

# PHASE TO PHASE

## Mogelijkheden met betrouwbaarheid

04-140 pmo

22 december 2004

Phase to Phase BV  
Utrechtseweg 310  
Postbus 100  
6800 AC Arnhem  
T: 026 356 38 00  
F: 026 356 36 36  
[www.phasetophase.nl](http://www.phasetophase.nl)

© Phase to Phase BV, Arnhem, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

Dit document bevat vertrouwelijke informatie. Overdracht van de informatie aan derden zonder schriftelijke toestemming van of namens Phase to Phase BV is verboden. Hetzelfde geldt voor het kopiëren van het document of een gedeelte daarvan.

Phase to Phase BV is niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, bijkomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.

**INHOUD**

1	Inleiding .....	4
2	Invoeren van betrouwbaarheidsgegevens.....	4
3	Uitvoeren betrouwbaarheidsberekening .....	11
4	Presentatiemogelijkheden .....	13
5	Samenvatting .....	19

## 1 INLEIDING

De betrouwbaarheidsmodule in Vision biedt de mogelijkheid de faalkans- en nietbeschikbaarheidskennetallen van een distributienet te analyseren. Deze berekening kan door de vele factoren en herstel-mogelijkheden vrij complex zijn.

Aan de hand van een voorbeeldnetwerk wordt het gebruik van de betrouwbaarheidsmodule toegelicht. Met name de invoer van betrouwbaarheidsgegevens en de analyse met behulp van de grafische presentatiemogelijkheden komen aan bod. De inhoud van dit rapport is gepresenteerd op de Vision gebruikersdag op 15 december 2004.

## Inhoud

- Gegeven: een distributienet
- Toevoegen: betrouwbaarheidsgegevens
- Presentatiemogelijkheden
- Verbeteringen in het net

## 2 INVOEREN VAN BETROUWBAARHEIDSGEGEVENS

Het toevoegen van betrouwbaarheidsgegevens aan een bestaand net wordt toegelicht met een voorbeeld van een landelijk distributienet. Het netmodel is afgeleid van een bestaand net, maar is door de auteur bewerkt. Ook de voor de toelichting gebruikte betrouwbaarheidskennetallen zijn door de auteur bedacht. Derhalve mag het gebruikte netmodel niet worden vergeleken met een werkelijk bestaand netwerk.

Het net is globaal opgebouwd als volgt.

- 110 kV voeding
- 10 kV distributienet
- 3 kV deelnetten
- Componenten:
  - Knooppunten
  - Kabels, transformatoren
  - Belastingen, transformatorbelastingen
  - Lastscheiders, vermogensschakelaars

## Invoergegevens knooppunten

- Aannames:
  - Betrouwbaarheid voor alle knooppunten gelijk
  - Faalfrequentie: 0.0002 /jaar (eens in 5000 jaren)
  - Reparatietijd: 3600 minuten (60 uren)
- Invoeren gegevens:
  - Selecteren 3 en 10 kV knooppunten
  - Collectief invoeren betrouwbaarheidsgegevens

Bovenstaande waarden zijn ontleend aan de rapportage "Onvoorziene niet-beschikbaarheid in netten van 0,4 kV tot en met 150 kV in 1999" van KEMA en EnergieNed. In sommige gevallen zijn de parameters geschat.

De gegevens zijn verzameld in het Phase to Phase document "Betrouwbaarheid @ Vision". Dit document is te vinden op: [www.phasetophase.nl/pdf/betrouwbaarheid.pdf](http://www.phasetophase.nl/pdf/betrouwbaarheid.pdf).

De meest gestelde vraag is: "Hoe krijg ik die gegevens zo efficiënt mogelijk bij alle knooppunten ingevoerd?"

Het antwoord is een combinatie van slim selecteren en collectief bewerken. In het vervolg wordt dit geïllustreerd.

## Selecteren knooppunten 3 en 10 kV



Actie uit menu kiezen

Kies spanningsniveaus

Naam	ID	Korte naam	Unom [kV]
bokdamswg 2	061108\01	bomerbroe	10
krooshoopszywg 5	061152\01	bomerbroe	10
rappersdswg 3	111003\01	ambt delde	10
gorsveldwg 22	111010\01	bentelo	10
eschwg 1	111014\01	bentelo	10
demmerswg 5	111018\01	ambt delde	10
goorsestr 2	111023\01	hengevelde	10

De knooppunten worden geselecteerd via het hoofdmenu: **Selecteren | Object**.  
Onder tab: **Knooppunt** aanvinken: **10 kV** en **3 kV**

