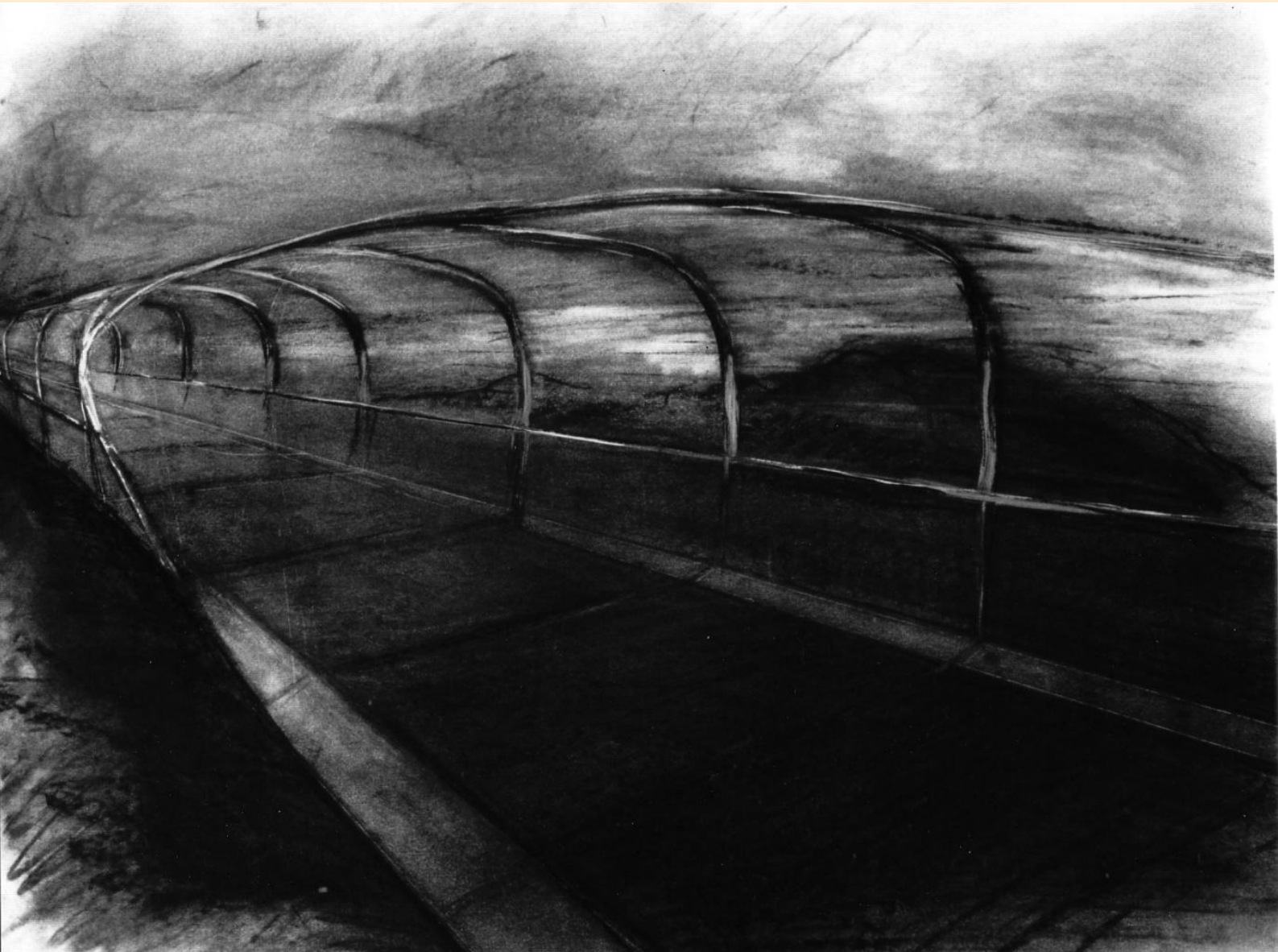


“FIETSEND RUIMTE BEWEGEN”

Windscherm, Meewind en ruimte



Als het gaat om duurzaam energiegebruik in personenvervoer, dan laat men vaak de bijzondere eigenschappen van voertuigen met een extreem laag vermogen, buiten beschouwing. Het gebruik van de fiets wordt nadrukkelijk gezien als zijnde nauw verbonden met de Nederlandse identiteit. Dit geldt zelfs meer in het algemeen voor ruimtevriendelijk personenvervoer en elegante aansluiting op andersoortige, milieuvriendelijke vervoermiddelen.

Daarom is het vreemd, dat onderzoek, innovatie en realisatie op het gebied van infrastructuur, ruimtelijke planning, congestie en mobiliteitsgedrag specifieke kansen onbenut laat.

Dit korte overzicht m.b.t. de luchtweerstand van zeer lichte voertuigen (de fiets) , schetst zinvolle toepassingen op het gebied van infrastructuur, mobiliteit en ruimtelijke planning in o.a. Nederland.

“Fietsend Ruimte Bewegen” enthält eine Kurzversion in Deutscher Sprache !

Inhoud:	blz.
1. Inleiding: “Fietsend Ruimte Bewegen”	2
2. Ruimtelijke ontwikkelingen	2
Nota Ruimte	3
3. Meewindtrajecten als verrijking van de openbare ruimte:	5
Ontwerpmogelijkheden...	5
4. Ontwerp:	8
Tabel schermtypes en eigenschappen	9
Wat is nu het profijt voor een fietser?	10
5. Belangrijke fysica / Comfortvoorzieningen m.b.t windgevoeligheid	10
Luchtweerstand	12
Fietsers-categorieën	13
Relatieve Wind en aanstroomoppervlak	13
Comfort verhogende windschermen	13
Wind in Nederland	15
Fietsen in een turbulent klimaat	15
Windscherm en rendement	16
6. Belangrijke fysica / Meewind: Fietsend de lucht bewegen	18
wrijving langs de wanden per 1M. bouwwerk	19
Fietsersfrequentie en luchtstroomsnelheid	21
Fysiek rendement	22
7. Artificieel klimaat	22
8. Kosten en Baten	23
9. Knelpunten bij windweringen en meewindtrajecten	25
Calamiteiten / Veiligheid en beleving	26
Klimatologische onzekerheid	27
10. Conclusie	27
Literatuur	28
“Kurzversion in Deutscher Sprache”	30

1. “Fietsend Ruimte Bewegen”

“Elk object ondervindt minder weerstand, wanneer het milieu waarin het zich verplaatst, bewegingen in de zelfde richting vertoont. Het voortbewegen gaat dan sneller en gemakkelijker. Zo kan een verkeersstroom door lichte voertuigen als voortdrijvend vermogen worden benut”. (P.Holthuizen)

De auteur van dit artikel, de beeldend kunstenaar Peer Holthuizen, presenteerde in 1989 een ontwerp voor een meewind fietstraject, bijvoorbeeld in een open windtunnel. Met betrekkelijk eenvoudige technologie kan het fietsverkeer op veelgebruikte routes sneller en aantrekkelijker worden gemaakt. Zijn ontwerp kreeg destijds weinig aandacht. De nieuwste opvattingen over de compacte stad en meervoudig ruimtegebruik maken de ideeën van Holthuizen weer actueel. In bijgaande uiteenzetting schetst hij de techniek en de voordelen van een luchtstroom gesteunde voortbeweging per fiets. Het ontwerp is uitvoerbaar en de economische, de ruimtelijke en sociale voordelen zijn aanzienlijk. Tijd voor planologen en ontwikkelaars om tracés voor windgestuwd fietsen op te nemen in hun plannen.

