



Van paalklassefactor naar CO₂-impact: Wat normwijzigingen betekenen voor duurzaam- heid van funderingen

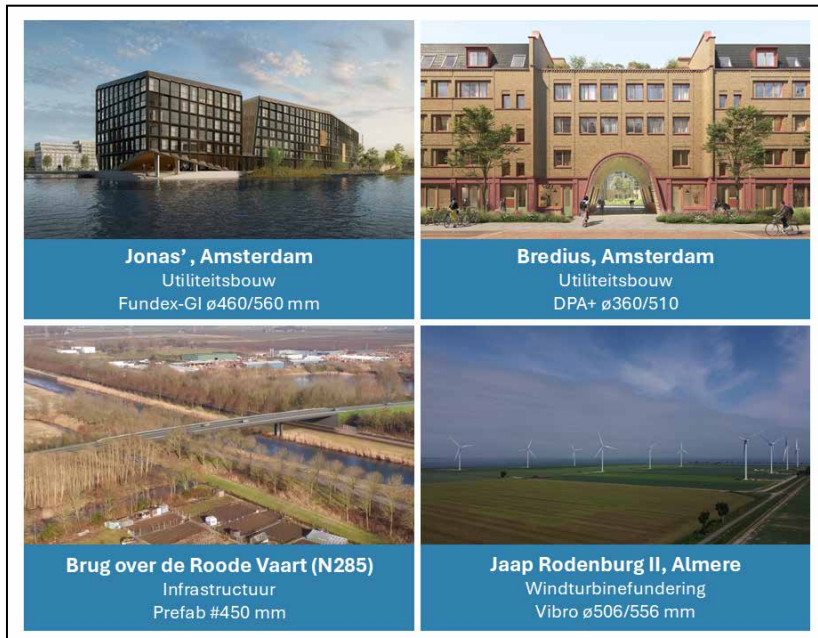
Een wijziging in een paalklassefactor lijkt op papier misschien klein. In de praktijk kan diezelfde wijziging betekenen dat honderden funderingspalen meters langer moeten worden uitgevoerd. Met de publicatie van NEN 9997-1:2025 is de discussie over paalklassefactoren opnieuw actueel. Vooral bij geschroefde paalsystemen zijn factoren aangepast. Eerder, in 2016, werd de paalklassefactor voor de paalpunt (α_p) al met 30 procent verlaagd. Daarmee is de draagkracht van funderingspalen in de afgelopen jaren meerdere keren onderwerp geweest van normatieve aanscherping. De discussie hierover richt zich in de praktijk vaak op draagvermogen, paallengte, kosten en maakbaarheid. Maar dezelfde aanpassingen hebben ook een minder zichtbaar effect: extra materiaalgebruik en dus extra milieu-impact. Aan de hand van vier praktijkprojecten is onderzocht wat de invloed is van wijzigingen in paalklassefactoren op de CO₂-uitstoot van funderingen.

De aanpassingen in paalklassefactoren hebben in de markt tot veel discussie geleid. Funderingen moesten zwaarder worden uitgevoerd, terwijl de noodzaak daarvan wel uit onderzoek bleek, maar in praktijk niet werd gezien (meer schadegevallen). Tegelijkertijd hebben de wijzigingen funderingsaannemers gestimuleerd om zelfverklaringen op te stellen met specifieke

factoren voor hun eigen funderingssystemen. Om de gevolgen van de normwijzigingen op de milieu-impact inzichtelijk te maken, zijn vier projecten herberekend met paalklassefactoren uit de versies 2012, 2016 en 2025 van NEN 9997-1. Voor de DPA+-paal is aanvullend gerekend met een zelfverklaring uit 2026, waarin paalklassefactoren zijn vastgesteld op basis van uitgevoerde proefbelastingen op dit paaltipe. De beschouwde projecten zijn afkomstig uit de utiliteitsbouw, infrastructuur en windenergie en omvatten verschillende paaltypen: Fundex-GI, DPA+, prefab betonpalen en vibropalen. (Zie figuur 1 voor een overzicht van de projecten en paaltypen.) De projecten zijn inhoudelijk ongewijzigd gelaten. Alleen de benodigde paallengte is aangepast als gevolg van de gewijzigde paalklassefactoren. Daarmee wordt zichtbaar welk effect de normwijziging heeft, los van andere ontwerpkeuzes. Een overzicht van de aangehouden paalklassefactoren is weergegeven in tabel 1. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de paalklassefactor voor de puntweerstand en de schachtweerstand op druk.