Vervolgens via het hoofdmenu: **Bewerken | Collectief | Knooppunt**

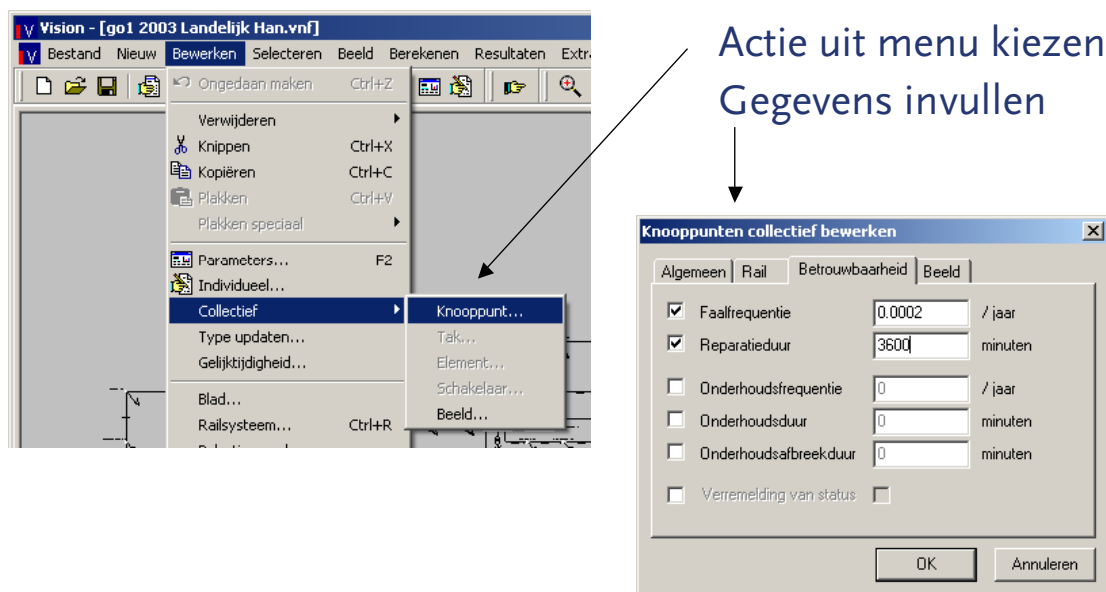
Onder tab: **Betrouwbaarheid**

Aanvinken en invullen:

Faalfrequentie: 0.0002 / jaar

Reparatieduur: 3600 minuten

## Collectief invoeren gegevens betrouwbaarheid knooppunten



Hierna worden de betrouwbaarheidsgegevens voor de kabels ingevoerd. De kabels worden als volgt geselecteerd: **Selecteren | Object**

Onder tab: **Tak**

Aanvinken: **Kabel**

Vervolgens via het hoofdmenu: **Bewerken | Collectief | Tak**

Tab: **Betrouwbaarheid**

Faalfrequentie: 0.011 / jaar (= eens in 91 jaren)

Reparatieduur: 480 min (= 8 uren)

Tab: **Mof**

Aantal moffen gelijk aan het aantal kabeldelen – 1

Faalfrequentie: 0.0019 / jaar (= eens in 526 jaren)

## Collectief invoeren gegevens betrouwbaarheid kabels

**Takken collectief bewerken**

Algemeen | **Betrouwbaarheid** | Beeld

Faalfrequentie 0.011 /jaar (voor kabels in /km/jaar)

Reparatieduur 480 minuten

Onderhoudsfrequentie 0 /jaar

Onderhoudsduur 0 minuten

Onderhoudsafbrekduur 0 minuten

Kabel

Kabeldeel | Mof

Aantal Aantal kabeldelen - 1

Faalfrequentie 0.0019 /jaar

Soort:  
 Link  
 Kabel  
 Verbinding  
 Smoorspoel  
 Transformator

Faalfrequentie: 0.011 /jaar  
 Reparatieduur: 480 minuten (8 uren)  
 Aantal moffen gelijk aan: aantal kabeldelen - 1  
 Faalfrequentie moffen: 0.0019 /jaar

Op overeenkomstige wijze worden de betrouwbaarheidsgegevens van de transformatoren ingevoerd.

## Collectief invoeren gegevens betrouwbaarheid transformatoren

- Selecteren | Object | Transformator
- Bewerken | Collectief | Tak | Betrouwbaarheid
- Faalfrequentie: 0.0008 /jaar
- Reparatietijd: 1800 min (30 uren)

Selectie via het hoofdmenu: **Selecteren | Object**

Onder tab **Tak**; aanvinken: **Transformator**

Vervolgens via het hoofdmenu: **Bewerken | Collectief | Tak**

Tab: **Betrouwbaarheid**

Faalfrequentie: 0.0008 /jaar

Reparatieduur: 1800 minuten

## Overige betrouwbaarheidsgegevens

- Transformatorbelastingen
  - Faalfrequentie: 0.0008; Reparatieduur: 1800 min
- Lastscheiders
  - Faalfrequentie: 0.0002; Reparatieduur: 480 min
- Vermogenschakelaars
  - Faalfrequentie: 0.0013; Reparatieduur: 480 min
  - Weigerkans: 0.001
  - Afstandbediening: nee; Verremelding: nee
  - Beveiligingsgegevens: niet nodig

Transformatorbelastingen selecteren via het hoofdmenu: **Selecteren | Object**  
Tab: **Element**; aanvinken: **Transformatorbelasting**

Vervolgens via het hoofdmenu: **Bewerken | Collectief | Element**  
Tab: **Betrouwbaarheid**  
Faalfrequentie: 0.0008 /jaar (eens in 1250 jaren)  
Reparatieduur: 480 min (8 hr)

Lastscheiders en vermogenschakelaars selecteren via het hoofdmenu: **Selecteren | Object**  
Tab: **Schakelaar en beveiliging**  
Aanvinken: **Lastscheider**  
Aanvinken: **Vermogenschakelaar**

