - Wesel. Het betreft de masten 41 t/m 54. Mast 55 zal eindmast worden, via een ondergrondse kabel wordt via de masten van Doetinchem - Wesel verbinding gemaakt met trafostation Ulft.



Masten van de lijn Ulft - Dale - Winterswijk. Kenmerkend voor de Gelderse masten is de gebogen vorm van de traverses. De isolatoren van de steunmasten hangen ondanks het internationale ontwerp, wel in de typische PGEM-vorm. Foto uit mei 2014.

13.3 Winterswijk - Borculo

Het vervolg van de lijn Dale - Winterswijk in de richting van Borculo liet nog enkele jaren op zich wachten en kwam er pas halverwege de jaren tachtig. Met de aanleg van deze lijn werd de Achterhoekse ring gesloten. Opvallend is dat het masten waren die geschikt zijn voor dubbelcircuit, maar dat slechts een circuit werd gebouwd en afgehangen. De geleiderconfiguratie is daardoor asymmetrisch, twee kabels aan de middentraverses, een aan de boventraverse. Dat heeft wel wat weg van de oude 50 kV-enkelcircuitlijnen. De ondertraverse ontbreekt geheel op de mast. Vanuit Winterswijk liep de lijn in een grotendeels rechte lijn richting Groenlo. Het tracé werd gebundeld met

de provinciale weg tussen beide plaatsen. Voor Groenlo stond een stijgpunt, waarna voor enkele kilometers de verbinding ondergronds verder ging. Ten noorden van de plaats Groenlo ging de lijn weer bovengronds verder en liep hier door een tamelijk dunbevolkt gebied. Het is een opvallend tracé zo recht op Groenlo af, in plaats van er om heen. Men zou haast denken dat het tracé is overgenomen van een eerdere oude lijn, maar dat is niet het geval. Sinds de aanleg is de lijn ongewijzigd.



Station Borculo, met rechts de eindmast nummer 1 in de lijn naar Winterswijk en linksachter de eindmast met nummer 41 in de Lochemse lijn. Foto uit 2001.



Mast 23 aan de Lintveldseweg nabij Hupsel, april 2014. In het eerste deel van de lijn tussen Borculo en Groenlo loopt deze door een dunbevolkt gebied. Het tweede deel van Groenlo naar Winterswijk gaat grotendeels parallel aan de doorgaande weg N319. De masten hebben door hun onvolledige benutting wel een “sprieterige” vorm als ware het een insect met uitgetrokken poten.

13.4 Nunspeet - Harderwijk

Ook deze buismastenlijn is een vervangende lijn. De nog niet eens zo heel oude 50 kV-lijn tussen beide plaatsen moest in 2001 wijken voor deze nieuwe, die geschikt is voor 150 kV. Toch is heden de lijn nog met 50 kV in bedrijf. Mogelijk was het de eerste fase in het vervangen van de laatste overgebleven 50 kV-lijnen bij de Veluwe, via Harderwijk verder naar Nijkerk en Ede, maar op die laatste trajecten is het er nog niet van gekomen. Het omgekeerde is juist gebeurd, de huidige 50 kV-lijnen zijn in 2013 nog gerenoveerd, zodat ze nog jaren meekunnen. Misschien dat de afsplitsing van de kleine 50 kV-lijnen naar Liander er aan heeft bijgedragen dat de vervanging door 150 kV niet verder heeft plaatsgevonden dan op het stuk Nunspeet - Harderwijk.

De vervangende lijn is vrijwel op hetzelfde tracé gebouwd als de oude lijn. Alleen het beginpunt bij Nunspeet is een stukje verschoven tot buiten de bebouwde kom. Het masttype is gelijk aan dat van de Achterhoekse exemplaren, behalve dat er onderhoudsbordjes bij de traversebevestiging aanwezig zijn. Er zijn behalve de licht verhoogde masten bij Harderwijk geen bijzonderheden te vermelden.



Mast 3 van Harderwijk - Nunspeet. De masten zijn wat uiterlijk betreft op de bordessen na identiek aan hun voorgangers in de Achterhoek. We zien hier wel bij de steunmasten kortere isolatoren vanwege de spanning van 50 kV. De hoekmasten hebben al wel de langere kettingen voor 150 kV. Foto uit 2005.

14 380 KV-LIJNEN

14.1 Inleiding

De "slagaders" van het hoogspanningsnet vormen de 380 kV-lijnen die onderdeel zijn van het landelijk koppelnet. In deze lijnen staan de hoogste masttypes van het mastenlandschap en ze zijn aangesloten op de grootste trafostations. Meerdere verbindingen voor de spanning van 380 kV doorkruisen de provincie Gelderland en Flevoland, het voormalige concessiegebied van de PGEM. Dit is in drie stappen zo ontstaan. Als eerste de lijnen van het landelijke koppelnet, daarna de "oostering", als laatste Doetinchem - Wesel.



Afbeelding van het eerste koppelnet van 380 kV uit stroom voor Nederland (1970).

Aan het begin van de jaren zestig werd duidelijk dat het koppelnet zoals dat op dat moment bestond, niet lang meer voldoende transportcapaciteit zou hebben. Er werden plannen ontwikkeld voor een nieuw koppelnet op een hogere spanning. Mede op basis van hoogspanningslijnen in het buitenland werd er voor gekozen om het nieuwe koppelnet voor een spanning van 380 kV te bouwen. Door de kabels als driebundelgeleiders uit te voeren was het mogelijk om een fors groter vermogen te transporteren dan het toen bestaande net. In 1968 begon de bouw van de eerste fase van het koppelnet dat liep vanuit het zuiden in Maasbracht via Eindhoven, Geertruidenberg, Krimpen naar Diemen. Verder was er een uitloper naar Dodewaard en een enkele jaren later gebouwde lijn naar Ens. Laatstgenoemde verbindingen kwamen door het concessiegebied van de PGEM. Begin 1970 werd het deel van Dodewaard tot Krimpen in gebruik genomen, halverwege het jaar volgde de laatste lijn tot Diemen. De verlenging met de verbinding door de Flevopolder naar Ens kwam er in 1972. Naar huidige maatstaven is het moeilijk voor te stellen dat de eerste fase van het koppelnet, met 852 Donaumasten met bijbehorende trafostations is gebouwd in een tijdsbestek van hooguit twee jaar.

Hoogspanningslijn	Spanning	Lengte	Bouwjaar	Vervallen	Masttype
Maasbracht - Dodewaard (vanaf grens)	380 kV	25,5	1970	-	Donaumast
Diemen - Ens (grens tot grens)	380 kV	51,2	1972	-	Donaumast
Doetinchem - Hengelo (tot grens)	380 kV	37,7	1991	-	Donaumast
Dodewaard - Doetinchem	380 kV	45,4	1991	-	Donaumast
Doetinchem - Wesel	380 kV	22,5	2017	-	Bi-pole buismast

Tabel: 380 lijnen die in de provincie Gelderland en Flevoland zijn gebouwd.

Al vanaf het begin zat een ringsluiting via het oosten van Nederland in de planning. Die kwam er echter niet onmiddellijk. In de jaren zeventig werd het 380 kV-net eerst uitgebouwd in Zuid-Holland naar de Maasvlakte. In Zeeland kwam een lange uitloperlijn naar Borssele. Verder werden nog bestaande 150 kV-lijnen opgewaardeerd met masten voor 380 kV, zoals bij Zaandam. Waarschijnlijk ook door het veranderde tijdsgewricht begon pas eind jaren tachtig de bouw van de oostelijke ringsluiting. Daarvan zijn twee lijnen van belang in dit rapport: Dodewaard - Doetinchem en het vervolg van Doetinchem naar Hengelo. In deze lijnen kwam een vernieuwde versie van de oorspronkelijke 380 kV-mast voor. Ook werd voor het eerst een combinatiemast voor 110 en 380 kV toegepast. Een 150/380 kV-combinatiemast zat er echter niet in, hoewel dat in Gelderland mogelijkheden had gegeven om lijnen te combineren. Voor de mastenliefhebber is dat geen vervelende keuze want daardoor is de afbraakgolf in Gelderland waarschijnlijk veel beperkter gebleven dan in Overijssel het geval is.

Na de completering van de ooststring in 1991 volgde een periode van weinig lijnenbouw. In 2017 werd echter in Gelderland de verbinding met Duitsland tussen Doetinchem en Wesel aangelegd. In deze lijn werden zogenaamde wintrackmasten toegepast. We behandelen de 380 kV-lijnen vanaf het begin, dus eerst de twee koppelnetlijnen uit de jaren zestig en zeventig.

14.2 Masttype

In de verbindingen Maasbracht - Dodewaard en Diemen - Ens is het masttype gelijk aan de overige lijnen van de eerste generatie 380 kV-lijnen. Dit zijn in de basis Donaumasten. Zoals bekend is dit een mast waarbij de kabels aan twee traverses in een meer of minder gelijkzijdige vorm aan weerszijden van de toren hangen. Volgens [De Ingenieur, 1965] kreeg dit masttype “mede om economische redenen de voorkeur boven het dennenboomtype (met het tontype als variant)”. Hoewel de dennenboommast een kleinere benodigde strookbreedte heeft, kent die weer een grotere hoogte, “wat in een vlak land als het onze niet zonder betekenis is”.

De fasekabels worden gevormd door driebundelgeleiders. De gerealiseerde mast met een hoogte van 48 meter is te beschouwen als de oerversie van de 380 kV-masten in Nederland en heeft een heel eigen karakter. Beeldbepalend zijn de zeer lange isolatorkettingen die in halfverankering zijn opgehangen. De hoekmasten zijn geheel anders van vorm dan de steunmasten. Bij de hoekmasten zijn het de “kattenoren” op de boventraverse die het aanzien bepalen. De kattenoren zorgen ervoor dat de bliksemdraad zijn afstand tot de geleiders houdt ook als deze niet met een hangende ketting aan de mast bevestigd zijn. Ten opzichte van buitenlandse (Duitse) masten ontbreekt dus een extra boventraverse of spits topstuk. De steunmast oogt tamelijk licht door lichte verbandstaven. We zien dat de diagonalen in de voor- en zijvlakken verspringen ten opzichte van elkaar. Bij de hoekmasten is dat niet zo. De hoekmast heeft een bescheiden knikje in de randen bij de onderste verband van het broekstuk. Bij de steunmasten is dat veel duidelijker. De isolatorkettingen beginnen eerst met een stalen staafje. Op deze manier is de uitzwaai beperkt zonder dat de lengte van de kettingen te kort zou worden. Volgens de ontwerpbeschrijvingen is tot een afstand van 60 km uit de kust vanwege de vervuiling gekozen voor halfverankering, bij grotere afstanden is ook een enkele ketting toegepast. Bij de lijn naar Ens komt de enkele ketting ook voor zodat daar een kleinere afstand moet zijn aangehouden.



Het basistype van een 380 kV steunmast en een voorbeeld van een 380 kV-hoekmast, augustus 2016. Het meest opvallende kenmerk zijn de "kattenoren" van de boventraverse, noodzakelijk om de bliksemgeleider te dragen. De toren heeft een duidelijke hellingsverandering bij de ondertraverse en een kleine verandering bij het broekstuk. In dat opzicht verschilt de hoekmast nogal van de steunmast.

Het zijn wat betreft aanzien uiteraard grote masten en het ontwerp van de masten mag als zeer geslaagd worden gezien. Al zijn er wel wat dingen op aan te merken. Dat is zeker het geval sinds er nieuwere versies van de 380 kV-lijnen zijn gebouwd, waarmee vergeleken kan worden. Het meest beeldbepalende kenmerk is de halfverankering bij de steunmasten. Dat komt door de grote lengte van de isolatoren en de wijde hoek tussen de twee kettingen. Hoewel de meningen hierover verschillen geeft het een drukker karakter dan een ingeval een enkele verticale ketting. Het maakt de mast nog meer zichtbaar in het landschap.

