

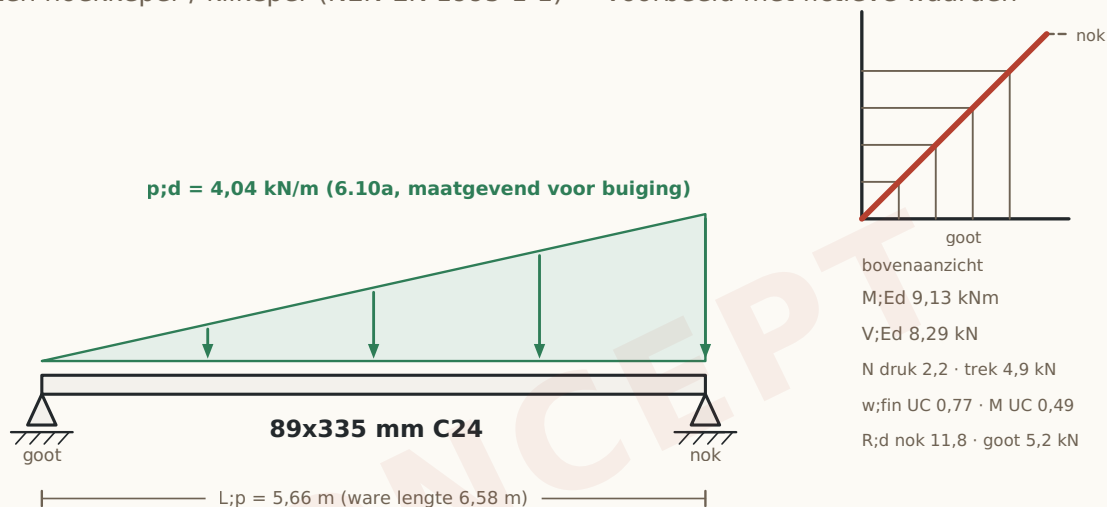
1. HOUTEN HOEKKEPER / KILKEPER

VOORBEELDBEREKENING MET FICTIEVE WAARDEN — geen geldige berekening voor een echte situatie; elke geleverde berekening wordt door de constructeur gecontroleerd en goedgekeurd.

Toepassing: (NEN-EN 1995-1-1) — voorbeeld met fictieve waarden

Rekenmodel · houten hoekkeper

Houten hoekkeper / kilkeper (NEN-EN 1995-1-1) — voorbeeld met fictieve waarden



Profiel 89x335 mm C24 · UC 0,77

voldoet

Aannames

Statisch schema	vrij opgelegde schuine hoekkeper, onder op de muurplaathoek (goot) en boven op het einde van de nokgording, een makelaar of een kolom; BEIDE REACTIES VERTICAAL. Het moment volgt dan uit een horizontaal model over de plan-lengte L_p .
Meetkunde	regelmatig schilddak met run $a = 4,00 \text{ m}$ en dakhelling $40,0$ graden aan beide zijden; nokhoogte $H = 3,356 \text{ m}$, plan-lengte $L_p = 5,657 \text{ m}$, keperhelling $\beta = 30,68$ graden, ware lengte $L_t = 6,578 \text{ m}$.
Last op de hoekkeper	elk kreupel spoor geeft de helft van zijn last aan de keper; per plan-meter is die last LINEAIR, nul bij de goot en maximaal bij de nok ($p(x) = (q_1 + q_2) \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot x / (2 \cdot L_p^2)$, continu model — veel sporen). Daarnaast zijn de sporen als LOSSE puntlasten doorgerekend (h.o.h. $0,60 \text{ m}$, 10 standen van het eerste spoor, beide dakvlakken in dezelfde stand); elke toets neemt de zwaarste van het continue model en al die standen. Voor deze keper geven de losse sporen een moment van $9,13 \text{ kNm}$ tegen $8,97 \text{ kNm}$ continu (+1,8 %) en een dwarskracht van $9,64$ tegen $8,10 \text{ kN}$ (+19,0 %); de toetsen rekenen met de grootste.