Herontwerp van de fundering

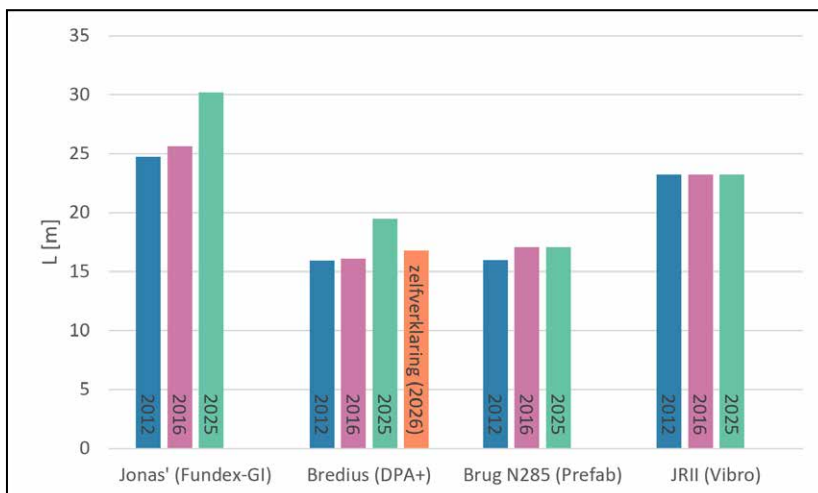
De oorspronkelijke paalpuntniveaus en paallengtes van de vier projecten zijn bepaald op basis van de paalklassefactoren uit 2016. Voor deze studie zijn de berekeningen opnieuw uitgevoerd met de factoren uit 2012 en 2025. Voor het project met DPA+-palen is daarnaast de zelfverklaring meegenomen.



Figuur 1: Beschouwde projecten in de studie

Paaltipe	Paalklassefactoren NEN 9997-1				Schachtweerstand op druk (α_s)			
	Puntweerstand (α_p)							
	2012	2016	2025	ZV (2026)	2012	2016	2025	ZV (2026)
Fundex-GI	0,9	0,63	0,30	-	0,009	0,009	0,011	-
DPA+	0,9	0,63	0,20	0,265	0,009	0,009	0,010	0,0152
Prefab	1,0	0,70	0,70	-	0,010	0,010	0,010	-
Vibro	1,0	0,70	0,70	-	0,014	0,014	0,014	-

Tabel 1: Overzicht paalklassefactoren voor verschillende versies van de NEN 9997-1

