



## Onderwerpen

- Wetgeving Bouw / NEN 8700
- Toepassing NEN 8700 voor hoogspanningsmasten en -funderingen
- Specifiek: wat betekent het voor mastfunderingen, met name bestaande bouw?

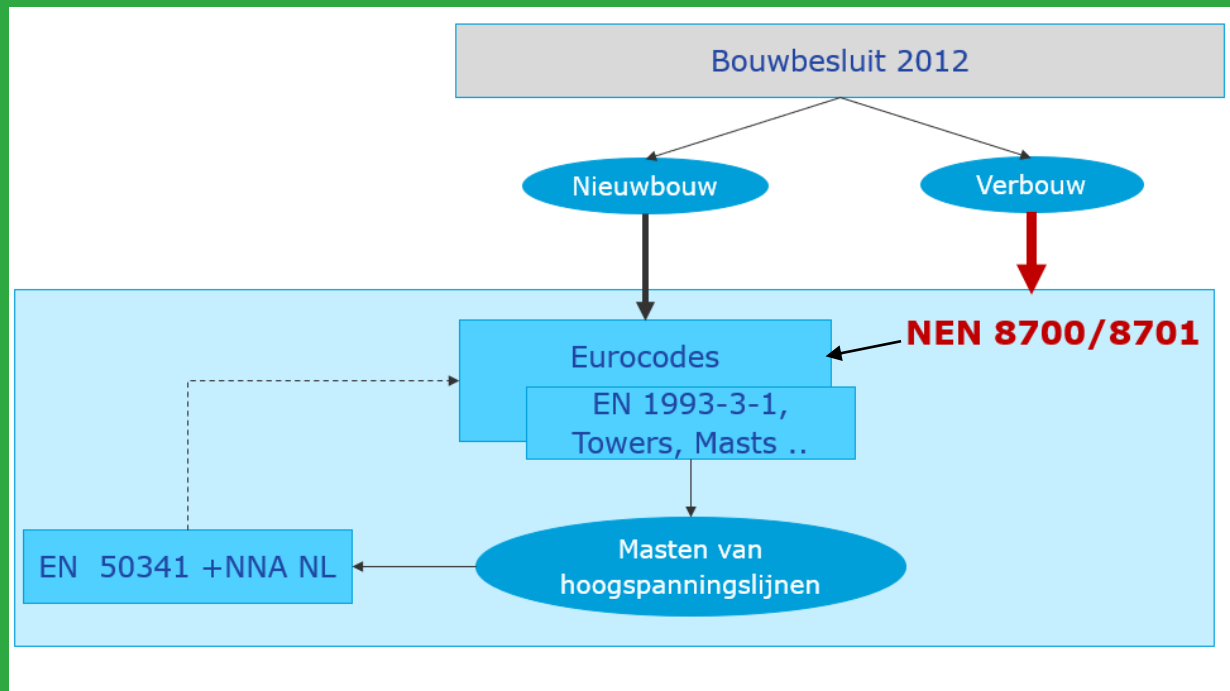


## Wetgeving Bouw / NEN 8700

- Wet op het Bouwbesluit 2012
  - Vanaf 2012 ook voor bouwwerken zijnde geen gebouw
  - Daarmee van toepassing voor hoogspanningsmasten en -funderingen
- NEN EN 1990 serie
  - Ook wel Eurocodes genoemd, opgenomen in Bouwbesluit
  - In NEN-EN 50341-2-15, hoogspanningslijnen, verwijzing naar de Eurocodes
- NEN 8700 serie
  - Bestemd voor bestaande bouwwerken, opgenomen in Bouwbesluit
  - Is generiek van opzet, verwijst weer naar Eurocodes



