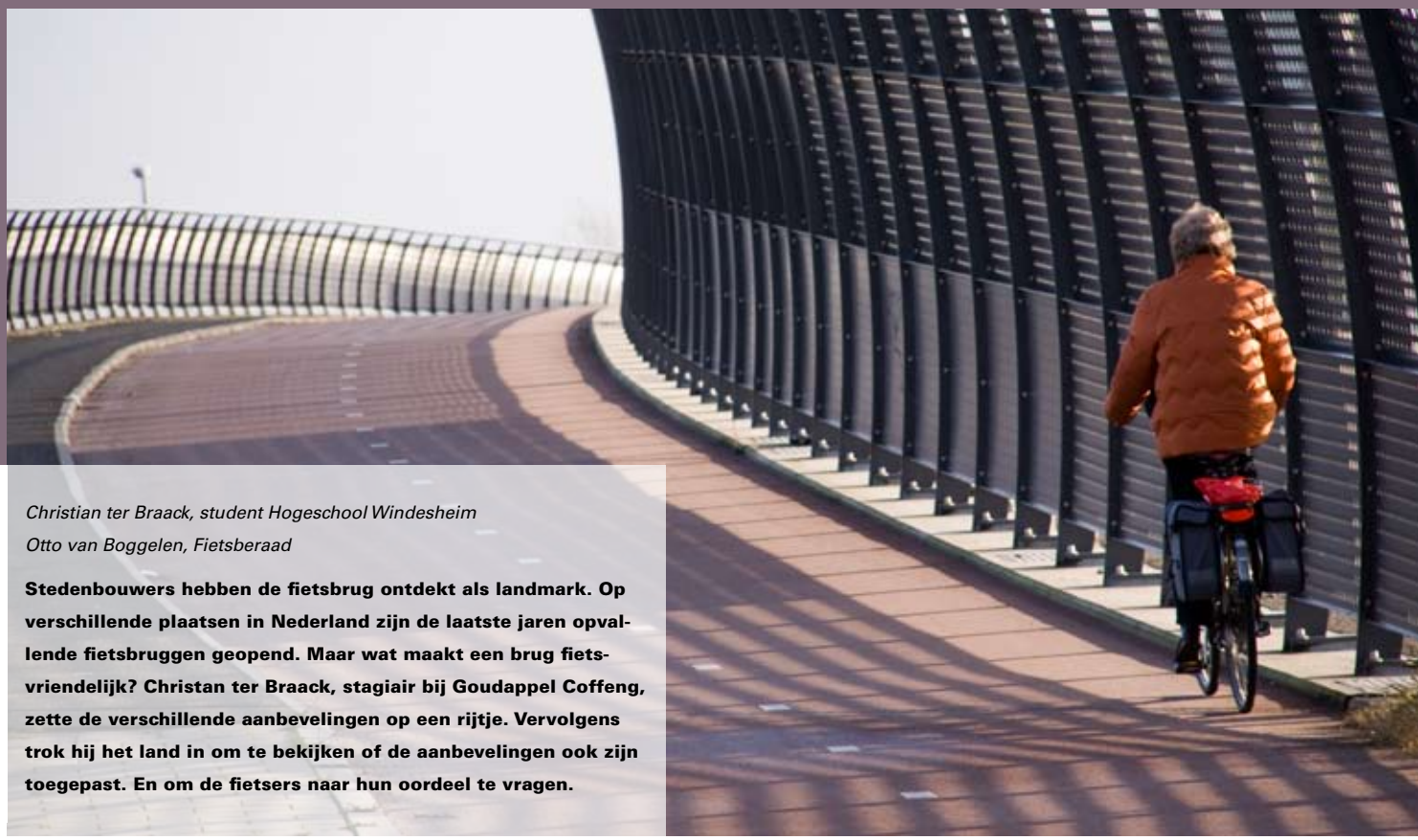
> De **X-factor** van een fietsvriendelijke helling



Christian ter Braack, student Hogeschool Windesheim
Otto van Boggelen, Fietsberaad

Stedenbouwers hebben de fietsbrug ontdekt als landmark. Op verschillende plaatsen in Nederland zijn de laatste jaren opvallende fietsbruggen geopend. Maar wat maakt een brug fietsvriendelijk? Christan ter Braack, stagiair bij Goudappel Coffeng, zette de verschillende aanbevelingen op een rijtje. Vervolgens trok hij het land in om te bekijken of de aanbevelingen ook zijn toegepast. En om de fietsers naar hun oordeel te vragen.