Bij de hoekmasten zijn als gevolg van de lange kettingen de verbindingsbogen erg lang, zodat die wat "platter" zijn. Dit lijkt de mast goed te passen omdat de kattenoren ook wat lager zijn dan bij de ooststringmast. Wat betreft constructie is het verstorend dat de diagonalen in de zijvlakken in de onderkant van de toren niet op elkaar aansluiten. Daarnaast is ook de vorm van de verbanden en tweede orde verbanden erg wisselend, hetgeen een wat onrustig aanzien geeft. Dit geldt bijvoorbeeld voor de verbanden in de ondervlakken van de traverses. De grote uniformiteit van de masten is wel een grote kwaliteit van de 380 kV masten in de eerste fase.

14.3 Diemen - Ens (grens tot grens)

In 1972 werd de nieuwe 380 kV-koppelnetslijn tussen Diemen en Ens gebouwd. Dat kon omdat twee jaar eerder ook Zuidelijk Flevoland was drooggevalen. De lijn ging over grondgebied van de PGEM-concessie en valt dus binnen het bestek van dit rapport. Het is als onderdeel van de eerste 380 kV-lijnen een exemplarische verbinding uit die tijd. Aan de ene kant een wat saaie verbinding vanwege de grote rechtstanden, maar tegelijkertijd is de lijn ook boeiend door de vele verhoogde masten bij waterkruisingen en ook verlaagde masten bij de luchthaven van Lelystad. Bij de Flevocentrale was de mogelijkheid voorzien om aan te sluiten op de Flevocentrale, maar dat gebeurde pas in 2003.

Het valt op dat de koppelnetlijnen van de eerste fase uit de jaren zestig en zeventig zonder uitzondering langs nieuwe tracés werden aangelegd en dus niet volgens het "bundelingsprincipe" met andere infrastructuur werden ingepast. Ook bij deze verbinding is dit het geval, zeker niet omdat er nog heel weinig andere infrastructuur was in de net drooggevallen polder.



Mast 54 op een kunstmatig eiland (de mast was eerder) in het Weerwater, goed zichtbaar vanaf de A6 en vanuit het centrum van Almere.

De 380 kV-lijn naar Ens begint bij het trafostation van Diemen, naast de elektriciteitscentrale (toen nog in aanleg) en dicht aan het Markermeer. Het begin van de lijn volgt een oostelijke richting naast de snelweg A1. Vanaf dit punt tot aan het snelwegknooppunt Muiderberg is in 2015 de lijn op een nieuw tracé verplaatst. Enkele masten zijn daarbij vervangen door nieuwe exemplaren. Ook de overspanning van de A1 via twee scherpe hoeken is veranderd. In een nog te verschijnen rapport zal hier verder op ingegaan worden. Bij het snelwegknooppunt "Muiderberg" boog hij af om de noordoostelijke richting aan te nemen door Flevoland. Vlak voor de kruising met het randmeer zijn over een lengte van een kilometer de masten vanwege de vogels uitgevoerd als portalen, wat een unicum genoemd mag worden. Hier bereikt de lijn met een aantal gematigd hoge kruisingsmasten over het Gooimeer de provincie Flevoland. De masten zijn van de exemplaren met zeven ruiten in de toren, dus circa 15 meter verhoogd. De laatste masten zijn minder verhoogd zodat de masten geleidelijk "opstijgen". Hierna volgt een zeer lange rechtstand, met hooguit wat kleine bochten, helemaal tot aan Lelystad. De plaats Almere is gebouwd na deze hoogspanningsleiding, zodat de lijn is vervlochten geraakt met de stad. Bijzonder is het punt waar de lijn door het Weerwater loopt. Een steunmast en een hoekmast staan daar "op" een eiland. Vanaf de snelweg is dit goed te zien. De lange isolatorkettingen in halfverankering geven de masten een zeer herkenbaar en dominerend uiterlijk.

Ten zuiden van Lelystad komen verlaagde masten voor, zonder een topstuk boven de boventraverse. De hoogte bedraagt 40 meter, de maximaal toegestane hoogte vanwege de nabijheid tot de luchthaven van Lelystad. De verbanden in de torenzijvlakken sluiten bij deze masten wel netjes aan in tegenstelling tot de basismodellen. Het bovenstuk van de mast heeft parallelle randstaven, zodat het lijkt of het mastlichaam boven breder is, als ware een taille aanwezig bij de ondertraverse. Na dit stuk passeert de hoogspanningsleiding het tracé van de snelweg en gaat verder aan de oostkant. Daar bundelt hij zich met de twee 150 kV-lijnen vanuit Gelderland, met de karakteristieke deltavorm. De masten staan wel op enige afstand van elkaar.



De 380 kV-lijn door de Flevopolder in aanbouw. Hier zijn de lagere masten te zien in de nabijheid van luchthaven Lelystad.

Juist bij de Flevocentrale boog de lijn echter plotseling af van de twee 150 kV-lijnen en ging daar via twee portalen verlaagd onder de net iets oudere 150 kV-lijnen heen. Dat zien we niet vaak dat de hogere spanning onderlangs passeert. De lengte van de onderdoorgang was berekend op nog een mogelijke lijn naar Zeewolde maar die is er in die vorm nooit gekomen. De scheef in lijnrichting staande hoekmast 156 was in de lijn opgenomen om een latere aansluiting met een eventueel 380 kV-station mogelijk te maken. De aansluiting kwam er uiteindelijk in 2003.



De Ketelmeerkruising, juni 2015. Een van de meest indrukwekkende waterkruisingen in Nederland met een serie van vijf hoge kruisingsmasten, waarvan er drie in het Ketelmeer staan.

Na een tweetal grote rechtstanden werd dan de Ketelmeerkruising bereikt, waarmee het grondgebied van Zuidelijk Flevoland weer werd verlaten. De kruisingsmasten zijn verschillend in hoogte en opvallend is dat blijkens Topografische kaarten op het allerlaatste moment er moet zijn besloten tot een extra kruisingsmast, waarschijnlijk om meer doorvaarthoogte te verkrijgen. De nummering van de lijn klopt daardoor niet meer, want er is een -II nummer aanwezig. Van de vijf hoge kruisingsmasten lijken er twee lage, twee hoge en een nog lagere te zijn. Dat is echter niet correct, want vanwege het veel lager liggende polderland is de mast in de Noordoostpolder gelijk aan de twee aansluitende "lage"

masten van de kruising, het zijn de S+24 varianten. De hoge kruisingsmast in het water is een S+36 en de hoge mast in Flevoland is door zijn lagere fundering de hoogste als S+42 mast. Dan gaat het om een circa 90 meter hoge mast. De drie masten die in het Ketelmeer staan, zijn geplaatst op een grote betonnen buispaal met vier draagarmen. Dat deze paal robuust is, heeft een aanvaring met een schip in 2015 uitgewezen, want de mast bleef intact. De kruising door het Ketelmeer blijft een bijzonder gezicht en is ook goed zichtbaar vanaf de Ketelbrug. Samen met de kruisingen van de Lek en de Merwede in de lijn Krimpen - Geertruidenberg, is het een van de meest beeldbepalende waterkruisingen van Nederland.

Door de jaren heen is er weinig veranderd aan deze lijn op Flevoland zijn grondgebied, behalve de reeds besproken wijziging bij de Flevocentrale. Wat er mogelijk nog gaat gebeuren is het opwaarderen van de capaciteit, echter bij het opstellen van dit rapport 2017, zijn de plannen daarvoor nog niet geheel duidelijk.

14.4 Maasbracht - Dodewaard (vanaf grens)

Dit is een zeer lange verbinding die tot de aanleg van Zwolle - Meeden de langste was. Wat betreft aantal masten is hij dat nog steeds, maar liefst 259 masten maken er deel van uit. Deze lijn maakt onderdeel uit van de eerste fase van het koppelnet. Aanleg vond plaats in 1969.



De kruising van de rivier de Waal bij Dodewaard, mast 249 en 250, 2015. Deze masten van het type S+36 reiken tot bijna 100 meter hoogte. De steunmast direct achter de kruising is ook nog een verhoogde versie met de zo typische kattenoren. Niet in beeld is de hoekmast aan de noordelijke oever die een vergrote afstand tussen de traverses heeft.

De verbinding heeft op het Gelderse grondgebied een niet al te grote lengte, maar maakt wel indruk door de imposante kruisingsmasten over de Waal. De lijn komt bij het dorp Overasselt de provincie binnen, in de streek die wordt aangeduid als het Rijk van Nijmegen. De Maas is hier de grens. De rivier wordt met twee kruisingsmasten van het "tussentype" overspannen, mast 193 en 194. Dat zijn de masten met een rechtlijnig onderstuk, maar wel de boventraverse met kattenoren. Vervolgens buigt de lijn met een scherpe hoek af in noordwestelijke richting om een ten zuiden van de agglomeratie van Wijchen langs te lopen. Met enkele grote rechtstanden wordt bij knooppunt Bankhoef de A50 gepasseerd. Er is hier een rij van drie verhoogde steunmasten toegepast, ook vanwege de kruising met de spoorlijn naar Oss.

Na nog een rechtstand buigt het tracé af in noordelijke richting, waarna de bij Afferden de Waalkruising wordt bereikt. De masten zijn bijna 100 meter hoog en behoren tot de hoogste types die we aantreffen in het koppelnet. Het mastlichaam loopt naar onderen breed uit en de mast zelf staat op hoge betonnen fundaties met wiggen om bij ijsgang op de rivier het ijspakket opzij te splijten. De hoekmast ten noorden van de kruising heeft een verhoogd bovenstuk vanwege de hogere positie van de bliksemdraad. Na de waalkruising wordt de A15 overspannen, waarna via twee bochten het 380 kV-station van Dodewaard wordt bereikt. De naamgeving van het station legt een link met de voormalige kerncentrale, maar dat is niet correct. De centrale bevindt zich zuidelijker aan de Waal. Het 380 kV-trafostation ligt tussen de plaats Opheusden, Dodewaard en Hemmen in, de positie werd bepaald door de nabijheid van het trafostation van de 50- en 150 kV-lijnen. Er werd een behoorlijk groot trafostation gebouwd dat later ook plaats zou bieden aan de lijn richting Doetinchem. Het lag niet direct naast het 150 kV-station, maar op enige afstand aan de overkant van de polderweg. Er werden twee trafo's neergezet en via een zware koppellijn werd het 150 kV-station verbonden.



Mast 257 kort voordat het station van Dodewaard wordt bereikt. Het is een hoekmast geschikt voor een scherpe knik in het tracé. Foto uit juni 2007.

Sinds de aanleg in de jaren zestig is er op Gelders grondgebied niet wezenlijk iets aan de 380 kV-lijn veranderd. De masten bij de A15 waren reeds voldoende hoog om ook de Betuweroute te overspannen. De opkomende bebouwing op die plaats zorgt er wel voor dat de masten nu bij een industrieterrein staan.

14.5 Doetinchem - Hengelo (tot grens)

Deze lijn vormt het tweede onderdeel van de "ooststring", de sluiting van de landelijke 380 kV-koppelnetring tussen Ens en Dodewaard. Hoewel de ooststring al lang in de planning stond, kwam de daadwerkelijke uitvoering pas eind jaren tachtig. De bouwrichting was van Ens via Hengelo naar Doetinchem en verder naar Dodewaard. De lijn tussen Doetinchem en Hengelo is gebouwd in 1990, een jaar later werd hij in gebruik genomen. Het is een landschappelijk gezien bijzondere lijn door de Achterhoek en Twente. Er komen totaal op Gelders grondgebied 87 masten in voor.