Er zijn drie belangrijke elementen in dit plan:

1. Dat met behulp van verschillende analoge systemen zoals windweringen en overkappingen een inpassing en aansluiting aan conventionele fietsroutes mogelijk worden gemaakt.

2. dat door toepassing van dit systeem de aantrekkelijkheid van de multifunctionele en urbane ruimte voor bewoners, bezoekers en ondernemers wordt vergroot. Verfijnde ruimtelijke structuren veroorzaken meer ontmoetingen (vermenging van architectuur en wegenbouw / verblijfskarakter / winkels en terrasjes), (zie “verrijking van de openbare ruimte”).

3. Verder is er ook rekening gehouden met verschillen in de beleving van het fietsen. Voor recreatieve fietsers zijn plezier, gezondheid, ontspanning en intensieve beleving van de omgeving belangrijk. Utilitaire fietsers letten meer op het verloop van het traject, het aantal stopplaatsen en de duur van de stops, het klimaat en hinderlijke incidenten. Voor beide geldt dat meer comfort op het af te leggen traject, gewaardeerd wordt.

2. Ruimtelijke Ontwikkelingen

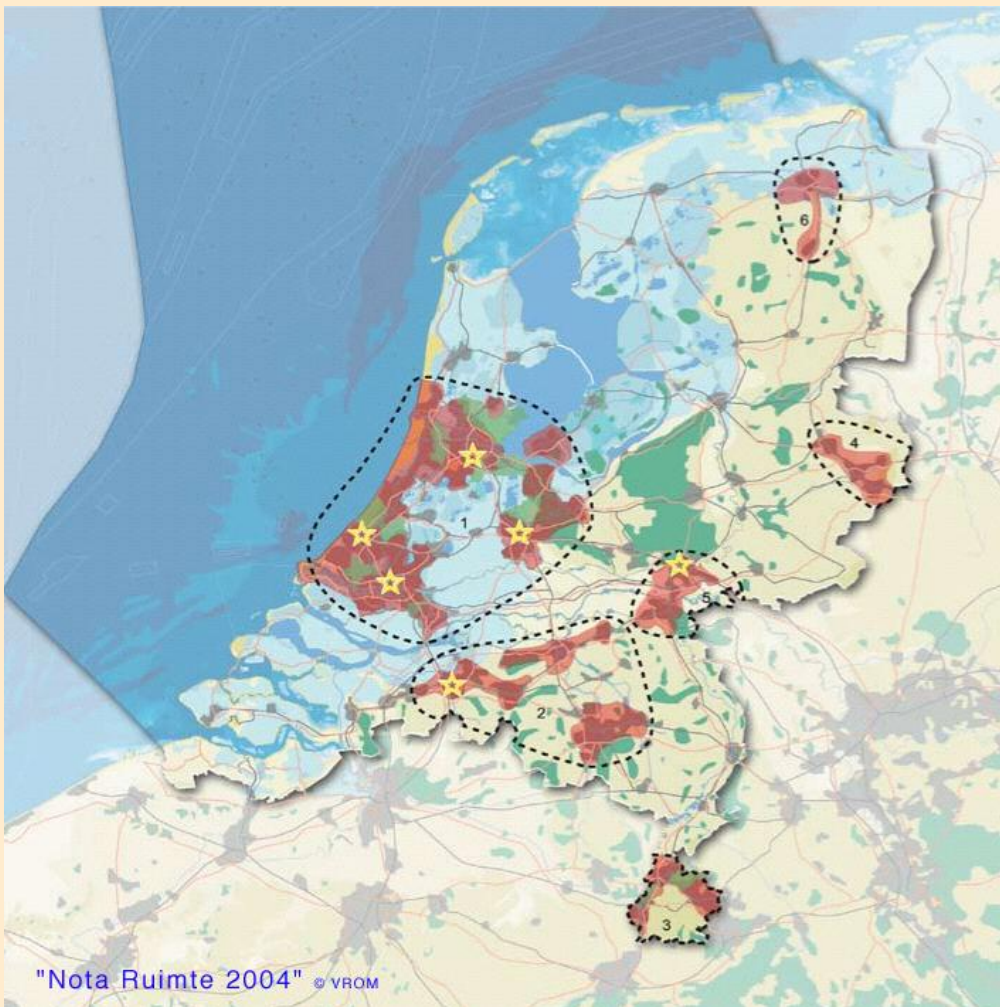
Onderstaande samenvatting van bovengenoemd ontwerp, beschrijft een aantal instrumenten waarmee, in en tussen urbane gebieden, het comfort voor utilitaire fietsers te doen toenemen. Dit voorla ten aanzien van windgevoeligheid en vermogen.

Nota Ruimte 2004: Verstedelijking/ Verdichting en Multifunctionaliteit

De fiets is een klein, compact en schoon vervoermiddel en is uitermate geschikt voor gedetailleerde ontsluiting. Het is een middel bij uitstek voor individueel onafhankelijk vervoer in compacte stedelijke gebieden. De fiets biedt in oudere steden met smalle steegjes en straten (dichte bebouwing) een uitkomst. In nieuw te ontwikkelen (grootschalige) bouwprojecten kan het vervoer per fiets een prominente rol vervullen mits het al in de planningsfase als een serieus te nemen verkeerselement wordt meegenomen. De Nota Ruimte heeft in 2005 de kracht van (de) wet gekregen. Stedelijke verdichting en multifunctioneel ruimtegebruik zetten hierin de toon.

Functiemenging moet eveneens de omvang van het woon-werkverkeer en het ruimtebeslag van verkeerswegen terugdringen.