Al in 1946 publiceerde ir. L. Roos een onderzoek naar ontwerprichtlijnen voor fietshellingen. Hij had verschillende diensten en wegbeheerders aangeschreven met de vraag welke "eischen naar hunne meening aan rijwiel- en voetpaden dienen te worden gesteld". Hij vroeg onder andere naar de maximum en de meest gewenschte hellingen. Daarnaast heeft Roos het stijgingspercentage van een groot aan hellingen opgemeten. Het betreft met name hellingen waar fietsers met moeite boven komen of moeten afstappen.

Op basis van deze gegevens komt Roos tot de aanbeveling om een vast verband aan te houden tussen het te overbruggen hoogteverschil en het gemiddelde hellingspercentage, namelijk: het gemiddelde hellingspercentage = 1 gedeeld door 10 keer het hoogteverschil. Veel ontwerpers kennen deze vuistregel beter als: hellinglengte = 10 keer het hoogteverschil in het kwadraat . Een handige formule om snel uit te kunnen rekenen wat het ruimtebeslag is van hellingbanen van nieuwe tunnels of bruggen. Bovendien kan de vuistregel eenvoudig aangepast worden aan de lokale omstandigheden door een andere waarde in te vullen voor de '10' in deze formule. Verderop in dit artikel wordt dit de X-factor genoemd. De ideale helling heeft volgens Roos een X-factor van 20. En een X-factor van 5 geeft het maximale gemiddelde hellingspercentage.

Lichamelijke beperkingen

Tot 1984 is er (voor zover bekend) geen nieuw onderzoek uitgevoerd naar fietshellingen. Ir. A.J.M. Van Laarhoven, werkzaam bij de provincie Gelderland, heeft toen een diepgaand theoretisch onderzoek gedaan naar het gewenste ontwerp van hellingen. Op basis van de fysiologische beperkingen van verschillende typen fietsers (onder andere leeftijd, geslacht)

Leeftijd en het geslacht van de fietser hebben grote invloed op het rapportcijfer voor een helling.

Overzicht van de verschillende Richtlijnen voor Hellingen

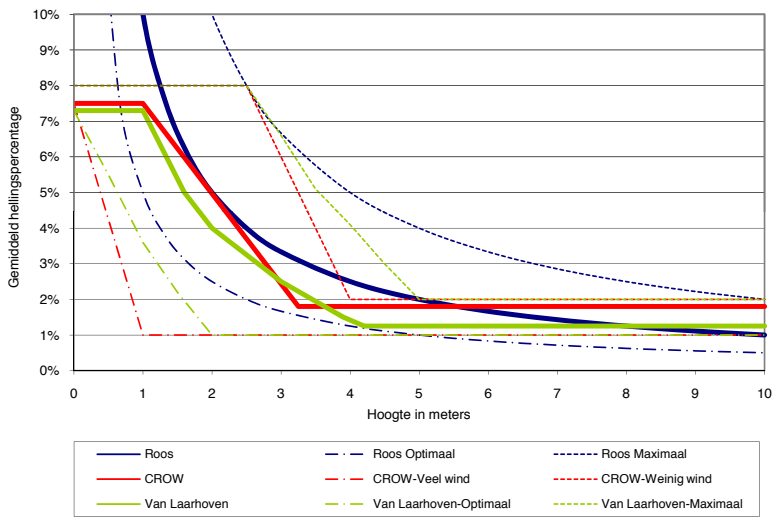
Er zijn veel overeenkomsten tussen de verschillende aanbevelingen voor het gemiddelde hellingspercentage. Voor alle aanbevelingen geldt dat het aanbevolen gemiddelde hellingspercentage aanvankelijk (tot een hoogteverschil van 4 à 5 meter) zeer sterk daalt als het te overbruggen hoogteverschil toeneemt. Enkele meters extra hoogteverschil heeft daardoor grote gevolgen voor de lengte van de helling. Bijvoorbeeld: bij een hoogteverschil van 1 meter is een hellingbaan van ongeveer 13 meter nodig. Bij een hoogteverschil van 4 meter is al een helling van 200 meter nodig. Of andersom: als het te overbruggen hoogteverschil iets verkleind kan worden, volstaat een veel kortere helling.