Mast 75 ten noorden van Lochem, februari 2016. Dit is het laagste type hoekmast met de kleinste lijnhoek, HA-3. Links het portaal voor het stijgpunt in de 150 kV-lijn tussen Lochem en Borculo, vanwege het feit dat hier voor de inpassing van de nieuwe lijn de 150 kV-lijn over enige afstand ondergronds werd gelegd.

Het masttype is net als de meeste 380 kV-lijnen uit het tijdvak tot de jaren tachtig de Donaumast. De masten in de Oostring hebben een behoorlijke gelijkenis met de masten zoals die zijn gebouwd in de eerste generatie 380 kV-lijnen van het koppelnet in West-Nederland. Echter, ze zijn op punten gewijzigd en hebben ook andere isolatorkettingen met toebehoren zodat de aanblik toch duidelijk verschilt.

Het was echter niet de eerste lijn met dit masttype, die eer valt het korte stukje lijn tussen Zandvliet en Rilland toe. Daar werd de vernieuwde mast voor het eerst gezien, in 1986 kwam deze lijn gereed. In 1987 werd ook de 380 kV-lijn tussen Meeden en Diele (D) aangelegd met de Donaumasten. Daar was echter in de basis sprake van een andere steunmast die iets slanker was. Na de verbindingen van de oostring waarvan Dodewaard - Doetinchem de laatste was, zijn de "oostring"-masten niet meer gebruikt in nieuwbouwlijnen.

Er werd in de jaren erop nog slechts eenmaal een nieuwbouwproject gedaan met vakwerkmasten. Dat was in 1995 tussen Eemshaven en Zwolle. Die masten waren echter afwijkend van de oostring omdat de lijnen een grotere transportcapaciteit kregen. Daarna volgde een tijdvak zonder lijnenbouw, wat veranderde in het decennium na 2010. Toen kwam de lijnenbouw weer op gang, maar werd er voor de nieuwe lijnen gekozen voor buismasten van het wintracktype in plaats van vakwerkmasten.



Mast 23 bij Hengelo is een voorbeeld van een S+3 steunmast. Het broekstuk is hoger uitgevoerd. De masten in de lijn Doetinchem - Hengelo zijn heel divers, tussen Zutphen en Doetinchem komen veel exemplaren van de hogere variant voor.

De “oostingversie” van de Donaumast mag beschouwd worden als een zeer fraaie mast. Ten opzichte van de voorgangers is het ontwerp verfijnder uitgevoerd, de toren is heel netjes van vorm zonder grote verschillen in diagonaalhoek. De verbanden zijn in beide torenvlakken gelijk aangesloten en de indeling van de verbanden is van gelijke dichtheid met minimale grootte van de knoopplaten. De isolatorkettingen zijn relatief kort van lengte, vanwege de grote afstand tot de zee waarschijnlijk. Er zijn geen coronaringen toegepast. De halfverankering die zo kenmerkend is voor de masten in de westring is op alleen de grote waterkruisingen en spoorkruisingen na, niet aanwezig in de oosting masten. In plaats daarvan is bij wegkruisingen een dubbele verticale ketting gekozen. Dat lijkt enigszins op wat de PGEM heeft gedaan. Deze dubbele verticale ketting is dan weer het kenmerk voor de oosting geworden. Er zijn veel varianten voor de steunmasten, waarbij niet alleen de hoogte van de mast verandert, in stappen van drie meter. Ook de breedte van de traverses varieert. Daardoor is de tussenafstand van de fasen groter dan bij de bredere mast. De S-6 en S-3 hebben een verkleinde breedte. De S+0, S+3 en S+6 hebben een regulier brede traverse, de S+9 en hogere versies zijn verbreed. De verschillen zijn echter subtiel.



Mast 21 in het landschap van de Achterhoek tussen Toldijk en Hengelo (G). Deze mast is een HA+0 en oogt een stuk groter dan de 3 meter lagere versie. Op de achtergrond zijn ook de steunmasten van de hogere versies zichtbaar die in het lijngedeelte tussen Doetinchem en Zutphen relatief veel voorkomen. Foto's van juli 2013.

De hoekmasten hebben de beeldbepalende "kattenoren" of "kroonvorm". De hoek is iets steiler dan bij de "westringmasten" zodat de hoogte gelijk is aan het topstuk. Het onderstuk van de hoekmasten heeft geen knikken, zodat bij de hogere varianten de mast breed uitloopt naar onderen toe. Er zijn afhankelijk van de lijnhoek drie traversebreedtes. Bij de twee varianten met grote lijnhoek worden de verbindingbogen of bretels gesteund door isolatoren in een driehoekvorm onder de traverse. Er zijn vier hoogtes van het mastlichaam mogelijk, de H-3, de H+0, de H+3 en de H+9. De eerste twee komen verreweg het vaakst voor en hebben drie diagonaalruiten in het onderstuk. De twee hogere hebben vier ruiten.



Station Doetinchem - Langerak op een avond in augustus 2001. De twee eindmasten voor de lijnen naar Hengelo en Dodewaard staan allebei aan de westzijde van het station. Enigszins vreemd heeft de eindmast voor de lijn naar Hengelo nummer 2.

Gaan we in op de lijn Doetinchem - Hengelo zelf. Opmerkelijk start de nummering in Doetinchem bij station Langerak niet bij nummer 1, maar bij 2. De reden hiervoor is onbekend. Wellicht werd op het laatste moment besloten om het trafostation op een andere plek te bouwen. Het 380 kV-station Langerak werd gebouwd op een locatie bij de Oude IJssel, op het tracé van de bestaande lijn Doetinchem - Zutphen die hiervoor werd onderbroken. De 380 kV-lijn werd ook gebundeld met deze bestaande lijn tot Zutphen. Er was geen combinatiemast voorzien met 150 kV, zodat de 150 kV-lijn kon blijven staan. Het was blijkbaar niet mogelijk om in het vervolg tot Zutphen de nieuwe lijn direct naast de bestaande te bouwen. De tracé's verwijderden zich van elkaar tot maximaal een paar honderd meter. Door de tussenafstand is de 380 kV-lijn hier gebouwd als ware het een zelfstandige lijn. De veldlengtes van de 380 kV-lijn zijn vanwege het toch relatief open landschap aan de grootst mogelijke kant, tot meer dan 450 meter.

Bij mast 4 buigt de 380 kV met een scherpe hoek naar het noorden af, net als de 150 kV-lijn dat doet. Het landschap van de Oude-IJssel wordt daarmee verlaten. Direct hierna volgt een enigszins grillig verlopend stukje tracé, met korte rechtstanden en wisselende masthoogtes. Na mast 10 echter, krijgt het tracé een noordelijke richting en zijn de vaklengtes groter. Het landschap is een stuk weidser en er komen opvallend veel verhoogde masten S+3 voor in dit gedeelte. De 150 kV-lijn blijft op een paar honderd meter afstand van de 380 kV-lijn. Voor 1980 stond de oude 50 kV-lijn niet ver van het tracé van de nieuwe lijn. Er is hier dus een decennium geweest met enkel de 150 kV-lijn, waarna een grotere 380 kV-lijn terugkwam. Bij het dorp Vierakker verlaat de 380 kV-lijn weer de 150 kV-lijn. Dat gaat wederom met wat wisselende masttypen, zo staan er enkele steunmasten van het laagste type. Met twee hoekmasten volgt het tracé in zekere mate de rondweg van Zutphen, maar kruist die uiteindelijk wel. Dat gebeurt tussen een hoekmast met scherpe lijnhoek en een verhoogde steunmast met zes ruiten (S+9) en halfverankering. De lijn gaat dan verder in noordelijke richting juist ten westen van de rondweg. Bij de kruising met de spoorlijn is weer een verhoogde S+9 mast met halfverankering toegepast. Dan buigt bij Eefde het tracé af in oostelijke richting via twee paar hoekmasten. Om de inpassing mogelijk te maken is de 150 kV-lijn Zutphen - Lochem grotendeels afgebroken over de volgende circa vijf kilometer naar Lochem. De lijn loopt door fraaie bosgebieden met hoge bomen en het is opvallend hoe smal de strook bomen is die gekapt zijn om plaats te bieden voor de masten en kabels. Ten noorden van Eefde komen drie verhoogde S+3 steunmasten voor om de kabels over de bebouwing en het talud van de weg te krijgen. De masten hebben een geringe lijnhoek, tekenend voor de moeilijkheid die hier moet zijn geweest om de lijn in te passen.



Het grote onderscheid tussen de 380 kV-masten van de oostering met hun voorgangers uit de lijnen van de eerste fase in het koppelnet zijn de steilere en hogere "kattenoren". Hier is dat bij mast 49 goed te zien (2016). Bij het volgen van de lijn Doetinchem - Hengelo is vaak zichtbaar dat veel aandacht is besteed aan het in stand houden van begroeiing onder of naast de lijn.

Hierna maakt het tracé ten noorden van de boerderij de Baankreis een z-vormige knik, net als het oude tracé van de 150 kV-lijn. Vanwege het feit dat de 380 kV-lijn een grotere veldlengte kent dan de voormalige 150 kV-lijn, was een steunmast van het laagste type toereikend. Een groot verschil met de twee hoekmasten aan weerszijden die beide licht verhoogd zijn. Vervolgens is weer een langere rechtstand aanwezig tot de kruising van het Twenthekanaal. Toch zijn er nog twee verhoogde steunmasten toegepast om voldoende hoogte te krijgen voor bebouwing en een oprit naar een brug. Het Twenthekanaal en de spoorlijn worden in een vak overspannen, waarbij twee zeer hoge S+15 masten met zeven ruiten en een hoge mast met zes ruiten voorkomen. Die laatste staat echter op een verhoogd fundament, zodat het lijkt alsof er drie in gelijke mate verhoogde masten staan. De masten aan weerszijden van de spoorlijn hebben halfverankering, de S+9 bij het Twenthekanaal niet. Via een verhoogde hoekmast komt het tracé parallel aan de bestaande 150 kV-lijn Lochem - Borculo en de spoorlijn. De oorspronkelijke 150 kV-lijn is hier om landschappelijke redenen bij het station van Lochem ondergronds gebracht. De 380 kV-lijn verwijderd zich iets van het spoortracé en passeert vlak langs een kapitale villa (ooit gemeentehuis Laren) aan de Exelse weg. Ook hier zal de inpassing van het tracé erg moeizaam zijn geweest.



Mast 80 bij Lochem doet de lijn in noordoostelijke richting afbuigen richting Hengelo, mei 2012. Daarbij volgt hij de spoorlijn Zutphen - Hengelo en het Twenthekanaal. Op de voorgrond de voor de kruising van het Twenthekanaal verhoogde hoekmast in de 150 kV-lijn naar Borculo.

Daar de spoorlijn en het kanaal een bocht in noordoostelijke richting maken, komt het tracé weer terug bij het spoor. Bij de hoekmast van de 150 kV-lijn die de kabels over het kanaal laat passeren, maakt de 380 kV-lijn juist een scherpe bocht in de andere richting om niet over de spoorlijn te gaan. Het tracé volgt nu tot aan Goor (grens) globaal de spoorlijn, echter niet met een grote rechtstand. Vanwege enkele boerderijen wisselt de afstand tot het spoor. Bijzonderheid is ook de vuilstortplaats Armhoede, waar het tracé recht overheen is gelegd, hiervoor zijn twee steunmasten van het allerhoogste S+15 type toegepast, niet verbazend in deze lijn, waar veel verschillende masten in voorkomen. Heel anders dan die andere grote lijn uit de oost, Ens - Hengelo. Mast 88 markeert de laatste mast op Gelders grondgebied, voor het vervolg zie het rapport over Overijssel. Tot heden zijn er geen wijzigingen geweest aan de lijn behalve het plaatsen van GSM-antennes.