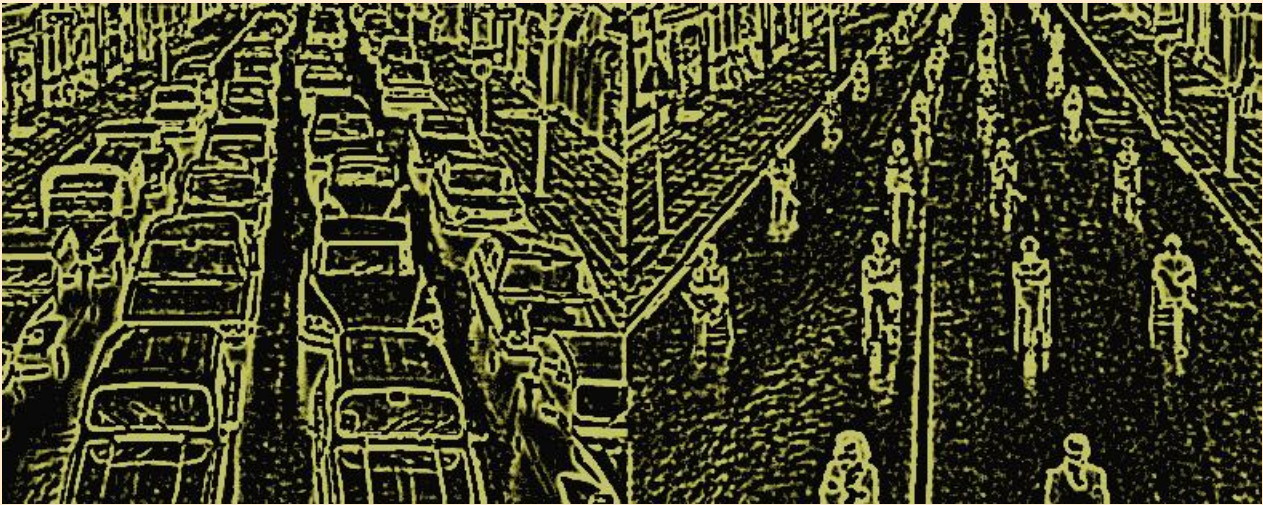
De kaart van Nederland "Nota Ruimte 2004" laat zien dat Nederland niet beschikt over een vervoerstructuur, die grotere, meervoudig en intensief te gebruiken gebieden (hieronder afgebeeld) adequaat kan ontsluiten. De fiets is een efficiënt transportmiddel in binnenstedelijke gebieden. Daarom is het opmerkelijk hoe weinig Nederland investeert in de perfectionering van de infrastructuur voor het fietsen. Gelet op de maatschappelijke kosten van de wegeninfrastructuur (netto-investeringen, ruimtebeslag en milieuhinder). Afgezet tegen die van een hoogwaardige infrastructuur voor het fietsverkeer is hier sprake van een weinig rationele of tenminste een suboptimale benadering van het verkeersvraagstuk in de dichtbevolkte gebieden van Nederland



Analoog voorbeeld:

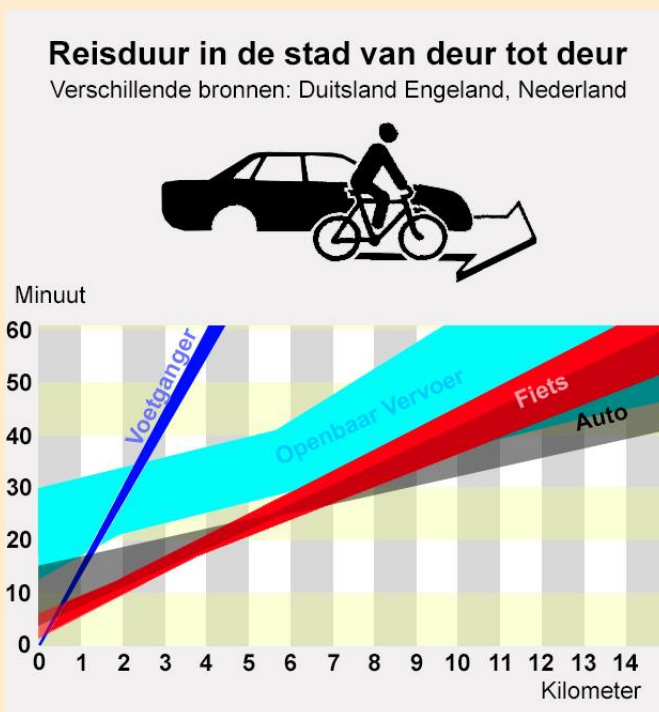
combinaties van grove en verfijnde ruimtelijke structuren intensiveren uitwisseling

Het gebruik van de beschikbare ruimte kan worden geïntensiveerd door meer verfijnde ruimtelijke structuren (inbreidingen i.p.v. uitbreidingen). Bij volharding in automobiliteit zal de afstand tussen plaats van bestemming en parkeerplaats, de tijd die nodig is deze afstand te overbruggen, verder toenemen. Stagnatie in verdichting en multifunctioneel ruimte gebruik vormt hiervoor het alternatief.



Automobiliteit versus ruimte, bron ENFB 1979

De ontwikkelingskansen voor het utilitair vervoer per fiets zullen aanzienlijk toenemen , mits de actieradius van een doorsnee fietser toeneemt. Met behulp van onderhavig concept kan de actieradius van het fietsverkeer aanzienlijk toenemen.



De huidige gemiddelde actieradius van een fietser bedraagt momenteel ca. 7 Km. Wel is in stedelijk gebied de fiets tot een afstand van ongeveer 5 Km, van deur tot deur, sneller dan een personenauto. Door middel van meewindtrajecten kunnen fietsers in binnenstedelijk gebied altijd sneller zijn.

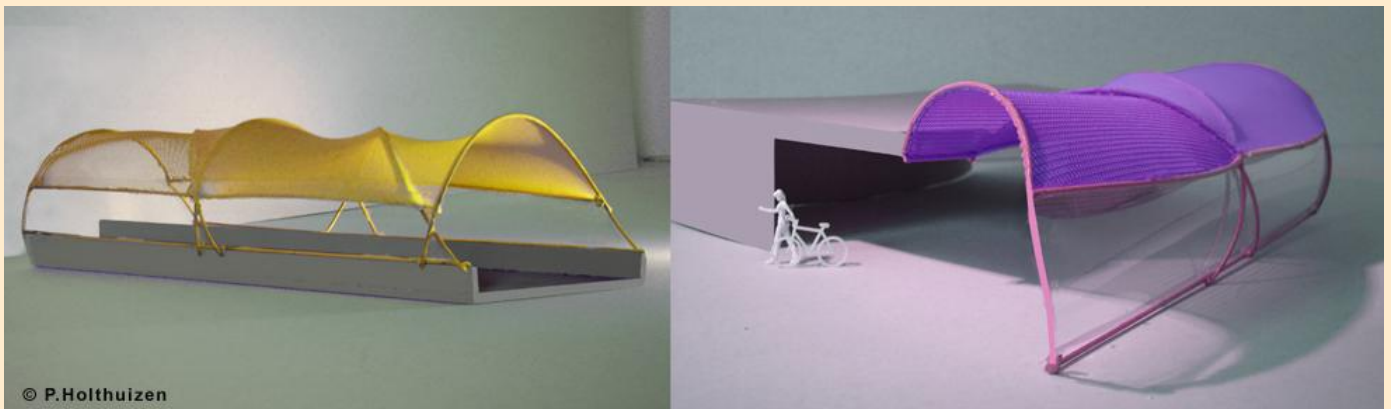
Verfijnde infrastructuur, die het gebruik van de kleinste voertuigen zoals de fiets mogelijk maakt impliceert een ruimtelijke afzondering van automobiliteit. Oppervlak vergrotende en kleinschalige structuren krijgen dan meer kans zich verder te ontwikkelen. Ook impliceert het een vermenging van architectuur en wegenbouw. Daarmee wordt duidelijk dat verschillende belangen van uiteenlopende partijen in toenemende mate synchroon gaan lopen, een gezamenlijk ontwerp en gemengde financiering behoort daarmee tot de haalbare oplossingen voor binnenstedelijke ontwikkelingsplannen.