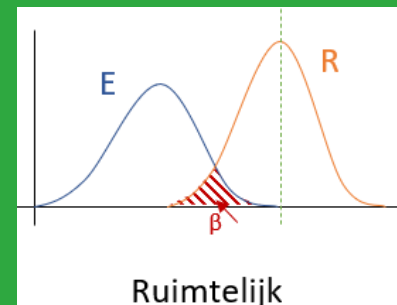
# Bouwbesluit en Onderliggende Normen Hoogspanningslijnen





## Toepassing NEN 8700 voor Hoogspanningsmasten en -funderingen

- Vastgelegd door TNO/DNV/vTol in “Gezaghebbend Document” in 2018
- Uitgangspunten nieuwbouw zijn
  - Gevolgklasse CC2 (beperkt verlies mensenlevens en/of aanzienlijke economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving)
  - Betrouwbaarheid  $\beta > 2.8$ , overeenkomend met belastingsfactor 1,5 als gedefinieerd in NEN-EN 50341-2-15
- Constructieve toetsing op
  - Afkeurniveau (referentie periode  $\geq 15$  jaar)
  - Verbouwniveau (ref. periode  $\geq 30$  jaar)





## Aanvulling op NEN8700, voor Opwaardering Hoogspanningslijnen (BBB380 – Beter Benutten Bestaand - en vervolg)

- Voor bestaande bouw is het uitgangspunt dat de huidige betrouwbaarheid voldoende is
- Gevolgklasse CC2-0 ontwikkeld, met betrouwbaarheidsniveau tussen CC1 en CC2, voor bestaande funderingen niet altijd afdoende
- Constructieve verificatie:
  - Afkeurniveau CC2-0 (Belastingsfactoren maar iets  $>1.0$ ;  $\beta > 2.0$ )
  - Verbouwniveau CC2 (maar enkel voor de “verbouw” delen;  $\beta > 2.5$ )
- Voorstellen “Gezaghebbend Document” goedgekeurd door NEN Basiseisen en Belastingen maar deels afgewezen door NEN Geotechniek.



## Gevraagd aanvullende Beproevingen op Funderingen

- NEN 9997-1, Geotechniek, stelt dat bij funderingspalen wisselend op trek- en drukkracht belast een extra materiaalfactor  $\gamma$ -var ( $\leq 1,5$ ) geldt (toepassen op conusweerstand)
- Volgens “Gezaghebbend Document” kan deze  $\gamma$ -var verlaagd en is er voor bestaande funderingen een versterkend effect  $\gamma$ -setup ( $>1,0$ )
- Dit is door normcommissie NEN Geotechniek afgewezen, aanvullende beproevingen zijn nodig ter onderbouwing (op 3 locaties).

$$q_{c;z;d} = \frac{q_{c;z;a}}{\gamma_{s;t} \cdot \gamma_{m;var;q_c} \cdot \xi}$$

$$\gamma_{m;var;q_c} = 1 + 0.25 \cdot \frac{F_{t;max;k} - F_{t;min;k}}{F_{t;max;k}} \quad \text{en} \quad \gamma_{m;var;q_c} \leq 1.5$$



## Funderingstesten op Geamoveerde Mastlocaties

- Locaties
  - Utrecht, Rijnvliet, 150 kV eindmast, 20jr, paallengte 17,5m;  $\varnothing$ 46cm
  - Oosterwolde (Gld), 150 kV steunmast, ~50jr, paallengte 8m, opgebouwd uit twee damwandprofielen (~40cm doorsnede, Larssen palen)
  - Rilland (Zld), 380 kV Steunmast, 45jr, paallengte 12,5m,  $\varnothing$ 46cm.
- Naast de bestaande palen, vier vergelijkbare (nieuwe) palen geheid
- Alle palen van staal, met gesloten punt en geheid tot in vaste zandlaag
- Palen zijn op trek belast tot geotechnisch bezwijken
- Uiteindelijk enkel locaties Utrecht en Oosterwolde getest.