14.6 Doetinchem - Dodewaard

Dit is de "laatste" verbinding uit de drie hoofdlijnen van de Ooststring die door de SEP werd aangelegd. Er werd namelijk begonnen in Ens en richting Hengelo en Enschede gebouwd, toen dit omstreeks 1989 klaar was, werd vervolgd met Hengelo - Doetinchem en daarna naar Dodewaard. Dit moet, zijn geweest in 1990. Een opname uit mei 1990 bevestigt dit, bij Duiven stond toen een in aanbouw zijnde mast. In 1991 zou de lijn in gebruik genomen zijn. Hoewel het met 104 masten de kortste is, loopt de lijn wel als enige van de 380 kV-verbindingen geheel over Gelders grondgebied.

Net als in Doetinchem - Hengelo komen veel verschillende masten voor, van het hoogste tot het laagste type. Er worden relatief veel water-, spoor- en verkeerswegen gekruist. Het masttype in Dodewaard - Doetinchem is gelijk aan dat van de overige lijnen in de ooststring, het is de Donaumast. De kabels zijn uitgevoerd als driebundelgeleiders. Bij de steunmasten zijn in principe verticale kettingen gekozen, echter bij kruisingen met water- of spoorwegen of andere hoogspanningslijnen is halfverankering toegepast.

Het tracé kende globaal een oost-westrichting, en is in het begin gebundeld met andere infrastructuur als de A15. Voorbij het Pannerdens kanaal is dat niet meer het geval en volgt de lijn een eigen koers naar Doetinchem. De nummering begint bij station Dodewaard in de Betuwe. Aan de oostkant van het station, tegenover de eindmast in de lijn vanuit Maasbracht, staat de eindmast, die van het relatief lage type is. Direct na het begin van de lijn, volgt een Z-vormige knik in het tracé, waarbij de spoorlijn wordt gekruist tussen mast 4 en 5. Ook wordt hiermee de bestaande 150 kV-lijn vermeden. De aloude 50 kV-lijn Nijmegen - Elst was al niet meer aanwezig toen de 380 kV-lijn werd aangelegd. De enkelcircuitlijn naar de centrale Dodewaard werd ingekort voor de nieuwe lijn.



De 380 kV-lijn Dodewaard - Doetinchem tussen Groessen en Duiven. Op de voorgrond mast 62, op de achtergrond de kruisingsmasten over het Pannerdens kanaal. Net als de lijn Doetinchem - Hengelo kent de verbinding tussen de Betuwe en de Achterhoek veel verschillende masten.

Vervolgens volgt een vrij lang vak zonder hoekmast, op niet al te grote afstand van de betuwespoorlijn (niet de betuweroute). Een rechtstand is het niet helemaal, want er zijn twee steunmasten met geringe lijnhoek, te herkennen aan de isolatorkettingen met scheefstand. Een aantal masten is van het verhoogde type, met zes in plaats van vijf ruiten. Mast 14 staat heel typisch op een soort schiereiland aan een visvijver. Mast 16 doet de lijn afbuigen richting het knooppunt Valburg. De 150 kV-lijn staat hier parallel aan de 380 kV-lijn. Bij mast 18 volgt de kruising met de A50. Een zevenruit hoge S+15 mast stond aan de andere kant van de snelweg, die hier op een baanlichaam ligt vanwege het knooppunt Valburg.

Bij mast 21 boog het tracé weer terug om gebundeld met de A15 verder te gaan. Bij de bouw van de Betuweroute zijn ook hier wat aanpassingen geweest, twee steunmasten werden verplaatst waarbij ze een lijnhoek kregen. De isolatoren zijn in V-ophanging uitgevoerd zodat de kabels dicht bij elkaar hangen. In de volgende rechtstand tot mast 27 werd de verbinding tussen Dodewaard en Nijmegen overbrugd, bij mast 26. De bestaande 150 kV-lijn werd hiervoor verlaagd met twee portalen. Bij mast 27 kwam de lijn vervolgens behoorlijk dicht in de buurt van de snelweg A15, maar boog af om parallel verder te lopen. Het volgende obstakel voor de 380 kV-lijn was de bestaande 150 kV-lijn naar Arnhem Kattenberg. Die kon moeilijker gepasseerd worden dan de verbinding naar Dodewaard, aangezien er vanwege de nabijheid van de A15 waarschijnlijk geen eenvoudige mogelijkheid was om de 150 kV-lijn te verlagen. Daardoor zijn sterk verhoogde masten aangebracht van het op-een-na hoogste en hoogste type. Het zijn mast 30 en 31. Het knooppunt Ressen dwong de lijn om op te schuiven in noordelijke richting, er zijn twee hoekmasten toegepast. Hierna veranderde de A15 in de N15 en zijn er minder bijzonderheden aan de 380 kV-lijn.



Mast 16 van Dodewaard - Doetinchem in de nabijheid van Elst, op een foto uit 1996. Op de achtergrond de kruising over de A50 bij knooppunt Ressen. In 2000 zijn hier twee masten aangepast voor de Betuweroute. De hoge steunmast is toen vervangen door een gematigd hoge hoekmast.

Bij mast 41 werd nog de oude 50 kV-lijn tussen Nijmegen en Arnhem overbrugd, deze werd daarvoor met een portaal verlaagd. Mast 48 is een bijzondere mast aangezien die voorzien was van isolatoren in een V-configuratie. De reden daarvoor was een beperkte lijnhoek. Enigszins opmerkelijk is die keuze, aangezien elders in de oosting, en zelfs in deze lijn, "gewone" verticale kettingen werden geaccepteerd bij beperkte lijnhoeken. Wel werden in Overijssel V-kettingen gebruikt vanwege de nabijheid tot een bestaande 220 kV-lijn. Die zijn echter na de afbraak van de 220 kV-lijn vervangen door reguliere verticale kettingen. In het lijngedeelte nabij de A15 nadert vanuit zuidwestelijke richting de 150 kV-verbinding tussen Nijmegen en Doetinchem, maar het komt niet tot een kruising. Bij mast 52 is namelijk een grote knik in het tracé gemaakt. Deze mast, dichtbij het gehucht Boerenhoek ten zuiden van Angeren vormt de aanzet tot de kruising van het Pannerdens kanaal. De mast heeft de scherpste hoek van de verbinding, en is van het wat lagere HC-3-type. De masten 54 tot en met 58 staan op verhoogde fundaties omdat ze buitendijks staan. De kruising van het kanaal zelf is niet al te spectaculair met twee S+15 types. Anders dan de masten in het westen en ook de lijn naar Maasbracht, hebben de verhoogde steunmasten in de oosting geen kattenoren. Alleen de Ketelmeerkruising bij Ens is een uitzondering.

In het vervolg tussen Duiven en Zevenaar zijn slechts korte rechtstanden te zien, er is nogal wat bebouwing in dit gebied aanwezig, zodat een rechte lijn waarschijnlijk niet mogelijk was. Bij mast 63 was wel een scherpe knik voorzien, daarmee buigt de lijn af van de plaats Duiven. Hierna neemt de lijn weer een wat noordelijke koers aan om de spoorlijn Arnhem - Zevenaar en de A12 te kruisen. Voor de kruising met de spoorlijn is een mast met halfverankering toegepast. Direct naast de A12 werd een forse hoekmast neergezet, dit is mast 73. Deze heeft een behoorlijk grote lijnhoek en is van het hogere H+0 type. Er is blijkbaar voor gekozen om de lijn met nog ongeveer dertig masten tot Doetinchem hier een nieuw eigen tracé te geven. Helemaal nieuw in dit gebied was een hoogspanningslijn niet, want in het landschap tussen Didam en Zevenaar stond tot 1984 de 50 kV-lijn tussen Arnhem en Doetinchem. Er zijn dus zes jaar geweest zonder masten aldaar. Het vervolg tot Doetinchem is het minst spectaculaire stuk van Dodewaard- Doetinchem. In feite zijn er drie lange rechtstanden, gescheiden door hoekmasten 83, 94 en 103 met een geringe lijnhoek. Er zijn relatief veel S+0 masten gebouwd, met grote overspanningen tussen de masten. In het laatste gedeelte nadert de lijn het station vanuit een westelijke richting, zodat het enigszins gelijk oploopt met de andere 380 kV-lijn vanuit Hengelo. Mast 104 vormt het eindpunt in de lijn en staat direct naast de eindmast van station Langerak.



Een blik op het lijngedeelte ten zuiden van Elst, waar het tracé gebundeld werd met de A15. Later werd de Betuweroute op zijn beurt weer gebundeld naast de A15 en de hoogspanningsleiding aangelegd. De twee masten 30 en 31 op de achtergrond zijn sterk verhoogd uitgevoerd (S+15 en S+12) vanwege het moeten overspannen van de 150 kV-lijn Nijmegen - Kattenberg. Deze lijn kon op die plek waarschijnlijk niet verlaagd worden vanwege de A15.

De bouw van het 380 kV station Doetinchem bracht een aantal wijzigingen mee in het 150 kV-net. De lijn vanuit Zevenaar werd verplaatst naar het 150 kV-station Langerak, waar deze eerder doorliep tot Doetinchem. Mede door de nieuwbouwwijk Doetinchem De Huet zal dit ingegeven zijn. De verbinding naar Zutphen werd onderbroken door het station Langerak. Via een trafo tussen het 380- en 150 kV-station kon invoeding van het 150 kV-net tot stand worden gebracht. Het is niet precies bekend wanneer het station in gebruik genomen is. Mogelijk is dit in 1991 geweest, waarmee het dan ouder is dan het station van Hengelo Oele.

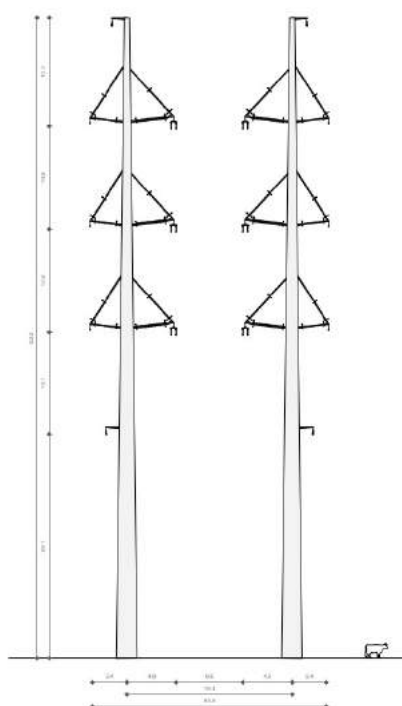
Als geen andere 380 kV-lijn zijn er wijzigingen geweest aan de verbinding Dodewaard - Doetinchem. De reden hiervoor was de aanleg van de Betuweroute-spoorlijn, wat in de jaren rond 2001 plaatsvond. Op een aantal plaatsen werden masten verplaatst of vervangen door nieuwe exemplaren. Dit was bij knooppunt Valburg (mast 18-23), mast 39 -42 en mast 51. Bij Valburg werd de hoge kruisingsmast naast de A50 vervangen door een hoekmast van het H+4,5 type. Heel erg hoog gaan de kabels daarna niet over de A50. Verder werd nog een steunmast nummer 23 vervangen of verplaatst. Mast 22 en 23 werden waarschijnlijk verplaatst en voorzien van V-ophanging. Tussen mast 39 en 42 was een rechtstandje aanwezig. Bij de aanleg van de Betuweroute werd een steunmast vervangen door een hoekmast naast het oorspronkelijke tracé. Een andere steunmast werd verplaatst. Mast 51 werd vervangen door een hoge S+15-mast. In uitvoering is tijdens het opstellen van dit rapport de vervanging van mast 53 door een nieuwe zeer hoge mast, en de nog verdere ophoging van mast 51. Dit is noodzakelijk voor de aanleg van de A15.