3.

Meewindtrajecten als verrijking van de openbare ruimte!

In de bebouwde kom is een toename van het aantal fysieke hindernissen ongewenst. Daarom moet onderhavig concept worden toegepast als verrijking van de openbare ruimte. Bijvoorbeeld kan een licht verdiept aangelegd fietspad, met behulp van kleine lage wandelbruggetjes er toe leiden dat het verblijfskarakter van een gebied verbeterd wordt.

Een zeer goed doordacht concept kan het onaangename karakter van een drukke weg verbeteren. Een meewind traject kan op cruciale plekken de weg aan het zicht onttrekken, geluidshinder minimaliseren en zelfs extra ventilatie aan het gebied toevoegen. Een andere variant kan, bijvoorbeeld als onderdeel van een kademuur, zelfs een toeristische attractie met kleine terrasjes en winkeltjes worden. Langs industrieterreinen aangelegd, zijn omheiningen deels overbodig. Werknemers die de fiets pakken komen meer op tijd en leggen minder beslag op het parkeerterrein. Langs Spoorwegen aangelegd kunnen meewind trajecten een betere bereikbaarheid voor korte afstanden genereren. enz. enz. enz.....



Model van een ruimtelijk fragment als Spanconstructie (uit de bebouwing gesneden)

Voorwaarde voor bovenstaande is een goed stedenbouwkundig plan te ontwikkelen, dat in een vroeg stadium tot stand komt. Omdat dit een multidisciplinaire aanpak vereist is een workshop vorm aan te bevelen. Nederland kent ook uit het verleden genoeg voorbeelden van gemeentes en regio's waar de multidisciplinaire planvorming uitstekend functioneert.

Ontwerpmogelijkheden / windschermen en Overdekte Fietspaden

Windwering en meewind voor snelle fietsverbindingen kunnen met behulp van windschermen, smalle abri's en doorlatende of korte en omsloten overkappingen gerealiseerd worden. Hierbij wordt de luchtstroomwerking (kwalitatief en kwantitatief) van de aanwezige of van de nog te plannen bebouwing in de uitvoering van het fietstraject meegenomen. Bij het realiseren van comfortabele fietsverbindingen heeft de acceptatie door de gebruiker absolute prioriteit. Beleving en werking gaan nauw samen, maar lijken soms tegenstrijdig.

Voorbeelden:

wind weren betekent ook afschermen, terwijl de beste werking van een windscherm wordt behaald d.m.v. gaten in een vlak. Tevens geeft goed zicht op de omgeving een veiliger gevoel... Onbestendig weer wordt gezien als risico, nat te worden, terwijl het maar ca.6% van de tijd daadwerkelijk regent en ca.36% van het aantal dagen er in Nederland meer dan 1 mm neerslag valt. Een lange tunnel wordt vaak als onaangenaam of onveilig ervaren. Terwijl een rustige rit met meewind, beschermt tegen weer en wind en een vrij zicht op de omgeving als aangenaam wordt ervaren enz. enz.



Artist-impression "Beschut Fietsen 1993"

Voor het slagen van een "meewindtraject" ontwerp bergen conventies kansen maar ook risico's.

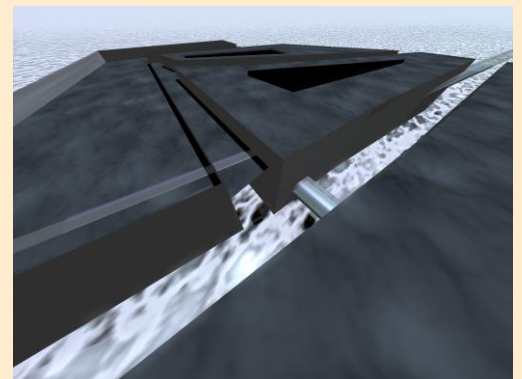
Het is zaak op een slimme manier aan te sluiten bij conventies in de beleving van de gebruiker

Het gepast samengaan van de vormgeving van het object als "kunstwerk", de fysieke werking van het object en de aard van het traject vormen hiervoor het gereedschap.

Voorbeeld hiervan is, dat op een recreatieve route een tekst, bijv. een gedicht, in de vorm van een windwering in het landschap, niet alleen de fysieke rit beïnvloedt, maar ook de beleving van de omgeving. Een ander voorbeeld is, dat een lichte constructie van overdekte fietspaden niet alleen uitermate geschikt als fly-over of als overbrugging van bijvoorbeeld een snelweg door het talud heen is. Ook is zo'n constructie te integreren in objecten zoals muren, dijken, bruggen of geluidschermen langs het spoor. In bouwwerken met uiteenlopende sociale functies zoals winkelcentra, parkeergarages, fabriekshallen of marktstraten kan de principewerking worden gerealiseerd zonder hiervoor tunnelachtige constructies aan te moeten leggen.