## Overzicht Testlocaties

- Testen uitgevoerd door APTS
- Heiwerk door Fundex/  
Verstraeten
- Ongeveer 10 uur nodig  
voor het testen van één paal







## Testopstelling Trekproeven + Heien Oosterwolde

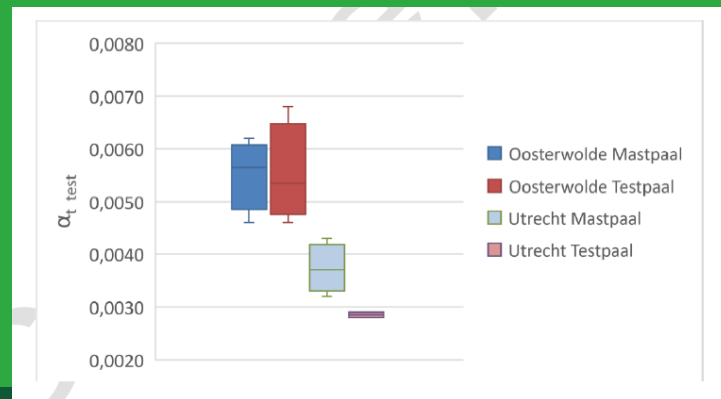




## Testresultaten (Utrecht en Oosterwolde)

- Uitgevoerd in periode Q4/2021 en Q1/2022
- Capaciteit van zowel bestaande als nieuwe palen lager dan verwacht op basis van NEN 9997-1 (maar wel voldoende betrouwbaar),  $\alpha\text{-t} < 0,007$  met  $\alpha\text{-t}$  de paalklasse factor voor schachtwrijving bij op trek belaste palen
- Capaciteit bestaande palen vergelijkbaar met nieuwe palen, ook geen verschil tussen druk- en trekpalen (locatie Utrecht)
- Bestaande palen 0% tot 30% hoger capaciteit nieuwe palen (in  $\alpha\text{-t}$ ), vooral locatie Utrecht

$$R_{S;cal;gem} = \alpha_t \cdot O_{S;\Delta L;gem} \cdot \int_0^L q_{c;z;d} dz$$





## Voorstel voor Normcommissie Geotechniek

- Voorstel opgesteld door TNO/DNV/vToI
- Beproevingen geven aan dat er geen blijvende of permanente veroudering optreedt bij de funderingspalen
- Mogelijk wel een tijdelijk effect van veroudering door zware windbelasting, maar omdat trek/druk niet omkeert tijdens een storm, is  $\gamma$ -var ( $\leq 1,25$ ) theoretisch voldoende (is niet beproefd)
- Bij bestaande palen treedt versterking op, maar onvoldoende beproevingen om dit te kunnen kwantificeren, voorstel:

$$q_{c;z;d} = \frac{q_{c;z;a} \cdot f_{set-up}}{\gamma_{s;t} \cdot \gamma_{m,var;q_c} \cdot \xi}$$

$$\text{aangehouden: } \frac{f_{set-up}}{\gamma_{m,var;q_c}} = \frac{1,0}{1,25}$$

$$[\text{ huidige waarde: } \frac{f_{set-up}}{\gamma_{m,var;q_c}} = \frac{1,0}{1,50} ]$$



## Hoe verder en wat zijn de consequenties?

- De bevindingen worden voorgelegd aan normcommissies NEN Geotechniek
  - Contacten lopen via TenneT en Normalisatie Instituut NEN
  - Voorstel is om aanpassingen op te nemen in NEN-EN 50341-2-15
- Bij acceptatie belangrijke gevolgen voor werkzaamheden TenneT:
  - Bij opwaarderingen van 380 kV lijnverbindingen (de komende 10 jaar, grofweg 40 tot 50 km per jaar, 100 – 130 mastfunderingen jaarlijks)
  - Momenteel dient 40% tot 80% van de funderingen versterkt te worden
  - Door  $\gamma$ -var verlaging wordt dit 20 tot 30 % minder, dat wil zeggen geen versterking meer nodig of funderingen kunnen eenvoudiger versterkt worden