Vanaf een hoogteverschil van 4 tot 5 meter leidt een extra hoogteverschil nauwelijks of niet meer tot een afname van het gemiddelde hellingspercentage. Hierdoor neemt de lengte van de helling evenredig toe met het extra hoogteverschil. Maar omdat het gemiddelde hellingspercentage laag is tikt het extra hoogverschil ook hier behoorlijk aan.

De aanbevelingen van Van Laarhoven en het CROW lijken het meest op elkaar. Dat is niet verwonderlijk, want de CROW-aanbevelingen zijn afgeleid van die van Van Laarhoven. Opvallend is wel dat het CROW bij grotere hoogteverschillen (> 4 meter) een iets steilere helling aanbeveelt (1,8 %) dan Van Laarhoven (1,25%).

De charme van de aanbeveling van Roos is dat deze in een eenvoudige wiskundige formule beschreven kan worden (hellinglengte = 10 * hoogte^2). Zeker in het middengebied (hoogteverschil 1,5 tot 6 meter) lijkt de aanbeveling van Roos sterk op de andere twee. Bij kleine hoogteverschillen zijn de hellingen van Roos veel steiler en bij grote hoogteverschillen wat minder steil.

grafiek 1



heeft hij aanbevelingen vastgesteld voor het gemiddelde hellingspercentage. In zijn onderzoek houdt Van Laarhoven onder andere rekening met de tegenwind, luchttemperatuur, lichtgesteldheid (gebruik van een dynamo) en gewenste trapfrequentie. Hoewel de benadering dus sterk afwijkend is, zijn de aanbevelingen van Van Laarhoven en van Roos in grote lijnen vergelijkbaar (grafiek 1). Het aanbevolen gemiddelde hellingspercentage neemt sterk af als fietsers een groter hoogteverschil moeten overbruggen.

Verder concludeert Van Laarhoven dat een helling aan het begin veel steiler mag zijn dan op het eind. De gedachte hierachter is dat een fietser een aanloopsnelheid opbouwt en zo snel hoogte overbrugt. Vervolgens zorgt een aflopend hellingspercentage voor een constante fietssnelheid en inspanning. Als het te overbruggen hoogteverschil groter is dan 5 meter, beveelt hij aan de helling te onderbreken met een plateau. De fietser kan dan op adem komen en opnieuw snelheid opbouwen.

Het onderzoek van Van Laarhoven ligt aan de basis van de diverse uitgaven zoals wij die vandaag de dag kennen van het CROW (Tekenen voor de fiets, 1993 en de Ontwerpwijzer Fietsverkeer, 2006).

Onderzoek in de praktijk

In het stageonderzoek dat Christian ter Braack in het najaar van 2008 uitgevoerd heeft in opdracht van het Fietsberaad en Goudappel Coffeng ligt net als bij Roos de nadruk op fietshellingen in de praktijk. Elf kunstmatige hellingen in Nederland zijn uitgebreid in beeld gebracht. Zo zijn de gemiddelde en maximale hellingspercentages bepaald door om de 10 meter het hellingspercentage te meten met een digitale waterpas. Verder heeft Ter Braack het gedrag van de fietsers geobserveerd en enquêtes afgenomen bij de gebruikers van de fietshellingen (N=128). Bij de observaties is vooral gelet op de inspanning van de fietser. Als deze begint te slingeren, dan heeft de fietser moeite met de helling. Wanneer de fietser moet

Een fietsvriendelijke helling in 4 stappen

1 **Probeer hoogteverschillen zoveel mogelijk te voorkomen. Elk extra hoogteverschil leidt tot extra weerstand voor fietsers en dus tot een lager fietsgebruik. Het overbruggen van een hoogteverschil van 5 meter kost een fietser bijvoorbeeld ongeveer evenveel energie als een halve kilometer fietsen op vlak terrein. Het hoogteverschil kan beperkt worden met de keuze tussen tunnel of brug. Bij tunnels kan meestal volstaan worden met een kleiner hoogteverschil. Het hoogteverschil is verder te beperken door de weg iets op te tillen of te laten zakken.**

2 **Bepaal de gewenste hellinglengte met behulp van de CROW-aanbevelingen of de formule van Roos. Pas een waarde hoger dan 10 toe als extra comfort nodig is, bijvoorbeeld in stedelijk gebied, bij veel ouderen of bij veel windhinder.**

3 **Bepaal of de gewenste hellinglengte ruimtelijk inpasbaar is. Ga terug naar stap 1 als dit niet het geval is.**

4 **Werk de detaillering van de helling nader uit. Aan het begin mag de helling steiler zijn. Bij een hoogteverschil groter dan 5 meter zijn plateaus te overwegen.**

Op de website van het Fietsberaad is een spreadheet beschikbaar waarmee zowel het gemiddelde hellingspercentage (stap 2) als het verloop van de helling (stap 4) berekend kunnen worden.