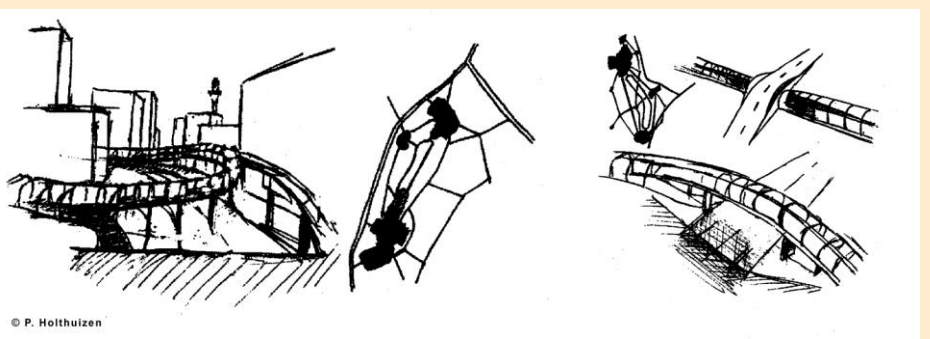


"Wind werend gedicht"

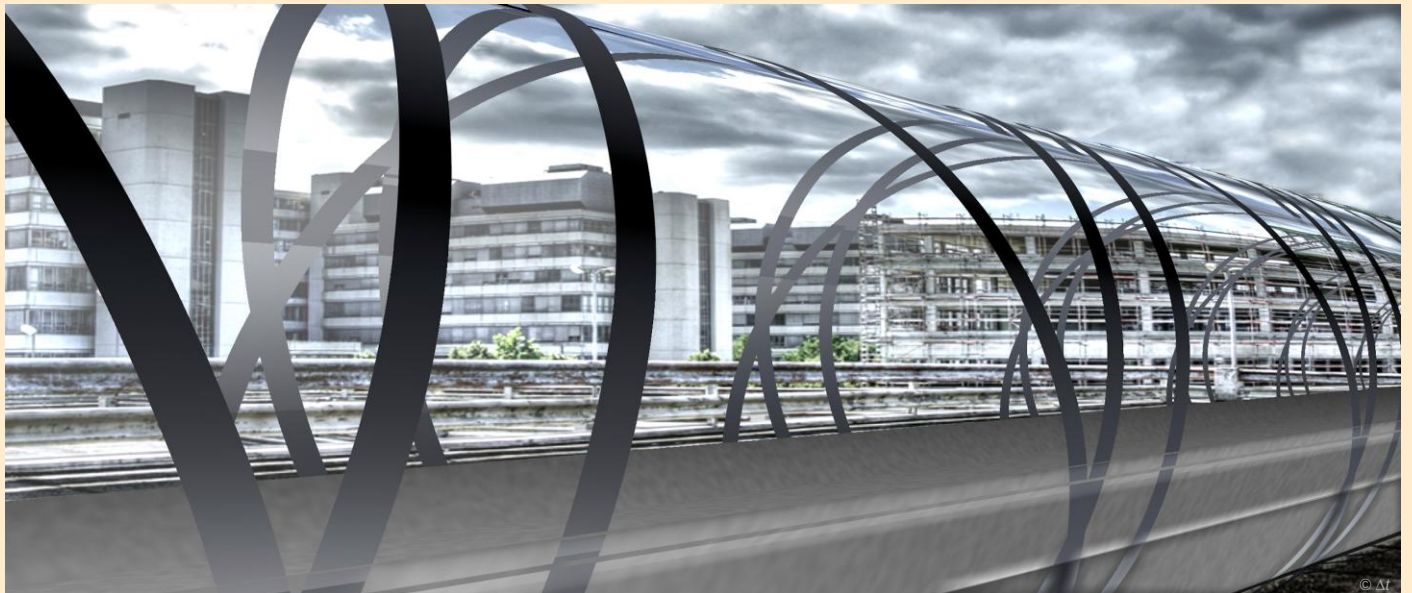


"Korte overbrugging"

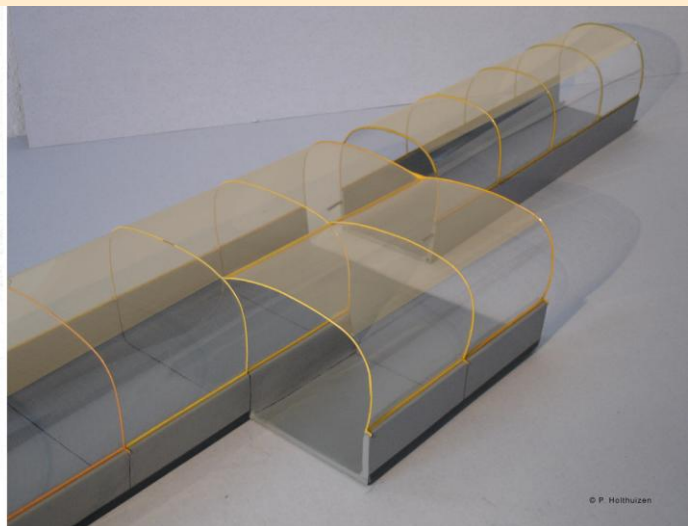
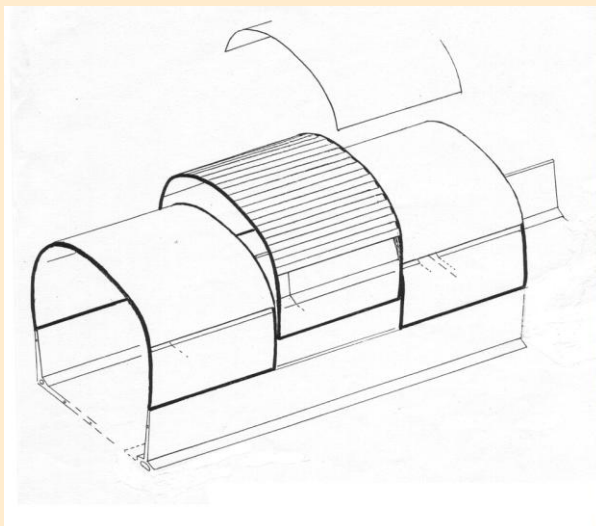
Wil men meerdere stedelijke lagen realiseren, in een gebied met compacte bebouwing, dan biedt het fietsverkeer legio mogelijkheden. Op een hogere bouwlaag van een extensief benut stadsdeel, industriecomplex of offshore bebouwing kan dan een snelle verbinding voor het individueel en onafhankelijk personenvervoer over een groot oppervlak van deur tot deur worden gerealiseerd.



“Het overdekte fietspad als ruimtelijk gereedschap” anno 1989



“Bouwlaag-verbinding”