14.7 Doetinchem - Wesel

Van station Doetinchem Langerak naar de Duitse grens is tijdens de totstandkoming van dit verslag een nieuwe 380 kV-lijn in aanbouw. Doel van de lijn is een verdere versterking van het netwerk tussen Duitsland en Nederland.

De lijn is gebouwd met zogenaamde "Wintrackmasten". Dit zijn masten die per positie bestaan uit twee pylonen met een conische vorm waaraan de kabels zijn opgehangen aan isolatoren, zonder feitelijke traverses. Bij de hoekmasten zijn de kabels rechtstreeks afgespannen op de pyloon. De drie fases bevinden zich dus in een verticale oriëntatie.

Wintrack II steunmast 2x 380kV, 2x 150kV circuit	
Veelengte	400 m
Hoogte	63,3 m
Diameter top	0,6 m
Diameter voet	1,8 m
Vorm mast	Rond conisch
Materiaal	Staal of Beton



Fragment uit het beeldkwaliteitsplan van Zwarts en Jansma behorend bij de vergunningsaanvraag voor Doetinchem - Wesel.

Het idee voor dit mastontwerp is van oorsprong bedacht om de "zakelijk rechtstrook" te verkleinen. Dat speelde begin jaren 2000 bij het project Randstad 380 kV, ofwel, de verbinding vanuit de Maasvlakte via Bleiswijk naar Velsen. Aangezien in deze drukbebouwde omgeving de tracering lastig zou worden werd gezocht naar een mastontwerp dat beter ingepast zou kunnen worden. Vanaf het begin werd duidelijk dat door Tennet een alternatief werd gezocht voor de traditionele Donaumast van het vakwerkttype. Aan de markt werd gevraagd om alternatieven aan te dragen. Allerlei oplossingen werden bedacht, waarbij zelfs kunststof en beton of combinaties daarvan werden gepresenteerd.

Gedurende de ontwikkeling van het project ging ook de magneetvelden-problematiek een rol spelen. Het VROM-besluit van oktober 2005 stelde grenzen aan het maximale magnetische veld. De grenswaarde volgens een bepaalde rekenmethode werd vastgesteld op 0,4 microtesla. Dit besluit noopte tot een mastontwerp dat zowel weinig ruimte nodig had en een laag magnetisch veld veroorzaakt.

In 2008 werd duidelijk hoe het werkelijke masttype zou gaan worden, in 2010 werd bij Bleiswijk de eerste mast geplaatst. De mast zou doorgaan onder de naam "Wintrack II". Zoals verwacht op basis van voorafgaande ontwikkelingen in het project werd het een buismast en dus geen vakwerkmast. Het

werden zelfs twee buismasten per positie, omdat de kabels bij de meest compacte variant geen ruimte lieten voor een centrale pyloon. Het vereiste lage magnetische veld is bereikt door de geleiders zo dicht mogelijk bij elkaar te brengen. Door architectenbureau Zwarts en Jansma uit Amsterdam is het beeld van de mast tot stand gekomen. Er is veel aandacht besteed aan de vormgeving, waarbij gestreefd werd naar een minimaal zichtbare constructie plus armaturen. In zij aanzicht zijn op afstand enkel de masten en de kabels met hun zeegvorm zichtbaar. De wintrackmast verdeelt de wereld van de mastenliefhebbers in twee kampen, een kamp keurt deze mast duidelijk af en een ander kamp heeft de mast in meer of mindere mate geaccepteerd. Er is veel over de nieuwe mast te zeggen. Laten we ingaan op de kenmerken en de vraag proberen te beantwoorden wat dit betekent voor het uiterlijk voorkomen.

14.7.1 Ontbrekende traverses

Een belangrijk verwijt dat te maken is, vormt het feit dat de basismast geen traverses heeft en daarmee geen "aانبlik" heeft zoals dat bij een hoogspanningsmast hoort. Dit argument is moeilijk te weerleggen. De steunmasten hebben per faseophanging een combinatie van een steunisolator die omhoog helt en een trekisolator die omlaag loopt, steiler dan de onderste steunisolator. Samen met de mast vormt dit een driehoek die het mastbeeld bepaalt. Het vertoont meer verwantschap met bovenleidingsmasten van een spoorlijn dan een hoogspanningsmast! Er zijn per mastpositie twee paar van drie driehoeken te zien als beeldbepalend element. Bij de combimasten voor vier circuits gaat het om twee paar van zes ruiten, aangezien dan de driehoeken zich aan beide kanten van de pyloon bevinden. Een driehoekvorm of diagonaal leidt in het algemeen tot een wat onrustiger beeld dan een horizontaal of verticaal element. Vergelijk maar eens een mast met halfverankering en dezelfde mast met een enkele ketting. Het feit dat bij de masten van Doetinchem - Wesel de onderste staaf wat meer horizontaal is gelegd dan de eerste versie van de Wintrackmast bij Bleiswijk, reduceert het drukke beeld enigszins.



Beeld van Doetinchem - Wesel in aanbouw, december 2016. Hier is kijkend in de richting van Doetinchem mast 29 te zien nabij Etten. Door de dubbele uitvoering van de masten is het kenmerkende rechtlijnige beeld van een hoogspanningslijn met enkele masten veel minder duidelijk.

Bij de hoekmasten is de aanblik van de mast nog minimaler dan bij de steunmasten, aangezien de kabels rechtstreeks zijn afgespannen op de pyloon. De verbindingsbogen "bretels" zijn in een horizontaal vlak aangebracht en zijn van afstand daardoor ook onopvallend, waar deze bij de

vakwerkmast juist opvallen. Verder draagt bij aan het minimale zichtbaarheid dat de isolatoren van grijs kunststof zijn in tegenstelling tot de groene glaskapisolators van de reguliere masten. Ondanks deze vaststellingen blijft wel het hoekmastuiterlijk herkenbaar omdat de horizontale bogen enigszins overeenkomen met de verticaal hangende verbindingsbogen van de conventionele hoekmast.

Afgezien van de vraag of het bij een mast met traverses mogelijk is om eenzelfde gereduceerd magneetveld te bereiken is het ontbreken van traverses een van de meest ingrijpende keuzes voor het mastbeeld. De meningen over deze keuze zijn hier dan ook over verdeeld. Tegenstanders vinden dat daardoor het uiterlijk van een hoogspanningsmast verloren is gegaan. En dat is te begrijpen. Misschien mag nog als argument voor een mast zonder traverses gesteld worden dat de buismasten met reguliere traverses en isolatorkettingen zoals die ook in Gelderland staan (maar voor 150 kV), dan wel meer lijken op hoogspanningsmasten, maar toch ook de uitstraling missen die een vakwerkmast heeft.



Twee voorbeelden van 380 kV-masten waarbij de kabels dichter bij elkaar hangen dan gebruikelijk. Het linkervoorbeeld is de zeer recente lijn Gezelle - Stevin bij Zeebrugge in België. Deze mast lijkt sterk op het Wintrack ontwerp zonder traverses. De rechtermast is er een uit Enschede - Marssteden. Deze heeft de kabels zeker zo compact bij elkaar hangen als de Belgische mast. De horizontale afstand tussen de kabels komt ongeveer overeen met de afstand bij de 380/150 kV-wintrackhoekmasten.

14.7.2 Vakwerkmast niet mogelijk?

Hoewel technisch gezien de oplossing met een buismast tot de meest compacte constructie leidt, gaat het te ver om te stellen dat een vakwerkmast niet mogelijk was geweest. Want bij de viercircuit-versie van de wintracks, zijn de kabels op vergelijkbare afstand van elkaar gepositioneerd als bij een reguliere vakwerkmast mogelijk zou zijn geweest. Er zijn bij die mast zelfs uithouders nodig om de isolatoren voldoende ver van het mastlichaam te houden. In die ruimte zou gemakkelijk een vakwerkmast passen. In België is dat inderdaad zo uitgevoerd, daar is een masttype ontwikkeld met een kleinere magneetveldzone, deze mast heeft een centrale mast met aan beide zijden driehoekvormige isolatorcombinatie, vergelijkbaar met wintrack. Enige verschil met de ophanging in de Nederlandse mast is dat de onderste isolator horizontaal ligt. Wat dan wel blijkt, en dat is toch een nadeel, is dat het vakwerkform van de mast niet echt past bij de surrogaat-traverses van isolatoren. Bij deze mast missen vakwerktraverses heel duidelijk omdat er een vrij kale toren overblijft. In dat opzicht past de

keuze voor een buismast wel weer beter bij een mastontwerp zonder traverses: alle elementen zijn dan als dunne lijnvormige constructies uitgevoerd. Een ander voorbeeld waarbij de geleiders toch behoorlijk dicht bij elkaar liggen is de 380 kV-lijn Enschede Marssteden - Hengelo. Hier is een vakwerkmast met compacte traverses toegepast, indien de fasen op een andere manier zouden zijn gepositioneerd, dan zou een flinke reductie van de zone worden bereikt. Uit de magneetveld berekeningen die bij Doetinchem - Wesel gemaakt zijn, blijkt dat er een magneetveldzone van 70 meter is aan weerszijden van de lijnrichting. In vergelijking tot de 110 meter van de 380 kV-lijn Doetinchem - Hengelo is dat minder groot, maar het is niet schokkend veel. Conclusie is dat op technische gronden het best mogelijk moet zijn geweest om een vakwerkmast te kiezen, desondanks is het pad van de vakwerkmasten verlaten ten faveure van de buismasten.

14.7.3 *Lijnbeeld*

Een ander kenmerk van "Wintrack" is dat het een bi-pole mast is, of te wel een dubbele mast. Per mast zijn twee pylonen aanwezig die elk een circuit van 380 kV dragen (bij de combimasten nog een 150 kV-circuit erbij). Voor de aanblik van de afzonderlijke mast is dit nog niet zo heel ingrijpend. Voor het lijnbeeld heeft het wel grote consequenties. Want er ontbreekt door de dubbeling van de pylonen de duidelijke lijn die een hoogspanningslijn doorgaans zo kenmerkt. Drie zaken versterken dit nog verder: de pylonen staan bij de hoekmasten op een andere tussenafstand dan bij de steunmasten. b) in geval van een kleine lijnhoek is de richtingsverandering niet goed herkenbaar omdat de positieverandering van de pylonen ongeveer overeenkomt met hun onderlinge afstand. c) vanwege de moeilijke tracering komen nogal veel kleine lijnhoeken voor zonder dat hoekmasten zijn toegepast. Deze drie redenen zijn er de oorzaak van dat het lijnbeeld al snel als "rommeling of ongeordend" overkomt in plaats van de strak achter elkaar staande (vakwerk)masten die we gewend zijn.

14.7.4 *Hoogte en zichtbaarheid*

De hoogte van de masten van het wintracktype is bij de versie voor 450 m veldlengte aanzienlijk en fors meer dan de vergelijkbare vakwerkmasten. Het gaat bij de basisversie voor 450 meter overspanning om 67 meter versus 49 meter. De eerste reden voor de hoogtetoename is dat er een extra draad onder de fasedraden nodig is, de "retourstroomdraad". Een tweede oorzaak ligt aan het feit dat de geleiders vanwege de keuze voor een minimaal magnetisch veld boven elkaar zijn aangebracht, terwijl de tussenafstand verticaal gezien gelijk is aan de maat bij de Donaumasten, circa 11 meter. Dat de maat gelijk is aan die bij de Donaumasten is enigszins opvallend, aangezien zich tussen de kabels geen constructie bevindt voor de traverse. Daardoor zou je zeggen dat een kleinere maat mogelijk moet zijn geweest. Dat is inderdaad het geval bij een andere lijn met drie verdiepingen, namelijk Enschede - Hengelo. Daar was de verticale afstand 9,0 meter, bij eveneens 450 meter overspanning.