Bunnikseweg

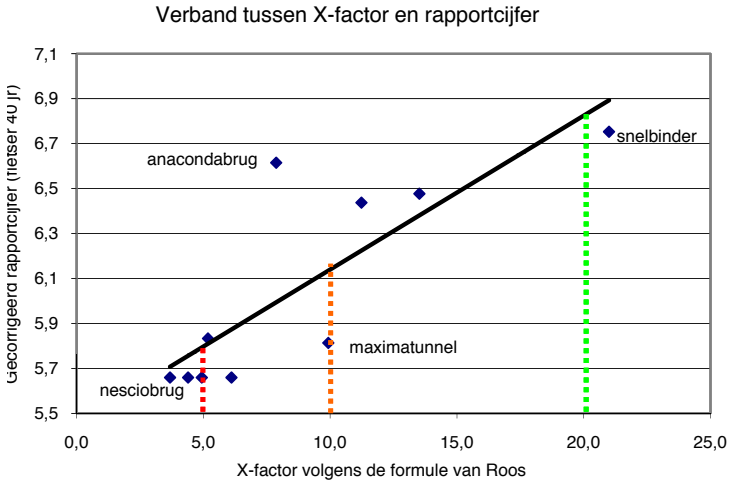
afstappen is de helling gewoon te steil. In de enquête konden gebruikers een oordeel geven over de hellingen. Hebben ze moeite om boven te komen of had de helling wel wat steiler gemogen? De beoordelingen zijn omgezet naar rapportcijfers. Verder is een aantal kenmerken van de fietser en de fiets genoteerd.

Bij de toegepaste onderzoeksmethode passen twee kanttekeningen. In de eerste plaats moet rekening gehouden worden met het feit dat fietsers die de hellingen (veel) te steil vinden waarschijnlijk ondervertegenwoordigd zijn omdat ze de hellingen mijden. Zij kiezen deels een andere route of een ander vervoermiddel. Hierdoor vallen de gemiddelde beoordelingen vanzelfsprekend hoger uit. Daarnaast is het aantal enquêtes per helling te klein om harde uitspraken te kunnen doen voor specifieke hellingen.

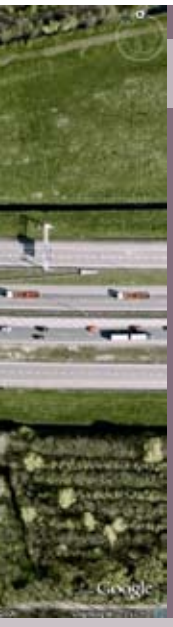
Leeftijd en geslacht van invloed

Ondanks deze beperkingen biedt het materiaal voldoende mogelijkheden om de invloed van verschillende factoren op de beoordeling van hellingen te kwantificeren. Conform verwachting hebben met name de leeftijd en het geslacht van de fietser grote invloed op het rapportcijfer voor een helling. Als de leeftijd met tien jaar stijgt, daalt het rapportcijfer met 0,4 punt. En een man geeft gemiddeld een halve punt meer dan een vrouw. Veruit de meeste geënquêteerde fietsers (85%) hebben een versnelling op de fiets. Vrouwen iets vaker dan mannen. En ouderen iets vaker dan jongeren. Kortom: de gebruikersgroepen die meer moeite hebben met hellingen, hebben vaker een fiets met versnellingen aangeschaft. Het is echter niet zo dat fietsers met een versnelling positiever zijn over de helling (ook na correctie voor leeftijd en geslacht). Geen van de respondenten kwam overigens met een elektrische fiets naar boven.

grafiek 2



Lelystad, Anaconda brug.