Prefab - systeem - opbouw anno 1989

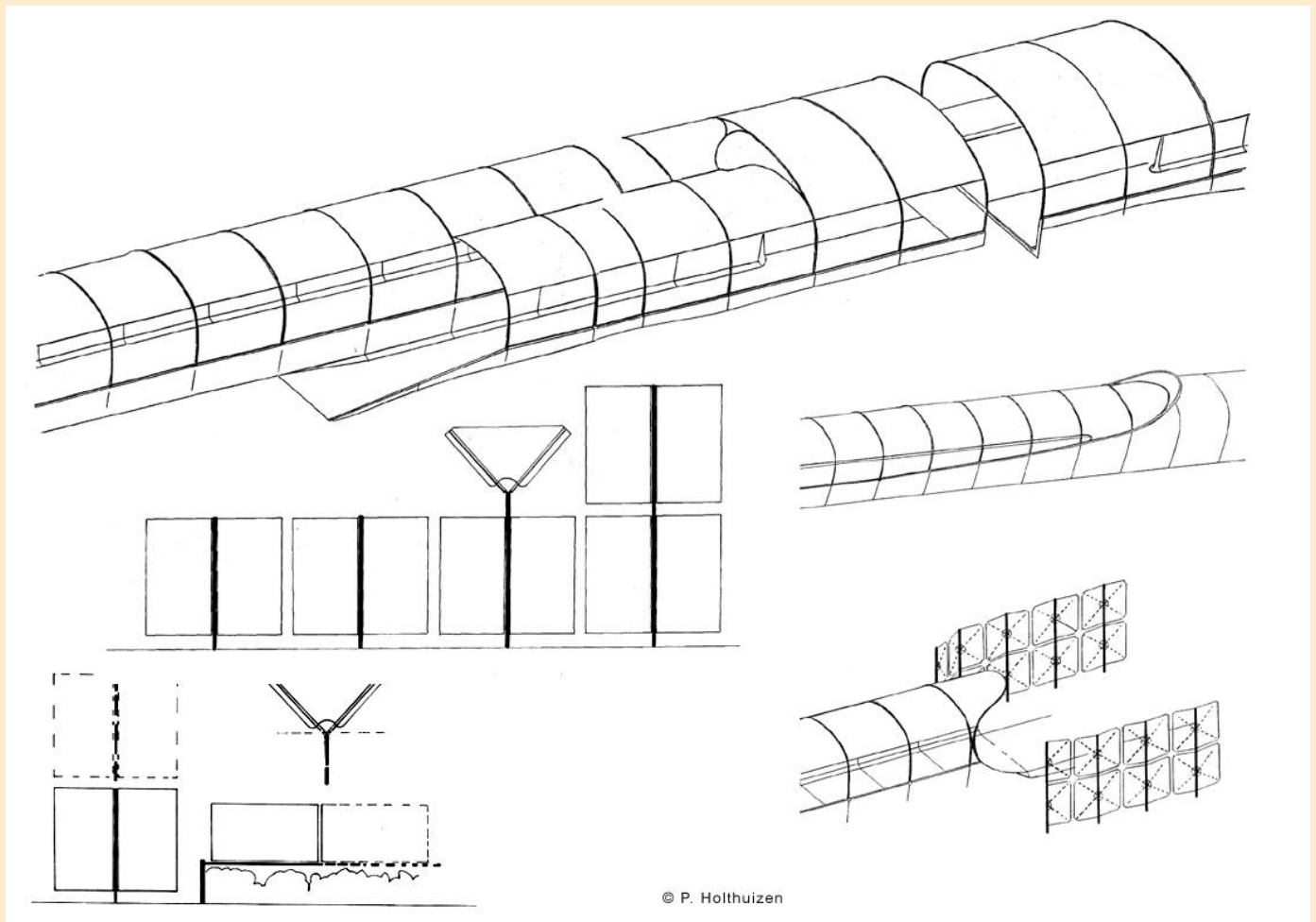
4. ONTWERP

Het eerste ontwerp van Peer Holthuisen op dit gebied, was bedoeld om meewind, door fietsers veroorzaakt te realiseren (hogere frequentie = hogere luchtstroomsnelheid). Het bestond uit een prefab systeem met vluchtwegen, in- en uitritten.

Om de continuïteit van de werking bij een lage fietsers opkomst te garanderen, zo stelde hij, zorgden ventilatoren voor het aanjagen van de lucht. Een jaar later stelde de koninklijke Volker Stevin, met de "People Mover" (Aveco de Bondt) aanverwante plannen voor. Negen jaar later dhr. H. Milnor (Denver Colorado USA, www.biketrans.com) met de "Transglide 2000". Geen van deze plannen vonden tot heden realisatie. Ondanks de positieve reactie van Rijkswaterstaat te Den Haag werd Holthuisen's onderzoeksvoorstel niet gehonoreerd maar in plaats daarvan kwam, in het kader van Masterplan Fiets, het project "Beschut Fietsen". Dit in de vorm van een proeftraject met een windscherm te Houten (1992 -1995). Naar de mening van P. Holthuisen was de keuze van de locatie en de aard van dit project niet optimaal, doch aan zijn oorspronkelijke plannen ontbraken windweringen. De deelname aan dit project resulteerde uiteindelijk in een open systeem met verscheidene objecten (Zie de schetsen hieronder).

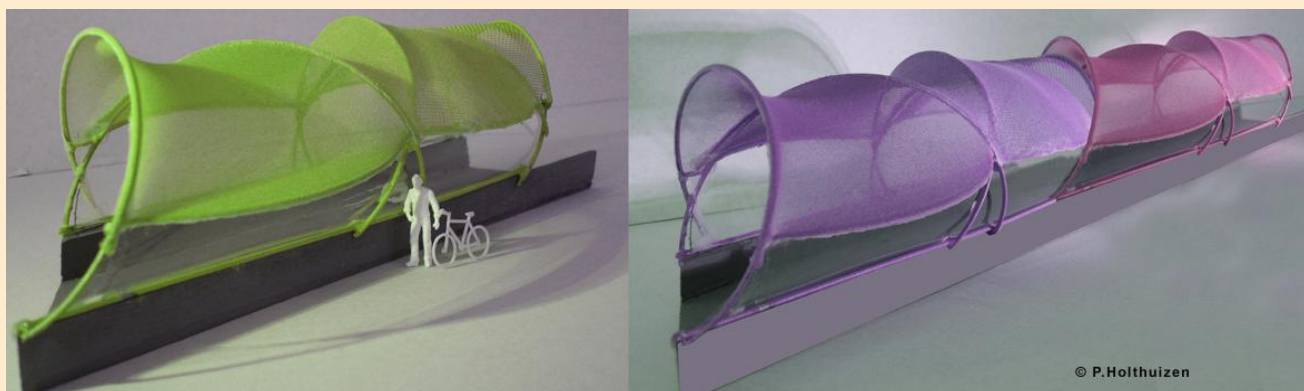
Systeem Meewindtraject: (schematisch weergegeven)

- boven: ingang-wissel, rechts-midden: ingang / uitgang ondergrondse tunnel
- rechtsonder: detail van een door windschermen afgeschermd ingang/uitgang