De impact van de grote hoogte op de zichtbaarheid van de mast in het landschap is groot, want bij hoogtes van meer dan ongeveer 40 meter is de mast van grotere afstand te zien doordat de aanwezige bomen en gebouwen dan veel minder afschermen. Vreemd genoeg ontbreekt de relatie tussen masthoogte en zichtbaarheid geheel in de milieueffectrapportage (MER) die voor het project is gemaakt. Er zijn blijkbaar geen getalsmatige eisen op dit gebied. Slechts in de buurt van vliegvelden zijn er wettelijke eisen aan de hoogte, maar dus niet op basis van inpassing in het landschap. Ook de invloed van de kleur is niet terug te vinden in de MER. Als gevolg van de witte kleur vallen de masten van afstand duidelijk op als lijnvormige elementen. Ondanks dat de doorsnede van de buis geringer is dan de breedte van de vakwerkmast, compenseert de kleur de zichtbaarheid volop.



De lijn Doetinchem - Wesel in aanbouw, december 2016. De masten zijn geschikt voor twee circuits 380 kV en twee circuits 150 kV. Door de uitvoering als combilijn staan de pylonen bij de hoekmasten wat verder uit elkaar en hebben die korte traverses die van een zwarte kleur zijn voorzien.

14.7.5 Vormgeving

Er is veel aandacht besteed aan de detaillering, aansluitingen zijn netjes uitgevoerd en zo minimaal mogelijk gehouden. Dat is prijzenswaardig, al kun je je afvragen of het zo nodig was aangezien het allemaal niet zo goed zichtbaar is vanaf de grond. De pylonen van de mast zijn “papyruswit” geschilderd, de korte uithouders voor de isolatoren zijn zwart. Helaas loopt die donkere kleur in tegenstelling tot de visualisatie van de architect niet verder door in de isolatoren, visueel was er dan duidelijk sprake van een witte mast, donkere uithouders en de reguliere kabels.

Wat betreft vormgeving van de mast lijkt er minder aandacht te zijn besteed aan de isolatoren en de rondom lopende bretels, want er zijn hier reguliere grijze isolatoren toegepast met thermisch verzinkte hulpconstructies. Blijkbaar is de keuze gemaakt om uitsluitend de mast van een hoogwaardige kleur en vormgeving te voorzien. Helaas is daarmee een kans gemist om het samenspel tussen kabels, isolatoren en mast meer te accentueren, zoals daarmee meer het vertrouwde beeld van een conventionele mast met groene isolatorkettingen wordt benaderd. Het is de vraag of een duidelijkere kleur van de isolatoren ook niet wat extra's had opgeleverd in het beeld van de mast. Bruine isolatoren bijvoorbeeld of blauwe zoals recent in Duitsland.

Naast de vorm van de mast is ook het uiterlijk van de fundatie door de architect bepaald. De bovenkant mag zich maximaal op 0,3 meter boven maaiveld bevinden en beide masten moeten een afzonderlijke voet hebben. Ondanks deze eisen zijn door de grote afmeting van de cirkelvormige betonnen voetplaten de fundaties goed zichtbaar. Het is de vraag of dit niet beter had gekund door zoals bij Bleiswijk - Weteringen het grootste deel van de poer ondergronds uit te voeren, met een relatief smalle bovengrondse sokkel.

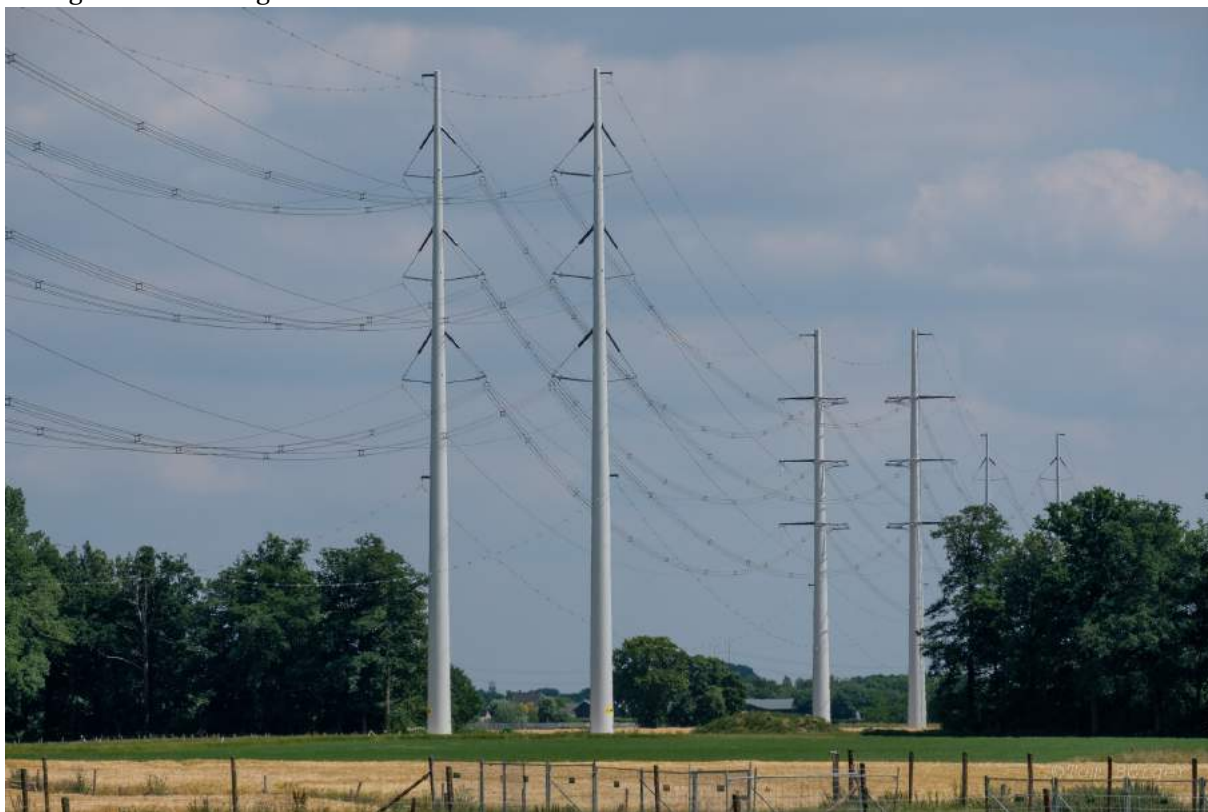
14.7.6 Technische prestatie

Een niet zo prettige eigenschap van de slanke pylonen is dat ze zichtbaar doorbuigen. Die horizontale doorbuiging manifesteert zich het sterkst bij de hoekmasten, maar zelfs bij de steunmasten is de mast duidelijk niet recht onder de belasting van de eenzijdig aanwezige kabels. De doorbuiging ligt binnen

de grenzen wat volgens de voorschriften toelaatbaar is, maar is zodanig groot dat het beslist afbreuk doet aan het strakke uiterlijk van de masten. Met name bij de masten in de lijn Wateringen - Bleiswijk is de doorbuiging erg groot en in het oog springend. Het ontwerp bij Doetinchem - Wesel is aangepast op dit punt, met een minder slanke mast, maar ook hier blijft doorbuiging zeker nog zichtbaar.

Als gevolg van de slanke mast is de stijfheid lager en daardoor ook de zogenaamde "eigenfrequentie". Hierdoor is de mast gevoeliger voor trillingen en resonantie. Tekenend is dat het mastenpaar in de fase voordat de kabels zijn aangebracht, met een dubbele kabel aan de top onderling wordt verbonden om trillingen door wind tegen te gaan. Er zijn allerlei trillingsvormen mogelijk bij hoogspanningslijnen, van hoogfrequente verschijnselen als flutter, maar ook minder hoog frequente. Het meest bekende fenomeen is het "lijndansen". Onder invloed van wind en ijzel, waarbij de aerodynamische vorm de geleider verandert, beginnen de kabels heen en weer te bewegen. Daardoor krijgen de masten een horizontale kracht te verwerken. Hoe dit uitpakt bij een relatief slappe mast is iets waar minder ervaring mee bestaat. De buismast heeft veel gelaste verbindingen. De vermoeiingssterkte is iets waar bij het ontwerp rekening mee moet worden gehouden, op een vergelijkbare manier als bij windmolens.

De wintrackmast heeft per mast hogere materiaalkosten dan de conventionele mast. Door de slanke constructie is meer staalverbruik nodig en de fundatie is aanzienlijk zwaarder vanwege de hogere druk- en met name trekkrachten onder de fundatie. Het aanbrengen van de geleiders en armaturen wordt door de slanke bouw zonder begaanbare traverses niet gemakkelijk gemaakt, vanuit de betrokken bouwbedrijven zijn hierover weinig positieve geluiden geuit. Dit leidt tot hogere aanlegkosten en brengt meer inzet van materieel mee.



Mast 20 van Doetinchem - Wesel in juni 2017 kort na intrekken van de geleiders.

14.7.7 Conclusie

Zo beschouwd verdient het lof dat Tennet heeft geprobeerd een nieuw ontwerp voor de hoogspanningsmast te maken dat tegemoet komt aan bezwaren uit de samenleving tegen de nieuwbouw van hoogspanningslijnen. Ook is het prijzenswaardig dat een hoogwaardig vormgegeven mast is toegepast waarbij de hulp van een gerenommeerde architect is ingeroepen. Dat het ontwerp wordt gewaardeerd blijkt uit het feit dat de staalprijs 2016 in de categorie industrie van de vereniging Bouwen met Staal naar de Wintrackmast is gegaan. In zijaanzicht is de verbinding met

wintrackmasten misschien wel op zijn sterkst. Er is dan een slanke mast te zien met een heel strak lijnenspel van kabels die met een duidelijk knikpunt bij de mast hun overspanning maken.

Ondanks dat, kent de mast behoorlijke nadelen. De voornaamste twee zijn ten eerste het onrustige lijnbeeld vanwege de dubbele pylonen en het onderlinge afstandsverschil tussen hoek- en steunmastparen. Ten tweede is door de grote hoogte en de opvallend witte kleur de visuele impact misschien onbedoeld wel groter dan bij een conventionele mast. Bij veel liefhebbers van masten blijft een knagend gevoel hangen dat de zaken die een vakwerkmast tot een fraai ontwerp maken, bij wintrackmasten juist met opzet zijn geminimaliseerd.

De prijs die voor de smallere magneetveldzone wordt betaald is dat er een behoorlijk veel hogere en duurder mast is neergezet. We moeten concluderen dat de wettelijke regelgeving rondom de grootte van magneetvelden hier de doorslag heeft gegeven aangezien regelgeving omtrent hoogte en visuele impact ontbreekt.

14.7.8 *Vervangen lijnen*

Door de aanleg van Doetinchem - Wesel zijn bestaande 150 kV-verbindingen gewijzigd of zelfs afgebroken. Dat geldt met name voor de lijn Doetinchem - Ulft die geheel is afgebroken voor de aanleg van de nieuwe lijn. Ook van de ingekorte verbinding naar Zevenaar is een behoorlijk aantal masten afgebroken. Zelfs een deel van de buismastenlijn van Ulft naar Dale is niet geheel gevrijwaard gebleven van afbraak. De bestaande lijn Doetinchem - Ulft wordt door de wintrack als combinatiemast meegevoerd. Dit had ook anders gekund, een grondkabel als alternatief was heel wel mogelijk en had voorkomen dat er viercircuittype masten noodzakelijk waren. Deze masten hebben namelijk door hun omvang en door de verschillen in afspanning tussen 380- en 150 kV, aanzienlijk meer visuele impact dan de twee-circuitmasten.