Vervolgens via het hoofdmenu: **Bewerken | Collectief | Schakelaar**  
Tabs: **Lastscheider** en **Betrouwbaarheid**  
Faalfrequentie: 0.0002 (eens in 5000 jaren)  
Reparatieduur: 480 (8 hr)

Tabs: **Vermogenschakelaar** en **Betrouwbaarheid**  
Weigerkans: 0.001 (eens in 1000 jaren)  
Faalfrequentie: 0.0013 (eens in 769 jaren)  
Reparatieduur: 480 min (8 hr)

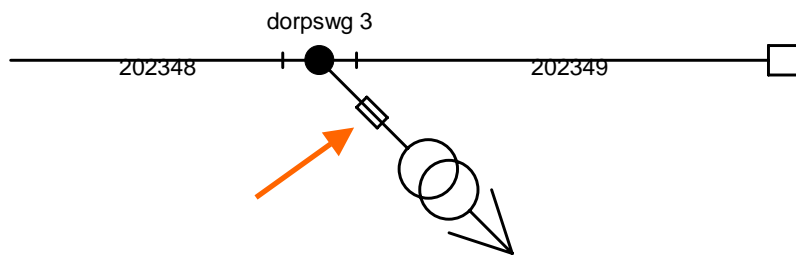
In het oorspronkelijke net waren bij de transformatorbelastingen geen smeltveiligheden aanwezig. Als gevolg kan een fout in de transformatorbelasting niet afgeschakeld worden. Dit heeft nadelige invloed op de onderbrekingsfrequentie.

De smeltveiligheid kan op eenvoudige wijze bij alle transformatorbelastingen worden aangebracht.



## Toevoegen smeltveiligheden bij transformatorbelastingen

- Breng één smeltveiligheid aan bij een transformatorbelasting
  - Beveiligingsgegevens zijn nog niet nodig
- Kopieer deze smeltveiligheid
- Selecteer alle transformatorbelastingen
- Selecteer (Speciaal) alle bijbehorende knooppunten
- Bewerken | Plakken speciaal

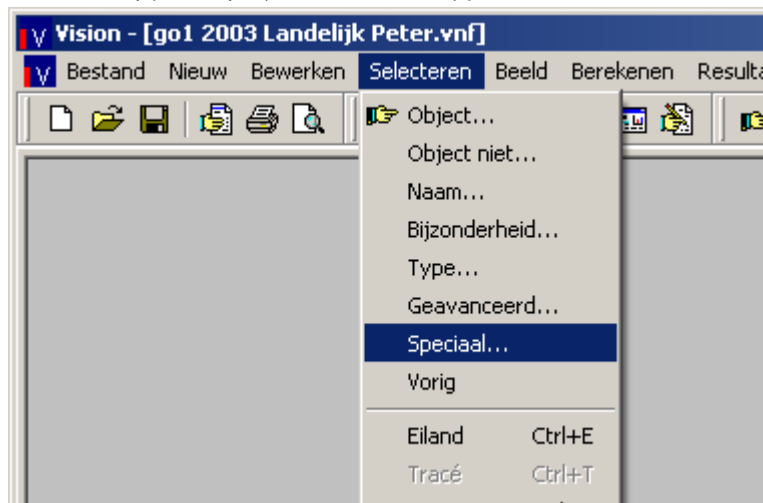


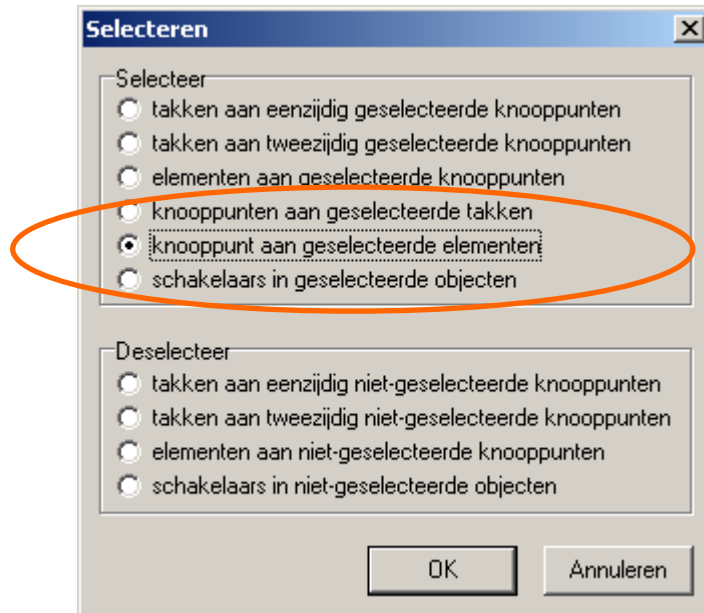
Selecteren alle transformatorbelastingen via hoofdmenu: **Selecteren | Object**

Tab: **Element**

Aanvinken: **Transformatorbelasting**

Selecteren (speciaal) bijbehorende knooppunten via hoofdmenu:





En tenslotte plakken aan alle geselecteerde knooppunt-element-combinaties:



3 UITVOEREN BETROUWBAARHEIDSBEREKENING

Na invoeren van de faalkansparameters voor alle componenten moeten de gegevens voor het herstellen worden ingevoerd. Dat vindt plaats via het hoofdmenu, onder: **Extra | Opties**, onder de tabs: **Berekening** en **Betrouwbaarheid**.