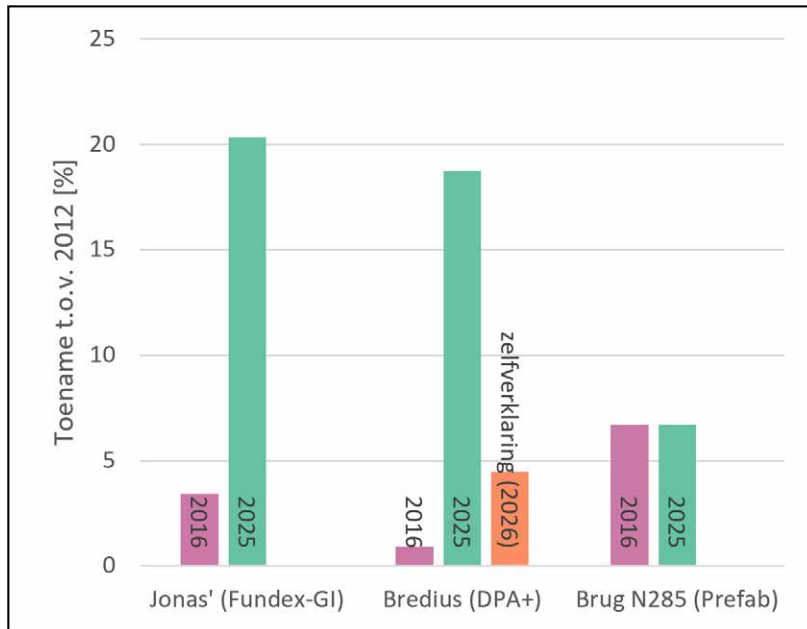


Figuur 2: Benodigde paallengten voor voldoende draagkracht bij gebruik verschillende paalklassefactoren

De grootste verandering treedt op bij de geschroefde paalsystemen. Voor het project Jonas', uitgevoerd met Fundex-GI-palen, leidt toepassing van de factoren uit 2025 tot een toename van de gemiddelde paallengte van 25,6 m naar 30,2 m ten opzichte van 2016. Dat is een verlenging van 4,6 m per paal. Ten opzichte van 2012 bedraagt de toename zelfs 5,5 m. Ook bij het project Bredius, uitgevoerd met DPA+-palen, is de invloed duidelijk zichtbaar. De benodigde paallengte neemt toe van 16,1 m bij de factoren uit 2016 naar 19,5 m bij toepassing van de factoren uit 2025. Dat betekent een toename van 3,4 m per paal. Wanneer de zelfverklaring uit 2026 wordt toegepast, neemt de benodigde lengte weer af naar 16,8 m. Daarmee blijft de paal nog altijd langer dan bij de factoren uit 2016, maar wordt een belangrijk deel van de toename uit 2025 gecompenseerd.

Voor de brug over de Roode Vaart in de N285, uitgevoerd met prefab betonpalen, is het effect kleiner. De

verlaging van de paalklassefactor voor de paalpunt in 2016 leidt tot een toename van de benodigde paallengte van 16,0 m naar 17,1 m. In 2025 wijzigen de factoren voor dit systeem niet, waardoor de paallengte gelijk blijft.



Figuur 3: Toename van de CO₂-uitstoot als gevolg van de aanpassing van paalklassefactoren t.o.v. de factoren in 2012

onderling beter te vergelijken is ook gekeken naar de procentuele toename van de CO₂-uitstoot ten opzichte van de factoren uit 2012.

Bij Jonas' is de absolute toename het grootst. Wanneer de factoren uit 2025 zouden zijn toegepast in plaats van de factoren uit 2016, resulteert dit in een extra uitstoot van circa 121 ton CO₂-eq. Ten opzichte van de factoren uit 2012 bedraagt de toename bijna 150 ton CO₂-eq, een toename van circa 20 procent. Ook bij Bredius is het effect substantieel. De totale milieu-impact neemt toe van 201 ton CO₂-eq bij de factoren uit 2016 naar 243 ton CO₂-eq bij toepassing van de factoren uit 2025. De zelfverklaring beperkt deze toename aanzienlijk: bij toepassing daarvan bedraagt de totale milieu-impact 209 ton CO₂-eq.

Voor de N285 bedraagt de toename ten opzichte van 2012 circa 7 procent. Omdat de paalklassefactoren voor dit systeem in 2025 niet verder wijzigen, blijft de milieu-impact gelijk aan de situatie in 2016. Voor JR II blijft de milieu-impact in alle beschouwde situaties ongewijzigd, omdat de benodigde paallengte niet verandert.