Bij Etten kwam de nieuwe lijn vrijwel op de plek van de oude te lopen. Om de bouw mogelijk te maken werd in de zomer van 2016 een tijdelijk omleiding gemaakt in de 150 kV-lijn. Hier is de tijdelijk laatste mast te zien, op de achtergrond de nieuwe Wintrackmasten.

14.7.9 *Tracé*

De nieuwe 380 kV/150-lijn Doetinchem - Wesel is met een lengte van 22,5 kilometer en 54 masten niet een heel erg lange verbinding. Zeker in vergelijking tot de overige 380 kV-leidingen in Gelderland. Tussen Dinxperlo en 's Heerenberg passeert de lijn de rijksgrens met Duitsland. Het gedeelte in

Duitsland is een stuk langer en is gebouwd met zowel buismasten als met vakwerkmasten. De kabels hangen bij beide varianten in een tonvorm.

In juli 2016 werd de eerste mast gemonteerd, dit was mast 22 ten zuiden van Doetinchem. De bouwvolgorde was niet direct in een duidelijke richting, er werd vanuit meerdere plaatsen opgebouwd. De masten langs de A18 tot nummer 21 waren vrij laat net als de masten van 46 tot 54. Er werd begin 2017 gewerkt aan het trekken van geleiders in de omgeving van mast 10, tegelijk hiermee werd in de richting van Ulft gewerkt vanaf mast 29. Als alles volgens planning verloopt zullen de bouwwerkzaamheden in 2017 zijn uitgevoerd en kan de verbinding eind 2017 of begin 2018 in gebruik worden gesteld.

Het beginpunt van de lijn is gelegen aan de zuidkant van het trafostation Langerak. Het station is daarvoor met twee velden uitgebreid. Niet geheel duidelijk bij het schrijven van dit stuk is hoe de kabels zijn aangesloten op de rails van het station aangezien het eindjuk niet haaks op het station staat. Tussen mast 2 en 3 wordt de Oude IJssel overspannen, de verbinding loopt hier door een open landschap. Mast 5 en 8 markeren twee scherpe hoeken die het tracé op ruime afstand om de bebouwing van Doetinchem heen doet lopen. De spoorlijn Doetinchem - Zevenaar wordt tussen mast 9 en 10 overspannen, deze masten staan dicht bij elkaar zodat de zeeg van de kabels minder is. Mast 11 is een hoekmast, maar heeft een geringe lijnhoek. Bij mast 14 is wel een scherpe hoek aanwezig. De mast staat direct ten zuiden van de autosnelweg A18 en markeert het begin van een stuk van vier masten parallel aan de A18. Mast 18 buigt het tracé bijna net zo scherp weer af. Er wordt een hoge oprit van een viaduct overspannen. Er volgt dan een lange rechtstand helemaal tot mast 30. Wel is vanwege een beperking aan de maximale vaklengte bij mast 21 een hoekmast toegepast. Mast 30 geeft nog een kleine knik aan het tracé, bij mast 32 is dat anders, een vrij sterke hoek doet de lijn in oostelijke richting afbuigen om vrijwel over een te komen met de positie van de voormalige 150 kV-lijn. Voor het bouwen van de nieuwe lijn werd een stuk noodlijn aangebracht. Dat was in juli 2016. Mast 36 laat de kabels weer in meer zuidoostelijke richting gaan, het tracé wordt hier gebundeld met de N316 en loopt tussen de plaatsen Ulft en Silvolde door.



Oud en nieuw bij elkaar. De bestaande 150 kV-lijn Nijmegen - Doetinchem werd een stuk ingekort, waarbij het omstreeks 1990 gebouwde gedeelte naar Langerak verdween en vervangen werd door een ondergrondse kabel.



Mast 40 bij Ulft in aanbouw. Deze mast is een speciale variant met voorzieningen voor een stijgpunt voor de 150 kV-circuits.

Mast 40 is een speciale mast omdat er hier een stijgpunt gemaakt is voor de 150 kV. Met extra draagarmen haaks op de mast worden de kabels naar beneden geleid. Hierna wordt de ligging van de N318 gevolgd, er zijn drie opeenvolgende hoekmasten aanwezig. Na een korte rechtstand in oostelijke richting is nog een hoekmast aanwezig voor het laatste vak naar de grens. Bij deze hoekmast verlaten de 150 kV-circuits de mast. In het vervolg zijn de masten uitgevoerd enkel voor twee circuits 380 kV. Bij mast 54 is de grens bereikt. In Duitsland zijn eveneens als het Nederlandse deel buismasten toegepast. Dit zijn echter meer traditionele exemplaren, met reguliere traverses. Voorbij de plaats Isselburg zijn conventionele vakwerkmasten in de lijn aanwezig. Als alles volgens planning verloopt zal een groot deel van de bouwwerkzaamheden in 2017 zijn uitgevoerd en kan de verbinding in 2018 in gebruik worden gesteld.



Beeld van de Duitse "vollwandmast" die aan de andere zijde van de Landsgrens zal verrijzen in het gedeelte tussen de Grens en de plaats Millingen. Dit zijn masten waarbij de kabels in een tonconfiguratie zijn opgehangen. Wat betreft magneetveld is er weinig verschil met de traditionele vakwerkmasten.

15 GERAADPLEEGDE BRONNEN

Literatuur:

- De ingenieur, 1946, ir. G.J. TH Bakker, De elektriciteitsvoorziening van Nederland.
- De ingenieur, elektrotechniek 5, 1966, Prof.ir. G. de Zoeten, vakantieleergang Elektrotechniek 1965 te Eindhoven, de plannen voor een 380 kV-net in Nederland.
- Vereniging van Directeuren van Elektriciteitsbedrijven in Nederland, De Elektriciteitsvoorziening van Nederland, Arnhem, 1963.
- Kaartmateriaal van de Topografische Dienst Nederland. Beschikbaar via topotijdreis.nl
- Geschiedenis van de PGEM 1915 - 1940
- Geschiedenis van de PGEM 1940 - 1955
- Het licht moet blijven branden 1955 - 1985
- Kema rapport Vethuizen 2010

Websites:

<http://www.hoogspanningsforum.com/index.php>

Op deze site staan topics met informatie van nethistorie.

Noviomagus.nl. Over de Nijmeegse centrale en de Oorlogslijn naar Duitsland.

<http://www.hoogspanningsnet.com/>

Via deze website is veel jargon uitgelegd. De netkaarten zijn onmisbaar geweest voor het bepalen van jaren van ingebruikname.

Illustraties:

Auteur	1,11,19,29,31,32,33,35,36,37,39,43,47,53,58,60,62,63,65,71,73,75,79,80,86,87,88,91,92,94,95,97,100,102,104,113,118,120,121,124,125,127,128,133,134,136,140,141,144,145,146,147,149,151,152,153,160,161,162,169,170,171,172,173,174,175,176,177,179,182,183,184,186,187
Gelders archief	10,16,18,19,20,21,22,26,27,29,30,45,52,54,89,107,126
Fels, Het schakel en trafostation van de PGEM te Arnhem, De Ingenieur 1930	12
Gedenkboek 1915-1940	17,14,44
CODA	38,50,78,114
Regionaal archief Nijmegen	40,41,42
www.Noviomagus.nl	56
www.Centraleinfo.net	41
R. Schots	46,63,64,85,88,89,119,148
Gedenkboek 1940-1955	51,57
P. Schokkenbroek	94,135,158
G. Nachbar	131,132,137,138,139,165,166,167
Zutphens archief	76,77
Brochure V.E.E.N. "transport en distributie"	105,159
Op de kop gekiekt, Zwolle in luchtfoto's, Waanders 1976.	110
Brochure EPON "milieu"	129
Beeldbank Deventer	69
M. v. Giersbergen	168
B. Lens	180
J. van Lieshout	156,157
Bart v.h. Grunewold	150
Amprion	188