Belastingen per m² grondvlak	permanent 0,90 kN/m ² dakvlak /cos → 1,175 kN/m ² ; sneeuw s _k 0,70 x μ ₁ 0,533 = 0,373 kN/m ² . Eigen gewicht keper 0,143 kN/m per plan-meter.
Toetsen NEN-EN 1995-1-1	buiging 6.11 (k _h = 1,000), afschuiving 6.13 (k _{cr} = 0,67), trek/druk + buiging 6.17/6.19 per doorsnede langs de keper (de normaalkracht is druk aan het lage einde en trek aan het hoge), knik in het vlak 6.23 over L _t (k _{c,y} = 0,577; conservatief de grootste druk samen met het grootste moment; uit het vlak houden de sporen de keper vast).
Kip 6.3.3	onder zwaartekracht is de BOVENrand de drukrand, vastgehouden door de genagelde sporen om de 987 mm langs de keper → l _{ef} = l + 2h = 1657 mm, k _{crit} = 1,000.
Doorbuiging loodrecht op de keper (w_{hor}/cos² beta)	w _G 10,71 mm, w _Q 3,14 mm → w _{fin} = 20,26 mm ≤ 0,004*L _t = 26,3 mm; w _{bij} = 9,56 mm ≤ 0,003*L _t = 19,7 mm (ψ ₂ = 0 voor sneeuw en wind).
Reacties (rekenwaarde UGT)	goot 5,20 kN, nok 11,80 kN — karakteristiek G 3,56 / 7,94 kN, sneeuw 1,00 / 2,39 kN (goot / nok). Op een rechthoekig schilddak komen TWEE hoekkepers op één nokeinde: de nokgording of makelaar daar draagt 2x de nokreactie.
NIET BESCHOUWD	de bevestiging van de sporen aan de hoekkeper en de oplegging van de keper op de muurplaathoek en aan het nokeinde zijn niet nagerekend. AANDACHTSPUNT: detailleer die verbindingen op de reacties hierboven (goot 5,20 kN, nok 11,80 kN rekenwaarde), bijvoorbeeld met de tool houtverbinding.
NIET BESCHOUWD	dit model neemt aan dat het nokeinde VERTICAAL wordt ondersteund. AANDACHTSPUNT: staat de keper alleen tegen een nokplank zonder makelaar of kolom, dan werkt het dak als spant met een spatkracht op de muurplaathoek en is daar een hoekanker of trekband nodig.
NIET BESCHOUWD	een ongelijke belasting van de twee dakvlakken (sneeuw of wind aan één kant). AANDACHTSPUNT: dat geeft wringing en een horizontale kracht op de keper; die is kleiner dan de symmetrische verticale last, maar het evenwicht dwars op de keper via de dakschijf is niet nagerekend.
NIET BESCHOUWD	de horizontale component van de wind (w*tan alpha) en de stijfheid van de dakschijf die hem opneemt. AANDACHTSPUNT: die gaat via het dakbeschot naar de gevels, niet naar de keper.
NIET BESCHOUWD	de windbelasting op de dakvlakken zit niet in deze berekening — er is geen winddruk en geen windzuiging opgegeven. AANDACHTSPUNT: bepaal de netto winddruk EN -zuiging op het dakvlak (NEN-EN 1991-1-4 par. 7.2 + NL NB) en vul beide in; bij zuiging komt de ongesteunde onderrand op druk (kip).

Meetkunde		
Soort	hoekkeper (last loopt op naar de nok)	
Runs a_1 / a_2	4,00 / 4,00	m
Dakhellingen α_1 / α_2	40,0 / 40,0	°
Nokhoogte H	3,356	m
Plan-lengte $L_p = \sqrt{(a_1^2 + a_2^2)}$	5,657	m
Keperhelling β / ware lengte L_t	30,68° / 6,578 m	
Toegepast profiel	89x335 mm C24	

Belastingen		
Permanent $g/\cos \alpha$ (grondvlak)	1,175 / 1,175	kN/m ²
Sneeuw $\mu_1 \cdot s_k$	0,373 / 0,373 (μ 0,533)	kN/m ²
Winddruk / -zuiging (verticaal)	0,00 / 0,00	kN/m ²
Eigen gewicht keper (per plan-m)	0,143	kN/m
p_d driehoekspiek + u_d (maatgevend voor buiging)	4,037 + 0,174	kN/m
Maatgevende combinatie	alleen permanent (6.10a)	

Snedekrachten en reacties			
$M_{Ed} = R_0 \cdot x - u \cdot x^2/2 - p \cdot x^3/(6 \cdot L_p)$, $x = 3,39$ m vanaf het nul-einde	9,126	kNm	
V_{Ed} loodrecht = $V \cdot \cos \beta$	8,292	kN	
N druk (laag) / trek (hoog) = $R \cdot \sin \beta$	2,21 / 4,92	kN	
R_d goot / nok (UGT)	5,20 / 11,80	kN	
R_k permanent goot / nok	3,56 / 7,94	kN	
Toetsing · NEN-EN 1995-1-1			
Buiging 6.11	$f_{m,d}$ 11,08 N/mm ² (k_h 1,000)	u.c. = 0,49	voldoet
Afschuiving 6.13 (k_{cr} 0,67)	V_{Ed} 8,29 kN · $f_{v,d}$ 1,85	u.c. = 0,34	voldoet
Trek/druk + buiging 6.17/6.19 per doorsnede	N en M langs de keper	u.c. = 0,50	voldoet
Knik in het vlak 6.23	$k_{c,y}$ 0,577 over L_t	u.c. = 0,51	voldoet
Kip 6.3.3	k_{crit} 1,000 (bovenrand)	u.c. = 0,49	voldoet
Doorbuiging w_{fin} §7.2, grens $0,004 \cdot L_t$	$20,26 \leq 26,3$ mm	u.c. = 0,77	voldoet
Doorbuiging w_{bij} grens $0,003 \cdot L_t$	$9,56 \leq 19,7$ mm	u.c. = 0,48	voldoet

Toepassen: 89x335 mm C24	ULS u.c. 0,51 · SLS u.c. 0,77 ✓ voldoet
---------------------------------	---

Aandachtspunten

Onderwerp	Te bevestigen bij de goedkeuring
Aandachtspunt	De oplegging en de aansluiting van dit onderdeel op de ondersteunende constructie zijn in deze berekening niet getoetst; controleer ze bij de uitvoering.