Inpassing van de helling

Zeker in stedelijk gebied is het vaak moeilijk om lange fietshellingen goed ruimtelijk in te passen. In de praktijk zijn verschillende oplossingen gevonden, zoals een U-bocht bij de Nesciobrug in Amsterdam, een S-bocht bij de Amstelwijckbrug in Dordrecht of een spiraal bij de Fietsbrug Bunnikseweg in Utrecht. Vaak wordt dit gecombineerd met een kortsluitende trap (eventueel met fietsgoot) binnendoor. Nadeel van bochten in het hellingprofiel is dat de fietsafstand toeneemt.

Nesciobrug

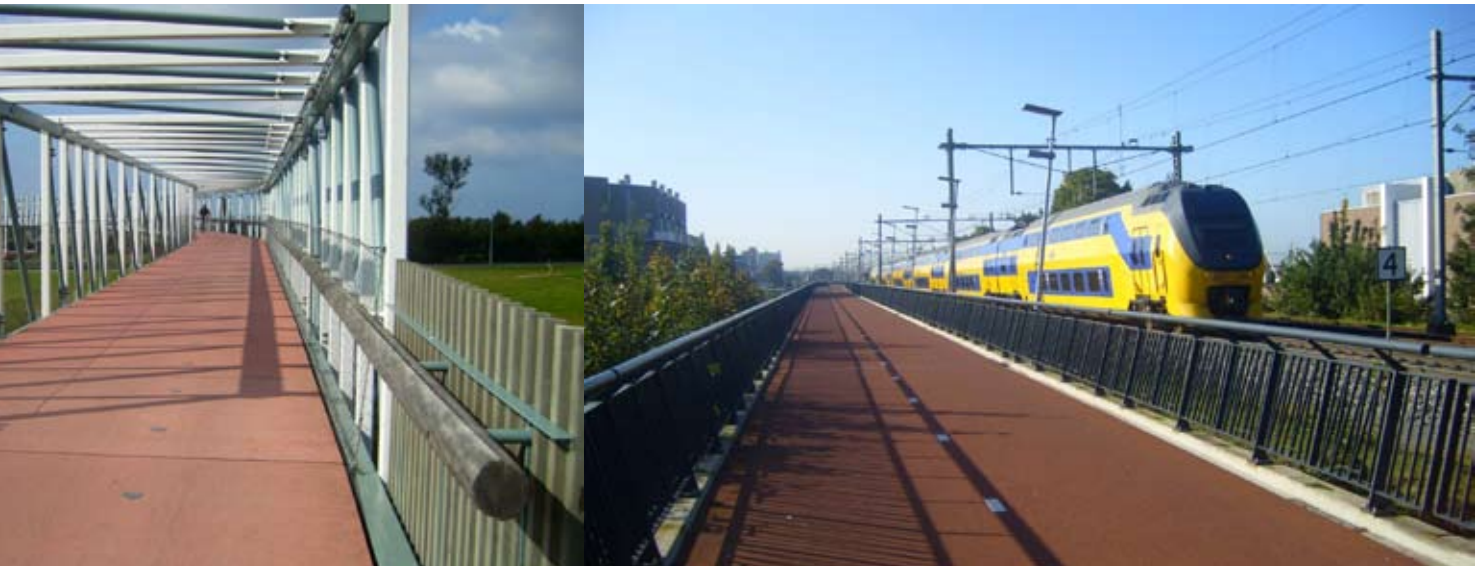
Amstelwijckbrug

Dan de hamvraag voor ontwerpers en beleidsmakers: is het ontwerp van de helling van invloed op het oordeel van de gebruiker? Zoals te verwachten daalt het gemiddelde rapportcijfer als fietsers een groter hoogteverschil moeten overbruggen. Dit verband is echter zwak en niet significant. Meer hoogteverschil leidt dus lang niet in alle gevallen tot een lager rapportcijfers. Wellicht kunnen fietsers wel begrip opbrengen voor een grotere hoogteverschil, omdat dit nu eenmaal nodig is om het kanaal of de spoorweg te overbruggen. Een andere mogelijke verklaring is dat het nadeel van een groter hoogteverschil gecompenseerd wordt door een goede vormgeving van de helling.
Voor het gemiddelde en maximale hellingspercentage geldt ongeveer hetzelfde verhaal. Gemiddeld is de beoordeling wel lager als de helling steiler is, maar dit verband is niet sterk.