BIJLAGE A: LIJNENTABEL VAN GELDERLAND

<u>Lijnenoverzicht Gelderland (PGEM)</u>							Datum: 14-12-2013
							Laatste wijziging: 3-12-2017
Nr.	Hoogspanningslijn	Spanning	Lengte	Bouwjaar	Vervallen	Masttype	Bijzonderheden
1	Lent - Arnhem	50 kV	15,0	1922	1950	Tonmast	Eerste lijn, slanke masten, modern voor die tijd.
2	Arnhem - Apeldoorn	50 kV	27,0	1922	1990	Tonmast	Bijzondere passage door Arnhem
3	Lent - Hemmen	50 kV	13,9	1926	1981	Schaarmast	Eerste lijn met "schaarmasten"
4	Hemmen - Tiel	50 kV	16,8	1926	1987	Schaarmast	Loopt grotendeels langs spoorlijn
5	Arnhem - Doetinchem	50 kV	24,5	1927	1984	Schaarmast	Recht tracé met IJsselkruising
6	Hemmen - Ede	50 kV	16,2	1929	-	Schaarmast	Eerste deel bestaat nog als enige van de '20-lijnen
7	Ede - Kootwijk	50 kV	18,8	1930	2001	Schaarmast	Door kootwijkerzand, helaas in 2001 afgebroken
8	Kootwijk - Apeldoorn	50 kV	12,0	1931	2001	Schaarmast	In Apeldoorn gelijk masttype als Ah - Apd
9	Centrale Gelderland - Arnhem	50 kV	13,0	1935	-	Drievlaksmast	Na driemaal afbraak, bestaat een klein deel nog.
10	Nijmegen - Kleef (tot grens)	220 kV	26,0	1942	1947	Dennenboommast (D)	Onfortuinlijke "verzwegen" lijn
11	Apeldoorn - Hattem	50 kV	31,3	1941	1973	Asym.donaumast	Juli '41 in dienst, afgebroken voor 150 kV-lojn
12	Tiel - Neerijnen	50 kV	16,8	1943	1980	Asym.donaumast	December '43 in dienst. 1953 Neerijnen opgenomen.
13	Doetinchem - Winterswijk	50 kV	28,6	1943	1977	Asym.donaumast	December '43 in dienst. Recht tracé naar Winterswijk.
14	Nijmegen - Apeldoorn	150 kV	41,5	1952	-	Drievlaksmast	Dec. 1949 - nov 1952 op 50kV. Voor de oorlog al gepland
15	Apeldoorn - Deventer	150 kV	17,9	1952	-	Drievlaksmast	Dec. 1951 gereed in 1952 op 150 kV, later omgeleid
16	Nijmegen - Dodewaard - Grens	150 kV	19,1	1953	-	Drievlaksmast	Na de rijnkruising wijzigt het masttype
17	Nijmegen - Blerick (tot grens)	150 kV	13,7	1953	-	Donaumast	"Zuidelijk" masttype van de PELM
18	Doetinchem - Zutphen	50 kV	19,4	1951	1980	Asym.donaumast	Laatste enkelcircuitlijn uit de jaren veertig.
19	Zutphen - Apeldoorn	50 kV	18,6	1952	2003	Donaumast	Eerste van de naoorlogse golf 50 kV-lijnen
20	Kootwijk - Nunspeet	50 kV	21,9	1952	2002	Donaumast	Loopt geheel door de Veluwe
21	Ede - Barneveld	50 kV	12,7	1952	-	Donaumast	Afwijkend masttype
22	Barneveld - Nijkerk	50 kV	11,1	1952	-	Donaumast	Deel bij Barneveld in 2003 ondergronds
23	Nijmegen - Doetinchem	150 kV	33,9	1955	-	Tonmast	Eerste van de Gelderse tonmasten bouw golf
24	Dodewaard - Ede	150 kV	16,5	1955	-	Tonmast	Nog met kleine boventraverse als enkele balk
25	Dodewaard - Tiel	150 kV	16,3	1959	-	Tonmast	Naast de 50 kV-lijn en spoorlijn
26	Terwolde - Hattem	150 kV	22,4	1962	-	Tonmast	Begint bij het einde van de voormalige lijn naar Deventer
27	Hattem - Harculo	150 kV	2,9	1962	1994	Tonmast	Nam tot 1990 de koppelnetsfunctie waar.
28	Doetinchem - Zutphen	150 kV	19,2	1964	-	Tonmast	Eerst naast 50 kV, nu naast 380 kV
29	Ede - Harderwijk	150 kV	34,9	1964	-	Tonmast	Jaar van aanleg en masttype onbekend
30	Zutphen - Apeldoorn Woudhuis	150 kV	14,7	1967	-	Tonmast	Eerst als aftak van Apeldoorn - Hattem
31	Zutphen - Lochem	150 kV	12,1	1967	-	Tonmast	In 1990 deels afgebroken voor inpassing 380 kV
32	Dodewaard - Dodewaard GKN	150 kV	3,0	1967	2004	Enkelcircuit deltamast	Na buitenbedrijfstelling kerncentrale afgebroken
33	Aftak Vaassen	150 kV	5,8	1967	-	Tonmast	Splitsingspunt bij Welsum nu een markant punt
34	Interne lijn Dodewaard	150 kV	0,3	1969	-	Tonmast	Zeer zware tonmast
35	Interne lijn Centrale Nijmegen	150 kV	0,3	-	-	Deltamast	Uniek type, jaar van aanleg en afbraak onbekend
36	Doetinchem - Ulft	50 kV	12,1	1960	1986	Donaumast	Eerste van jaren zestigtype 50 kV-lijnen,
37	Ulft - Dale	50 kV	14,7	1960	1977	Donaumast	nog met kleine boventraverse,
38	Dale - Winterswijk	50 kV	9,6	1960	1977	Donaumast	heeft slechts kort bestaan.
39	Nunspeet - Harderwijk	50 kV	9,4	1961	2001	Donaumast	Eerste mast van dit type met brede boventraverse
40	Tiel - Culemborg	50 kV	15,2	1964	-	Donaumast	In 2002 aangepast ivm Betuweroute
41	Hattem - Wapenveld	50 kV	1,4	1965	1985	Donaumast	Kort lijntje
42	Harderwijk - Nijkerk	50 kV	17,5	1965	-	Donaumast	Bij Harderwijk voor een deel ondergronds sinds 2005
43	Aftak Anklaar	50 kV	2,1	1964	1972	Donaumast	heeft slechts kort bestaan.
44	Aftak Eerbeek	50 kV	5,0	1963	1994	Donaumast	Uitvoering als viercircuit 50 kV in Eerbeek,
45	Aftak Angerlo	50 kV	3,3	1964	1984	Donaumast	Korte aftak van oude lijn
46	Aftak Zevenaar	50 kV	4,0	1970	1980	Donaumast	Heeft slechts zeer kort bestaan, tot 150 kV Zevenaar?
47	Flevocentrale - Harderwijk	150 kV	30,3	1967	-	Deltamast	Italiaanse aannemer. In 1972 derde circuit geeed
48	Flevocentrale - Hattem	150 kV	44,4	1968	-	Deltamast	In 1974 derde circuit geeed
49	Interne lijnen Flevocentrale - Station	150 kV	0,3	1968	-	Deltamast	Een lijn bestaat nog
50	Aftak Zeewolde	150 kV	14,5	1973	-	Donaumast	Utrechts masttype
51	Zeewolde - Soest (tot grens)	150 kV	11,7	1973	-	Donaumast	Utrechts masttype
52	Zeewolde - Almere	150 kV	11,9	1983	-	Maas-waalmast	Maas-Waalmast langs N305
53	Doetinchem - Ulft	150 kV	12,1	1971	2017	Tonmast	Weer een andere variant van tonmast
54	Hattem - Apeldoorn Woudhuis	150 kV	31,0	1974	-	Tonmast	Nieuwe zwaardere versie van de tonmast, dubbelgeleide
55	Lochem - Borculo	150 kV	12,5	1975	-	Tonmast	Lichte variant van voorgaande
56	Nijmegen Teersdijk - Oude lijn	150 kV	4,6	1980	-	Tonmast	Gelijk aan Hattem - Woudhuis. Aanleg duurde lang.
57	Netknoop Neerbosch - Druten	150 kV	14,9	1980	-	Maas-waalmast	Eerste Maas-waalmasten. Langs knooppunt Ewijk.
58	Interne lijn Centrale Nijmegen	150 kV	0,4	1981	-	Enkelcircuit deltamast	Met vierbundelkabels
59	Tiel - Zaltbommel	150 kV	19,7	1981	-	Tonmast	Aanleg duurde lang, Waalkruising als Maas-Waal
60	Druten - Wamel	150 kV	11,9	1988	-	Maas-waalmast	Verlengde vanuit Druten, maar enkelcircuit
61	Ulft - Bredevoort	150 kV	14,7	1978	-	Buismast	Primeur, maar wel als vervangende nieuwbouw
62	Bredevoort - Winterswijk	150 kV	8,6	1978	-	Buismast	Masttype doet Frans aan
63	Winterswijk - Borculo	150 kV	17,7	1986	-	Buismast	Ringsluiting in de Achterhoek
64	Nunspeet - Harderwijk	50 kV	9,4	2001	-	Buismast	Vervanging 50 kV door 50 kV lijkt wat overbodig
65	Maasbracht - Dodewaard (vanaf grens)	380 kV	25,5	1970	-	Donaumast	Eerste koppelnetsring
66	Diemen - Ens (grens tot grens)	380 kV	51,2	1972	-	Donaumast	Verlenging eerste koppelnetsring
67	Doetinchem - Hengelo (tot grens)	380 kV	37,7	1991	-	Donaumast	Onderdeel van oostering
68	Dodewaard - Doetinchem	380 kV	45,4	1991	-	Donaumast	Veel kruisingen met andere infrastructuur
69	Doetinchem - Wesel	380 kV	22,5	2017	-	Bi-pole buismast	Hoge masten van het wintracktype

BIJLAGE B: LIJNENOVERZICHT GELDERLAND

Bouwjaar		Lijn										Aantal kilometers hoogspanningslijn per tijdvak											
				1920-1934		1935-1944		1945-1954		1955-1964		1965-1974		1975-1979		1980-1989		1990-1999		2000-2009		2010-2017	
50 kV-lijnen																							
1922	Lent - Arnhem			15		15																	
1922	Arnhem - Apeldoorn			27		27		27		27		27		27		27							
1926	Lent - Hemmen			14		14		14		14		14		14		14							
1926	Hemmen - Tiel			17		17		17		17		17		17		17							
1927	Arnhem - Doetinchem			25		25		25		25		25		25		25							
1929	Hemmen - Ede			16		16		16		16		16		16		16		16		16		16	
1930	Ede - Kootwijk			19		19		19		19		19		19		19		19					
1931	Kootwijk - Apeldoorn			12		12		12		12		12		12		12		12					
1935	Nijmegen - Arnhem					13		13		13		13		13		13		7		7		5	
1942	Apeldoorn - Hattem					31		31		31		30											
1941	Tiel - Neerijnen					17		17		17		17		17									
1943	Doetinchem - Winterswijk					29		29		29		29		29									
1951	Doetinchem - Zutphen							19		19		19		19									
1952	Zutphen - Apeldoorn							19		19		19		19		19		19					
1952	Kootwijk - Nunspeet							22		22		22		22		22		22		20		20	
1952	Ede - Barneveld							13		13		13		13		13		13		13		13	
1952	Barneveld - Nijkerk									11		11		11		11		11		11		11	
1960	Doetinchem - Ulft									12		12		12		12							
1960	Ulft - Dale									15		15		15									
1960	Dale - Winterswijk									10		10		10									
1961	Nunspeet - Harderwijk									9		9		9		9		9					
1964	Tiel - Culemborg											15		15		15		15		15		15	
1965	Hattem - Wapenveld											1		1		1							
1965	Harderwijk - Nijkerk											18		18		18		18		18		16	
1964	Aftak Anklaar											2											
1963	Aftak Eerbeek													5		5							
1964	Aftak Angerlo													3		3		3					
1970	Aftak Zevenaar													4		4							
2001	Nunspeet - Harderwijk																			9		9	
Totaal 50 kV				144		234		303		364		396		364		270		160		109		106	
Geschat aantal masten				801		1299		1681		1818		1978		1818		1352		729		496		480	
150 kV-lijnen																							
1952	Nijmegen - Apeldoorn							42		42		42		42		42		42		38		36	
1952	Apeldoorn - Deventer							18		18		15		15		15		15		15		13	
1953	Nijmegen - Dodewaard - Grens							19		19		19		19		19		19		19		19	
1953	Nijmegen - Blerick (tot grens)							14		14		14		11		11		11		11		11	
1955	Nijmegen - Doetinchem									34		34		34		34		34		34		27	
1955	Dodewaard - Ede									17		17		17		17		15		15		15	
1959	Dodewaard - Tiel									16		16		16		16		16		16		16	
1962	Terwolde - Hattem									22		22		22		22		22		22		22	
1962	Hattem - Harculo									3		3		3		3							
1964	Doetinchem - Zutphen									19		19		19		19		19		19		19	
1964	Ede - Harderwijk											35		35		35		35		35		35	
1967	Zutphen - Apeldoorn Woudhuis											15		15		15		15		15		15	
1967	Zutphen - Lochem											12		12		12		5		5		5	
1967	Dodewaard - Dodewaard GKN											3		3		3		3					
1967	Aftak Vaassen											6		6		6		6		6		6	
1967	Flevocentrale - Harderwijk											30		30		30		30		30		30	
1968	Flevocentrale - Hattem											44		44		44		44		44		44	
1973	Aftak Zeewolde											15		15		15		15		15		15	
1973	Zeewolde - Soest (tot grens)											12		12		12		12		12		12	
1974	Hattem - Apeldoorn Woudhuis													31		31		31		31		31	
1975	Lochem - Borculo													13		13		11		11		11	
1978	Doetinchem - Ulft													12		12		12		12		12	
1978	Ulft - Dale													15		15		15		15		13	
1978	Dale - Winterswijk															9		9		9		9	
1980	Nijmegen Teersdijk - Oude lijn																	5		5		5	
1980	Netknoop Neerbosch - Druten																	15		15		15	
1981	Tiel - Zaltbommel																	20		20		20	
1983	Zeewolde - Almere																	12		12		12	
1986	Winterswijk - Borculo																	18		18		18	
1988	Druten - Wamel																	12		12		12	
Totaal 150 kV								92		238		372		448		529		516		509		497	
Geschat aantal masten								307		794		1162		1400		1653		1612		1592		1552	
380 kV lijnen																							
1970	Maasbracht - Dodewaard (vanaf grens)											26		26		26		26		26		26	
1972	Diemen - Ens (grens tot grens)											51		51		51		51		51		51	
1991	Doetinchem - Hengelo (tot grens)																	38		38		38	
1991	Dodewaard - Doetinchem																	45		45		45	
2017	Doetinchem - Wesel																					23	
Totaal 380 kV												77		77		77		160		160		182	
Geschat aantal masten												197		197		197		390		390		445	
Totaal alle spanningen				144		234		395		602		844		888		876		836		778		785	
Geschat aantal masten				801		1299		1988		2612		3337		3414		3201		2731		2478		2477	