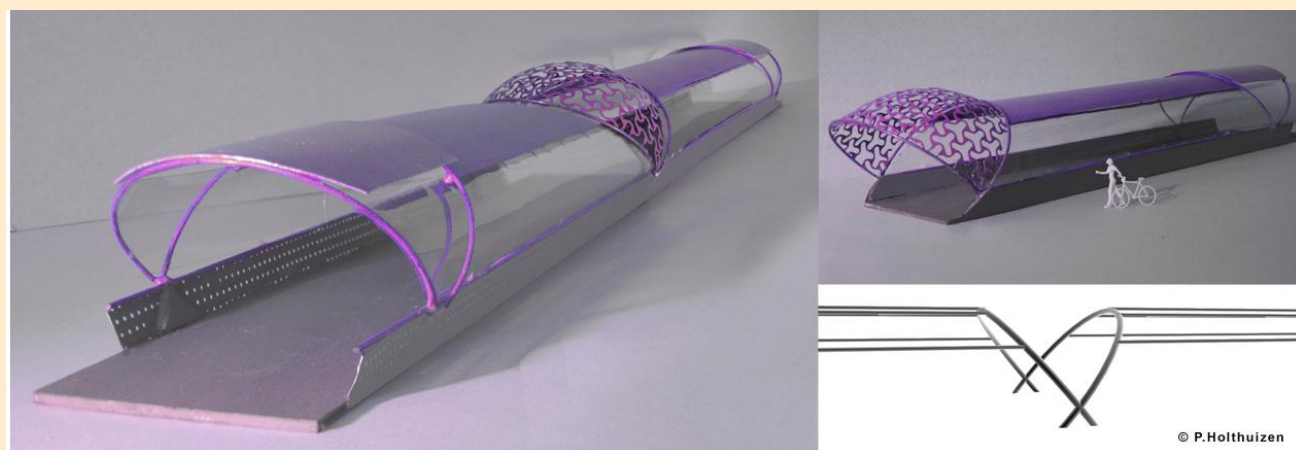


Systeem Windscherm : (schematisch weergegeven)

- links: flexibele windschermen als modulaire bouwdelen

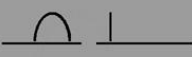


Spanconstructie als betrekkelijk kort prefab-moduul voor plaatwerk of doek



Lange spanconstructie tussen prefab modules voor verschillend plaatwerk en / of meervoudig doek.

Tabel Schermtypes, perforaties en eigenschappen:

Arche-Type	Perforatie	Eigenschappen	Traject - aard
	0 tot maximaal 30 % open	windcomponent en rijrichting verlopen parallel	Meewind traject
	40% open	optimaal windwerend effect windrichting blijft gelijk	Windluw traject
	40% open		Windwering (windhinder door valwind en op hoog gelegen trajecten)
	40% open		Wind afschermen meewind traject

Een succesvol meewindtraject kan een geheel veranderd beeld van het milieu vriendelijk utilitaire vervoer per fiets genereren en het zicht op een zuinig voertuig in het kader van bevolkingsdichtheid revolutioneren.

In zo'n concept zal een toenemende verkeersintensiteit, een afnemende energiebehoefte per verkeersdeelnemer tot gevolg hebben. Zo kan een vervoerssysteem bevorderd worden, dat inspeelt op individuele onafhankelijkheid, dat extreem zuinig is en snel en veilig. En tevens goed inpasbaar in een compacte economische structuur, zoals in Nederland.

Het totaal aantal afgelegde fietskilometers kan toenemen als het sociaal draagvlak voor het fietsen wordt vergroot. Dit kan door combinaties met het OV, en mits beleidmakers, planologen en projectontwikkelaars de fiets als vervoermiddel ondersteunen.

Wat is nu het profijt voor een fietser ?

Voor beleidmakers en ontwerpers voor fietsvoorzieningen is het goed zich te realiseren dat verschillende maatregelen, een verschillend effect (kunnen) hebben.

Een solitaire fietser die door een vlak landschap, in een winderig klimaat fietst, ondervindt continue wisselende impuls. Dit maakt het fietsen vaak vermoeiend.

Bij bescherming door winschermen neemt de intensiteit van deze storingen af.

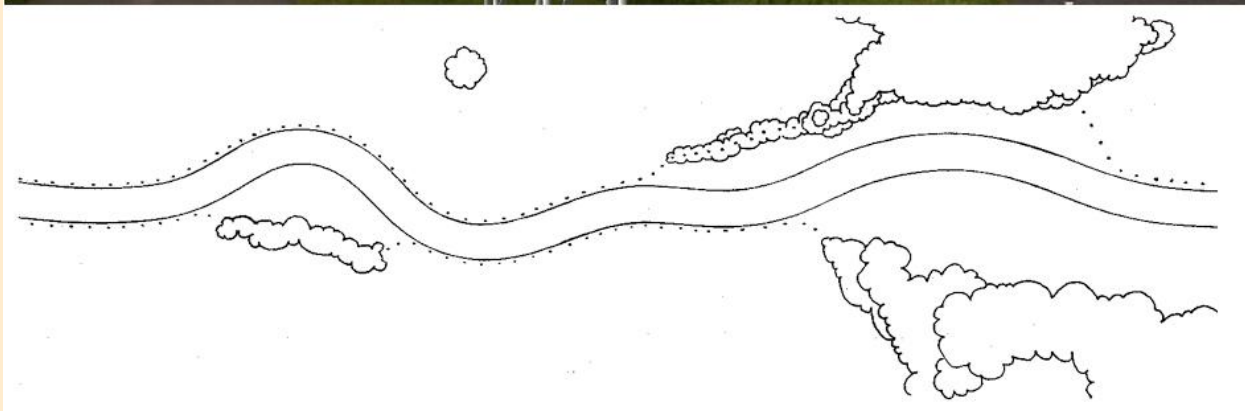
Het fietsen in een wind luw klimaat is daarom minder vermoeiend.

Wanneer de omgeving geheel windstil te noemen is, investeert de fietser een gelijk blijvende hoeveelheid energie om zijn of haar snelheid te behouden. Ervaart de fietser echter meewind, dan daalt de energie behoefte om het tempo constant te houden.

Het aandeel van de aerodynamische weerstand aan de totale energiebehoefte van de rit daalt waardoor de kans op grotere snelheidsverschillen tussen verschillende fietsertypes onderling afneemt. Als de meewind echter niet wordt bemerkt of het tempo als te langzaam wordt ervaren kan de snelheid sterk oplopen. Ervaart de fietser zijn rit als snel, dan zal een gemoedelijker tempo worden gekozen. Hierbij kunnen verschillen in lichtkwaliteit, structuren langs de weg of lichte vibraties de ervaring van de fietssnelheid doen veranderen en de weggebruiker tot reactie uitnodigen.

Het gaat om comfort vergrotende factoren, waardoor zeker de actieradius van de fietser wordt vergroot. Het is goed zich te realiseren, dat elk traject zeer uiteenlopende eigenschappen bezit. Ook andere zaken dan aerodynamische reductie verdienen daarom aandacht.