## Instellingen berekening

The screenshot shows the 'Opties' window with the following settings in the 'Betrouwbaarheid' tab:

- Geen loadflow
- Signaleren fout: 0 (kort) / 5 (lang) minuten
- Inschakelen storingsploeg: 30 minuten
- Lokaliseren fout: 0 (kort) / 30 (lang) minuten
- Sequentieel zoeken: 0 minuten voor 0 stations
- Binair zoeken: 0 minuten voor 0 stations
- Isoleren fout: 5 (kort) / 15 (lang) minuten
- Inschakelen/omschakelen: 5 (kort) / 15 (lang) minuten
- Noodstroomvoorziening: 120 minuten met maximaal 250 kVA voor maximaal 1 kW
- Minimaal toegestane spanning: 0 pu
- Maximaal toegestane belasting: Kabel 120%, Transformator 120%, Generator 100%

Annotations on the right side of the image:

- Versnelling berekening; geen controle op overbelasting bij inschakelen en omschakelen (points to 'Geen loadflow')
- Vaste tijd voor alle foutzoekacties (points to 'Lokaliseren fout')
- Geen controle op te grote spanningsdaling (points to 'Minimaal toegestane spanning')
- Tijdelijke overbelasting 20% toegestaan voor kabels en trafo's (points to 'Maximaal toegestane belasting')

Bovenstaande gegevens voor het herstelproces zijn typische bedrijfsgegevens en kunnen van geval (zelfs regionaal en landelijk/stedelijk) sterk verschillen. Het verdient aanbeveling om hierover binnen het bedrijf goede afspraken te maken.

De herstelparameters zijn als volgt ingesteld:

- Signaleren fout: binnen 5 minuten worden klachten telefonisch doorgegeven
- Inschakelen storingsploeg: binnen 30 minuten ter plekke
- Lokaliseren fout: vaste tijd van 30 minuten
- Isoleren fout: 5 minuten met verrebediening en 15 minuten handmatig
- Inschakelen vermogenschakelaar en normaal geopende scheidrs: 5 minuten met verrebediening en 15 minuten handmatig
- Noodstroomvoorziening: binnen 2 uren; maximale capaciteit: 250 kVA en alleen laagspanning
- Minimaal toegestane spanning: geen controle voor herstel
- Maximaal toegestane belasting: tijdelijk 20% overschrijding voor kabels en transformatoren

Het verdient aanbeveling eerst te controleren of in de normale bedrijfssituatie geen componenten overbelast zijn. In de situaties waarin overbelasting voorkomt blijft het herstelproces namelijk zoeken totdat een oplossing zonder overbelasting gevonden is, hetgeen leidt tot overbodig lange rekentijden. De controle vindt automatisch vooraf plaats, maar het levert extra inzicht dit handmatig met een loadflowberekening vooraf te doen.

Nadat alle gegevens zijn ingevoerd en gecontroleerd, kan de berekening starten. Dit vindt plaats vanuit het hoofdmenu. Hierin kan worden ingesteld of ook weigerende schakelaars, common cause fouten en gepland onderhoud moeten worden meeberekend.

## Starten berekening

- Controleer eerst dat in de normale situatie geen componenten overbelast zijn
  - Dit vermijdt onnodig zoeken naar oplossingen die niet bestaan
  - Situaties met overbelasting kunnen niet hersteld worden



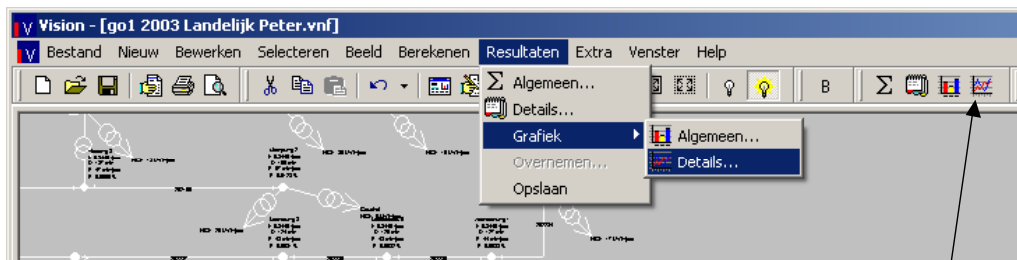
In het proces worden achtereenvolgens “wegens falen” alle componenten waarvoor een faalfrequentie is opgegeven uit bedrijf genomen. Voor elke gefaalde component wordt de herstelactie gesimuleerd, waarmee de onderbrekingsduur kan worden berekend. De meeste onderbrekingen worden door herstelacties beëindigd en niet door reparaties.

4 PRESENTATIEMOGELIJKHEDEN

Nadat de berekening is uitgevoerd kan het resultaat meteen in één oogopslag worden bekeken als niet-beschikbaarheidsduur op knooppunten als functie van de niet-beschikbaarheidsfrequentie.