Conclusie en betekenis voor de sector

De aanpassing van paalklassefactoren in NEN 9997-1 heeft aantoonbaar invloed op de milieu-impact van funderingen. In de beschouwde projecten is het effect het grootst bij geschroefde paalsystemen. Voor Fundex-GI en DPA+-palen leidt toepassing van de

Project	Funderingspaal	Formule milieu-impact conform [1] [kg CO ₂ eq]
Jonas'	Fundex-GI ø460/560 mm	80,1L + 183,8
Bredius	DPA+ ø360/510 mm	38,1L + 102,9
N285 (brug)	Prefab #450 mm	91,5L + 43,2
JR II	Vibro ø506/556 mm	67,5L + 114,2

Tabel 2: Formule milieu-impact diverse typen funderingspalen

Bij de windturbinefundering, uitgevoerd met vibropalen, hebben de gewijzigde paalklassefactoren geen invloed. In dit ontwerp is het trekdraagvermogen maatgevend waardoor de paallengte in alle beschouwde normversies gelijk blijft.

Per project is de totale milieu-impact bepaald door de impact per paal te vermenigvuldigen met het aantal palen. Daarmee wordt het effect van extra paallengte direct zichtbaar op funderingsniveau. Om de projecten

factoren uit 2025 tot een stijging van de CO₂-uitstoot tot circa 20 procent ten opzichte van 2012. Bij geheide systemen is het effect kleiner. Voor de beschouwde prefab betonpalen blijft de toename beperkt tot circa 7 procent, terwijl bij de vibropalen in de windturbinefundering geen effect optreedt, omdat het trekdraagvermogen maatgevend is.

Daarmee hebben normwijzigingen niet alleen constructieve en economische gevolgen, maar werken ze

Project	Totale milieu-impact [t CO ₂ -eq]			
	2012	2016	2025	Zelfverklaring (2026)
Jonas'	655	680	801	n.b.
Bredius	199	201	243	209
N285 (brug)	103	110	110	n.b.
JR II	50	50	50	n.b.

Tabel 3: Milieu-impact van de fundering voor de verschillende projecten, afhankelijk van de gebruikte set paalklassefactoren



ook direct door in materiaalgebruik en duurzaamheid. Dat inzicht is met name relevant voor binnenstedelijke utiliteitsbouw, waar geschroefde systemen vaak worden toegepast omdat geheide palen vanwege trillingen, geluid of omgevingsrisico's niet altijd mogelijk zijn.

De discussie over paalklassefactoren gaat dus niet alleen over draagvermogen, kosten en uitvoerbaarheid, maar ook over CO₂-uitstoot. Om veilig en duurzaam te funderen, is het essentieel dat paalklassefactoren zo goed mogelijk aansluiten bij het werkelijke gedrag van het paalsysteem. Zorgvuldig onderbouwde zelfverklaringen kunnen daarbij helpen.

De opgave voor de sector is daarmee niet om lichter te funderen, maar om scherper te funderen: veilig, aantoonbaar en met zo min mogelijk onnodige milieu-impact. Daarbij ligt de winst niet alleen in een optimaal funderingsontwerp, maar ook in verdere verduurzaming van materiaalgebruik en uitvoering. Ook op dat vlak is nog aanzienlijke milieuwinst haalbaar [2].

Auteurs: ir. A. (Antoinet) Peek, Specialist Geotechniek, ir. A.J. (Arie-Jan) van Renswoude, Specialist Geotechniek, ABT

Referenties

- [1] Renswoude, A.J. van, 2024, Rekenen met de milieu-impact van funderingspalen. *Civiele Techniek*, 2024 (5/6), 6-8.
- [2] Van Renswoude, A.J., & Singh, S. (2026). Environmental impact of foundation piles: Analysis and reduction strategies [Conference paper/presentation]. 3rd Annual Conference on Foundation Decarbonization and Re-use, Amsterdam, Netherlands, 24-26 March 2026. ABT B.V.



Natuurmonumenten

WE KUNNEN NIET ZONDER NATUUR

Word nu lid op natuurmonumenten.nl
en ontvang 4 x per jaar het magazine
Puur Natuur