X-factor

Om meer grip te krijgen op de invloed van de vormgeving op de boordeling is een nadere analyse uitgevoerd met behulp van de formule van Roos. Voor elke brug en tunnel is de gemiddelde X-factor uitgerekend (=hellinglengte gedeeld door het hoogteverschil in het kwadraat). De Snelbinder in Nijmegen heeft de hoogste X-factor (21) en de Nesciobrug in Amsterdam heeft de laagste X-factor (3,7).
Er blijkt inderdaad een relatief sterk verband tussen de X-factor en de beoordeling van de gebruiker. Hoe hoger de X-factor, hoe hoger het rapportcijfer (grafiek 2). Fietsers vinden een extra hoogteverschil kennelijk acceptabel, mits de hellinglengte toeneemt met het kwadraat van het hoogteverschil. Dit verband wordt nog sterker als gecorrigeerd wordt voor leeftijd en geslacht. Verder valt op dat het gemiddelde rapportcijfer 6 ongeveer overeenkomt met een X-factor 10. Een beves-

De Snelbinder verbindt het nieuwe stadsdeel ten noorden van de Waal (de Waalsprong) met het centrum van Nijmegen. Opvallend is de hoge X-factor en de goede waardering voor fietsers.



Soms worden plateaus toegepast om ruimte te winnen. Daar kan de fietser even op adem komen, zoals hier op de Amstelwijckbrug in Dordrecht.

Om de hellingbaan van de Nesciobrug in Amsterdam ruimtelijk in te passen is een U-bocht toegepast (linker pad). Voor voetgangers (rechter pad) is een kortsluitende trap.

tiging dat Roos het in 1946 redelijk goed gezien heeft met de aanbeveling hellinglengte = 10 x hoogteverschil in het kwadraat. Dit geldt echter voor de gemiddelde fietser van middelbare leeftijd.
Nu de invloed van leeftijd, geslacht en X-factor op het gebruikersoordeel bekend is, kan vrij eenvoudig het gebruikersoordeel berekend worden voor verschillen combinaties. Bij een X-factor 10 (volgens Roos de aanbevolen helling) geeft een man van 25 jaar gemiddeld het rapportcijfer 7,0 voor de helling, terwijl dezelfde helling van een vrouw van 65 jaar een 4,8 krijgt. Een helling met een X-factor 20 (volgens Roos de ideale helling) krijgt van een man van 25 jaar het rapportcijfer 7,8 en van een vrouw van 65 een 5,6.

Rapportcijfer naar leeftijd en geslacht bij een X-factor 10		geslacht		
		vrouw	man	gemiddeld
Leeftijd	25	6.5	7.0	6.7
	40	5.9	6.4	6.1
	65	4.8	5.4	5.1

Rapportcijfer naar leeftijd en geslacht bij een X-factor 20		geslacht		
		vrouw	man	gemiddeld
leeftijd	25	7.2	7.8	7.5
	40	6.6	7.1	6.9
	65	5.6	6.1	5.9

Rapportcijfer naar leeftijd en geslacht bij een X-factor 5		geslacht		
		vrouw	man	gemiddeld
leeftijd	25	6.1	6.6	6.4
	40	5.5	6.0	5.7
	65	4.5	5.0	4.7

Detaillering

Zoals eerder beschreven bepaalt de formule van Roos het gemiddelde hellingspercentage. Het is niet mogelijk om op basis van de enquêteresultaten harde uitspraken te doen over de verdere detaillering van de hellingen. Verdient het bijvoorbeeld inderdaad aanbeveling om bij grote hoogteverschillen de helling te onderbreken met plateaus? Of kan de beschikbare hellinglengte beter benut worden voor een wat lager hellingspercentage over de hele lengte, zodat de fietser hetzelfde trapritme kan aanhouden? Het lijkt minder relevant dan de X-factor.
Op de meeste van de onderzochte hellingen met een groter hoogteverschil dan 5 meter worden wel één of meerdere plateaus toegepast. Soms ook vanuit een pragmatische invalshoek: de plateaus worden gecombineerd met de bochten die noodzakelijk zijn om de hellingbaan in te kunnen passen (Nesciobrug in Amsterdam en de Amstelwijckbrug in Dordrecht). In de bocht kan de fietser op adem komen, waarna de helling weer begint.

> **Meer foto's binnenkort in de Voorbeeldenbank op de website van het Fietsberaad.**