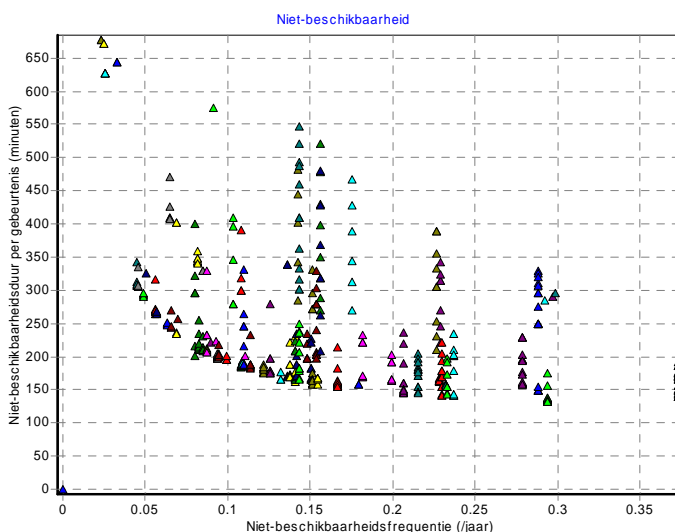
## Resultaten in één oogopslag

- Selecteer alles (Ctrl-A)
- Resultaten | Grafiek | Details



Of met de speed-button

## Resultaten in één oogopslag



- Mooi verdeelde grafiek
- Geen zwakke plekken
- Let op punten:
  - linksboven (grootste niet-beschikbaarheidsduur)
  - Rechtsonder (grootste niet-beschikbaarheidsfrequentie)

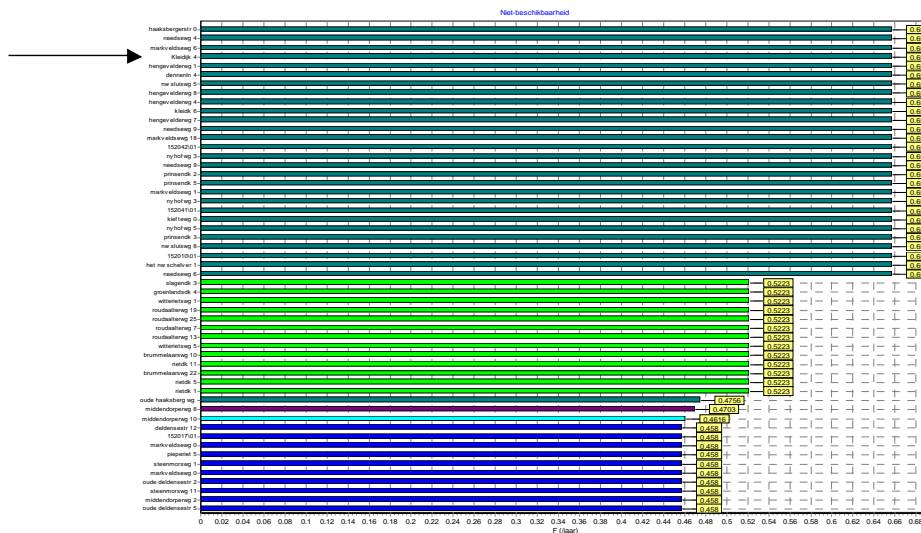
We kunnen het netwerk in meer detail analyseren. Het is interessant om de knooppunten met grote niet-beschikbaarheidsfrequentie (de punten rechts in de overzichtsgrafiek) en de knooppunten met grote niet-beschikbaarheidsduur (de punten boven in de overzichtsgrafiek) nader te bekijken. Gelukkig zijn er geen knooppunten met zowel grote niet-beschikbaarheidsfrequentie als niet-beschikbaarheidsduur (rechtsboven in de overzichtsgrafiek), zodat we ons concentreren op de punten rechtsonder en linksboven in de grafiek.

## Grootste niet-beschikbaarheidsfrequentie

- Selecteer alle componenten (Ctrl-A)
- Bekijk de algemene grafiek: Resultaten | Grafiek | Algemeen

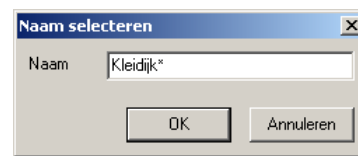
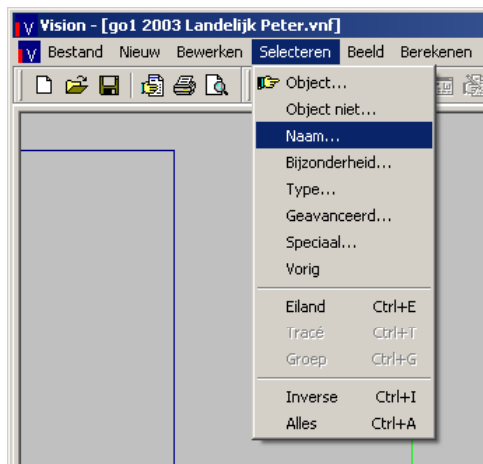
De knooppunten kunnen in deze grafiek op resultaat gesorteerd worden:

## Kies een knooppunt met grote niet-beschikbaarheidsfrequentie



# Details van een knooppunt met grote niet-beschikbaarheidsfrequentie

- Zoek knooppunt:



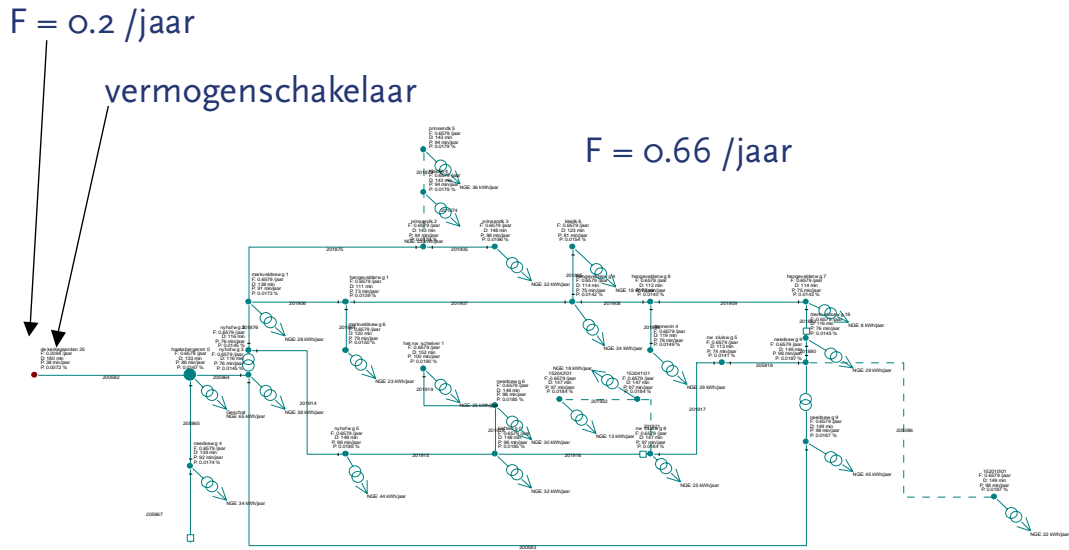
# Details van een knooppunt met grote niet-beschikbaarheidsfrequentie

• Bijdrage van falende objecten aan de niet-beschikbaarheid van knooppunt: Kleidijk 4

Falend	F / jaar	D min	P m/j	P Fase %	D (details) min
• Kabel 202302	0.0605	110	6:40	0.0013	2 (omschakelen) 5+30+30+15+15+15+0
• Kabel 201880	0.0508	95	4:49	0.0009	1 (inschakelen) 5+30+30+15+15+0+0
• Kabel 205086	0.0412	95	3:55	0.0007	1 (inschakelen) 5+30+30+15+15+0+0
• Kabel 200583	0.0411	95	3:54	0.0007	1 (inschakelen) 5+30+30+15+15+0+0
• Kabel 202325	0.0302	110	3:19	0.0006	2 (omschakelen) 5+30+30+15+15+15+0
• Kabel 201922	0.0270	95	2:34	0.0005	1 (inschakelen) 5+30+30+15+15+0+0
• Kabel 201914	0.0240	95	2:17	0.0004	1 (inschakelen) 5+30+30+15+15+0+0
• Kabel 202294	0.0237	110	2:36	0.0005	2 (omschakelen) 5+30+30+15+15+15+0
• Kabel 205864	0.0226	110	2:29	0.0005	2 (omschakelen) 5+30+30+15+15+15+0
• Kabel 201873	0.0206	560	11:31	0.0022	4 (reparatie) 5+30+30+15+0+0+480
• Kabel 201919	0.0205	95	1:57	0.0004	1 (inschakelen) 5+30+30+15+15+0+0
• Kabel 201906	0.0191	110	2:06	0.0004	2 (omschakelen) 5+30+30+15+15+15+0
• Kabel 202326	0.0179	110	1:58	0.0004	2 (omschakelen) 5+30+30+15+15+15+0
• Kabel 201883	0.0174	95	1:39	0.0003	1 (inschakelen) 5+30+30+15+15+0+0
• Kabel 205818	0.0163	95	1:33	0.0003	1 (inschakelen) 5+30+30+15+15+0+0
• Kabel 201874	0.0146	560	8:12	0.0016	4 (reparatie) 5+30+30+15+0+0+480
• Kabel 202328	0.0144	110	1:35	0.0003	2 (omschakelen) 5+30+30+15+15+15+0
• Kabel 201917	0.0139	95	1:19	0.0003	1 (inschakelen) 5+30+30+15+15+0+0
• Kabel 202327	0.0133	110	1:28	0.0003	2 (omschakelen) 5+30+30+15+15+15+0
• Kabel 200571	0.0110	110	1:13	0.0002	2 (omschakelen) 5+30+30+15+15+15+0

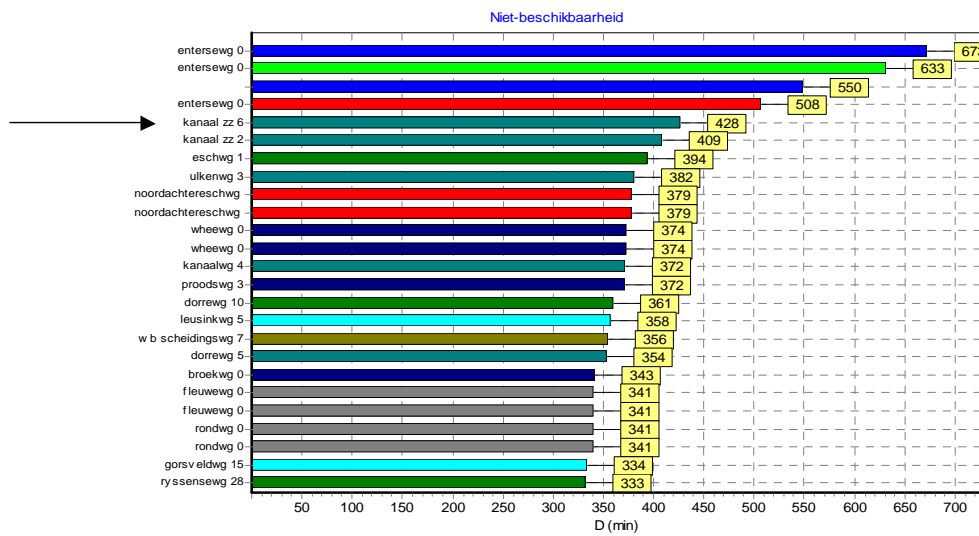
Nadere bestudering van de details leert dat er een relatief grote bijdrage komt van falende kabels. Dit wordt veroorzaakt doordat de groep bestaat uit veel en lange kabelstukken, die niet door schakelende componenten is onderverdeeld. Door de groep te selecteren kunnen we hier meer inzicht in krijgen.

# Groep met grote niet-beschikbaarheidsfrequentie



Vervolgens analyseren we de knooppunten met een grote niet-beschikbaarheidsduur. Dit start vanuit het hoofdmenu met: **Resultaten | Grafiek | Algemeen.**

# Kies een knooppunt met grote niet-beschikbaarheidsduur





Het aangewezen knooppunt wordt nader in detail bekeken:

## Details van een knooppunt met grote niet-beschikbaarheidsduur

Bijdrage van falende objecten aan de niet-beschikbaarheid van knooppunt: kanaal zz 6

Falend	F /jaar	D min	P m/j	P Fase %	D (details) min	
Vermogenschakelaar	0.0013	550	0:43	0.0001	4 (reparatie)	5+30+30+5+0+0+480
Vermogenschakelaar	0.0013	560	0:44	0.0001	4 (reparatie)	5+30+30+15+0+0+480
Vermogenschakelaar	0.0013	560	0:44	0.0001	4 (reparatie)	5+30+30+15+0+0+480
Vermogenschakelaar	0.0013	550	0:43	0.0001	4 (reparatie)	5+30+30+5+0+0+480
Vermogenschakelaar	0.0013	560	0:44	0.0001	4 (reparatie)	5+30+30+15+0+0+480
Vermogenschakelaar	0.0013	560	0:44	0.0001	4 (reparatie)	5+30+30+15+0+0+480
Transformatorbelasting	0.0008	1870	1:30	0.0003	4 (reparatie)	5+30+30+5+0+0+1800
Knooppunt bornerbroeksewg 10	0.0002	3670	0:44	0.0001	4 (reparatie)	5+30+30+5+0+0+3600
Knooppunt bornerbroeksewg 10	0.0002	3670	0:44	0.0001	4 (reparatie)	5+30+30+5+0+0+3600

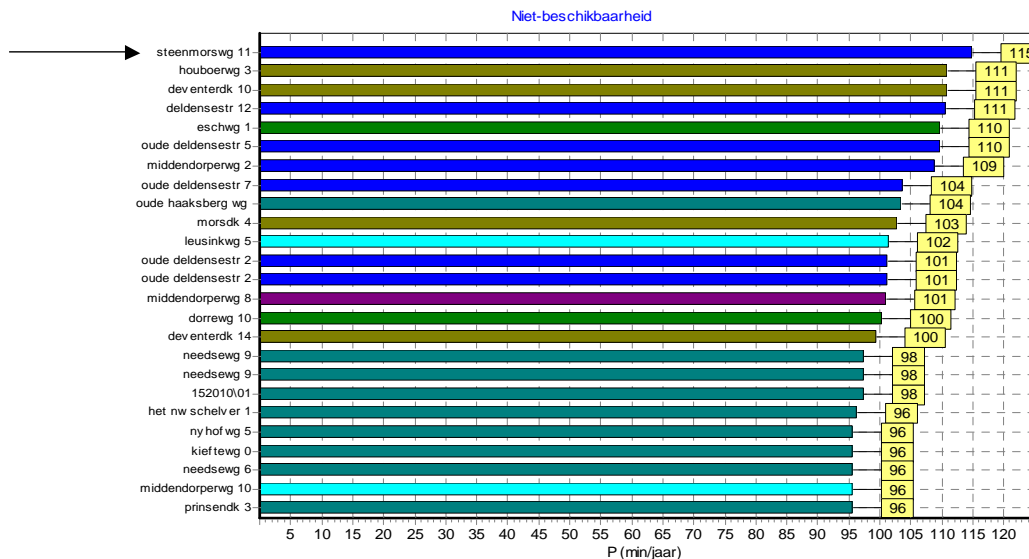
Nadere analyse wijst uit dat veel storingen alleen door reparatie kunnen worden verholpen. In dit geval komt dat doordat er geen of beperkte omschakelmogelijkheden zijn.

## Analyse niet-beschikbaarheidsduur

- Grootste bijdrage door storingen in aangesloten vermogenschakelaars
  - Alleen herstel van het knooppunt mogelijk door reparatie
  - Herstel andere knooppunten van afgaande richtingen door omschakelacties

Tenslotte kunnen we de knooppunten analyseren, waarvoor een grote niet-beschikbaarheidsverwachting (in minuten per jaar) is berekend.

## Kies een knooppunt met een grote niet-beschikbaarheidsverwachting



## Details van een knooppunt met een grote niet-beschikbaarheidsverwachting

Bijdrage van falende objecten aan de niet-beschikbaarheid van knooppunt: steenmorswg 11

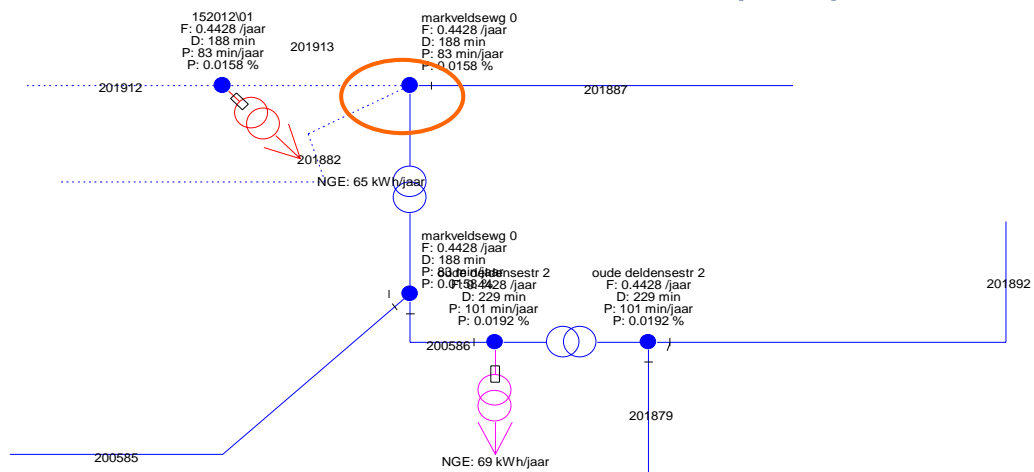
Falend	F /jaar	D min	P m/j	P Fase %	D (details) min	
Kabel 205299	0.0990	85	8:25	0.0016	1 (inschakelen)	5+30+30+5+15+0+0
Kabel 200585	0.0341	110	3:45	0.0007	2 (omschakelen)	5+30+30+15+15+15+0
Kabel 200586	0.0335	560	18:45	0.0036	4 (reparatie)	5+30+30+15+0+0+480
Kabel 202338	0.0238	110	2:37	0.0005	2 (omschakelen)	5+30+30+15+15+15+0
Kabel 201878	0.0194	560	10:50	0.0021	4 (reparatie)	5+30+30+15+0+0+480
Kabel 201888	0.0191	110	2:06	0.0004	2 (omschakelen)	5+30+30+15+15+15+0
Kabel 202339	0.0191	110	2:06	0.0004	2 (omschakelen)	5+30+30+15+15+15+0
Kabel 200584	0.0188	110	2:04	0.0004	2 (omschakelen)	5+30+30+15+15+15+0
Kabel 201891	0.0177	110	1:57	0.0004	2 (omschakelen)	5+30+30+15+15+15+0
Kabel 202341	0.0159	110	1:45	0.0003	2 (omschakelen)	5+30+30+15+15+15+0
Kabel 201882	0.0147	560	8:14	0.0016	4 (reparatie)	5+30+30+15+0+0+480
Kabel 201893	0.0139	110	1:32	0.0003	2 (omschakelen)	5+30+30+15+15+15+0
Kabel 201881	0.0137	560	7:39	0.0015	4 (reparatie)	5+30+30+15+0+0+480
Kabel 202301	0.0123	110	1:21	0.0003	2 (omschakelen)	5+30+30+15+15+15+0
Kabel 201912	0.0103	560	5:45	0.0011	4 (reparatie)	5+30+30+15+0+0+480
Kabel 201879	0.0097	560	5:25	0.0010	4 (reparatie)	5+30+30+15+0+0+480
Kabel 201896	0.0096	110	1:03	0.0002	2 (omschakelen)	5+30+30+15+15+15+0
Kabel 202340	0.0087	110	0:57	0.0002	2 (omschakelen)	5+30+30+15+15+15+0
Kabel 201911	0.0075	560	4:12	0.0008	4 (reparatie)	5+30+30+15+0+0+480
Kabel 201913	0.0053	560	2:59	0.0006	4 (reparatie)	5+30+30+15+0+0+480
Kabel 201910	0.0049	560	2:44	0.0005	4 (reparatie)	5+30+30+15+0+0+480
Kabel 201892	0.0042	110	0:28	0.0001	2 (omschakelen)	5+30+30+15+15+15+0

Bestudering van de details laat zien dat hier in sommige gevallen op reparatie van een kabel moet worden gewacht. In die gevallen is er geen omschakelmogelijkheid. Nadere bestudering van de groep

toont aan dat in het netmodel op cruciale plaatsen geen scheider is aangebracht, waardoor de gestoorde kabels niet kunnen worden geïsoleerd.

## Kabels zonder lastscheider

- Componenten zonder mogelijkheid om te isoleren leiden tot wachten op reparatie



### 5 SAMENVATTING

- Efficiëntie bij het invullen gegevens van betrouwbaarheid door combinatie van:
  - Slim selecteren
  - Collectief bewerken
- Bekijken resultaten in het overzicht
- Bekijken resultaten in detail
- Eventueel maatregelen treffen