5. *Belangrijke fysica /* **Comfortvoorzieningen m.b.t windgevoeligheid**



"Windbreaker" : Holthuizen / Venema

Uiteraard staat de beslissing van een reiziger, welk vervoermiddel wordt gekozen voor een bepaalde rit voorop. Veel verschillende aspecten spelen mee in deze keuze. Fysieke en belevingscriteria zijn o.a. reistijd, comfort, kosten, betrouwbaarheid, nut, noodzaak, verantwoording en gewinning. Wil men het (utilitaire) fietsverkeer bevorderen zijn met name de fysieke aspecten belangrijk: Deze zijn onder te verdelen in externe en individuele invloeden (expertronde "Beschut Fietsen"/ Bicycle Research Group Oldenburg):

De belangrijkste **externe invloeden** zijn o.a.-

uitgaande van een "redelijk" fietspadprofiel, in afnemende volgorde van beoogde energie / irritatie:

- Klimaat gebonden invloeden:
 - 1). wind en windvlagen
 - 3). neerslag, natheid (spatwater) en temperatuur
 - 6). uitlaatgassen en geluidoverlast
- Traject gebonden invloeden:
 - 2). hellingen en omwegen,
 - 4). kwaliteit van het wegdek (rolweerstand, vibratie)
 - 5). wachten en gedwongen stops
 - 7). sociaal onveilig / monotonie

De belangrijkste **individuele invloeden** zijn o.a.

(in afnemende volgorde van beoogde energie / irritatie):

- 1). type fiets
- 2). gesteldheid van de fiets
- 3). gesteldheid van de fietser (conditie en beleving) en zijn of haar uitrusting (kleding en techniek)
- 4). het gedrag van de fietser (energieverspilling en beleving)

Externe invloeden:

Verhouding windsnelheidsvermogen, helling-vermogen, rolweerstandsvermogen, aantal stops-vermogen

De belangrijkste **externe invloeden** kunnen met behulp van een algemene formule als het volgt worden omschreven:

$$P = \frac{v_{fiets}}{\eta_{mec}} \cdot (m_{totaal} \cdot g \cdot (C_r + sl + \frac{a}{g} \cdot (1 + \frac{m_{ac}}{m_{totaal}})) + \frac{\rho_{air}}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot (v_{fiets} + v_{wind})^2)$$

P = Vermogen

v = Snelheid

η_{mec} = Mechanische – efficiency – fiets

m_{totaal} = Totale – massa – fiets – fietser

g = Versnelling – zwaartekracht

c_r = Rolweerstand – coefficient

sl = Helling(%)

a = Acceleratie

m_{ac} = Rotatie – massa

ρ_{air} = Dichtheid_{lucht}

$c_w \cdot A$ = Luchtweerstandsooppervlak

v_w = (Tegenwind)snelheid

Factoren zoals natheid, geluidoverlast, uitlaatgassen en sociaal onveilige plekken hebben invloed op de individuele beleving van de fietser, maar blijven in rekenkundige benaderingen buiten beschouwing.

In een bergachtig landschap is de invloed van een helling op de nodige energie, voor een fietsrit het grootst. In Nederland is het vooral de wind die de energiebehoefte van een fietstocht bepaald.

Wind is een chaotisch fenomeen. Om de invloed van de wind op een rekenkundige manier te kunnen benaderen gaan we uit van de volgende situatie:

Luchtweerstand:

Fietsen door een open, glad en vlak landschap

Een rijdende fietser die door een vlak, glad en open landschap gaat, in een windstil klimaat, ondervindt naast rolweerstand en mechanische weerstand hoofdzakelijk aerodynamische weerstand. Naar gelang de snelheid van de fietser toeneemt, neemt het aandeel van de luchtweerstand in de totaal benodigde energie steeds meer toe.

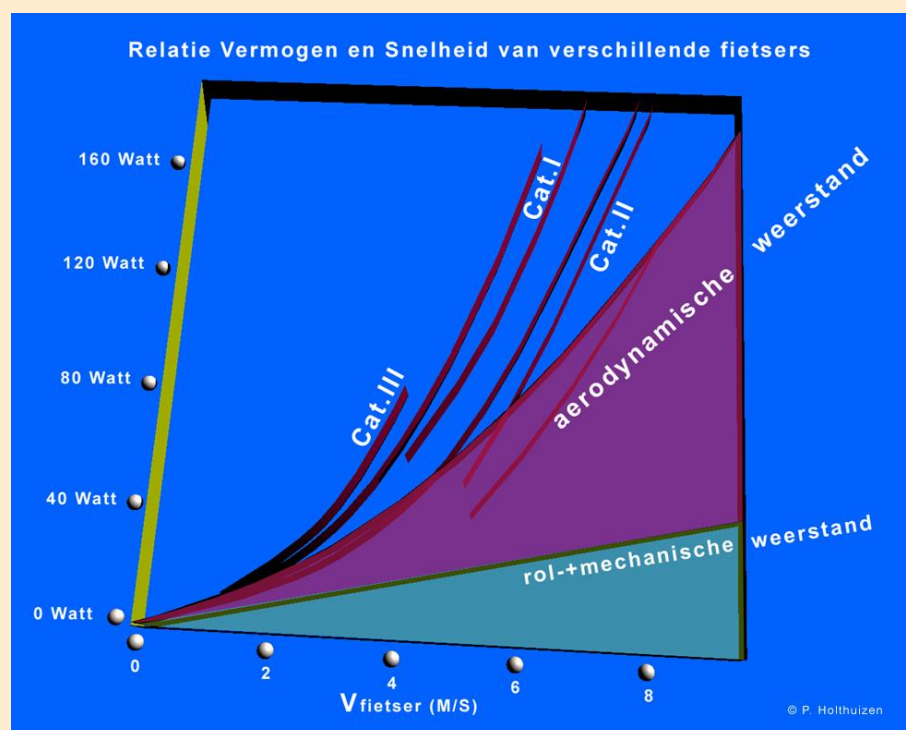
Niet elke fietser ondervindt evenveel luchtweerstand. Een gebogen of liggende houding verkleint het aanstroomoppervlak en dus de luchtweerstand. De functie ten opzichte van de snelheid blijft echter gelijk.

Een liggende houding wordt als gevaarlijk ervaren waar het de confrontatie met het autoverkeer betreft en blijft hier daarom verder buiten beschouwing.

Een fietser die in de buitenlucht fietst ondervindt wind, veroorzaakt door de rijsnelheid en door de luchtbewegingen in de atmosfeer. Dit is de relatieve wind die de fietser voelt.

Wind uit andere richtingen dan de rijrichting verandert de grootte van het aanstroomoppervlak, de relatieve lichtsnelheid en de hiervoor nodige energie van de fietser. Het vermogen echter, wat nodig is om deze luchtweerstand te overwinnen is grotendeels van het frontale oppervlak van de fietser afhankelijk (windrichtingcomponent evenwijdig aan de rijrichting), (vereenvoudiging).

Rol-, Mechanische- en luchtweerstand in een windstil klimaat



De "Bicycle Research Group" van de universiteit te Oldenburg stelde verschillende fietserscategorien (Cat I: Forenzen, Cat II: Sportfietsers en Cat III: Gelegenheidsfietsers) vast door uiteenlopende **individuele invloeden** te classificeren.

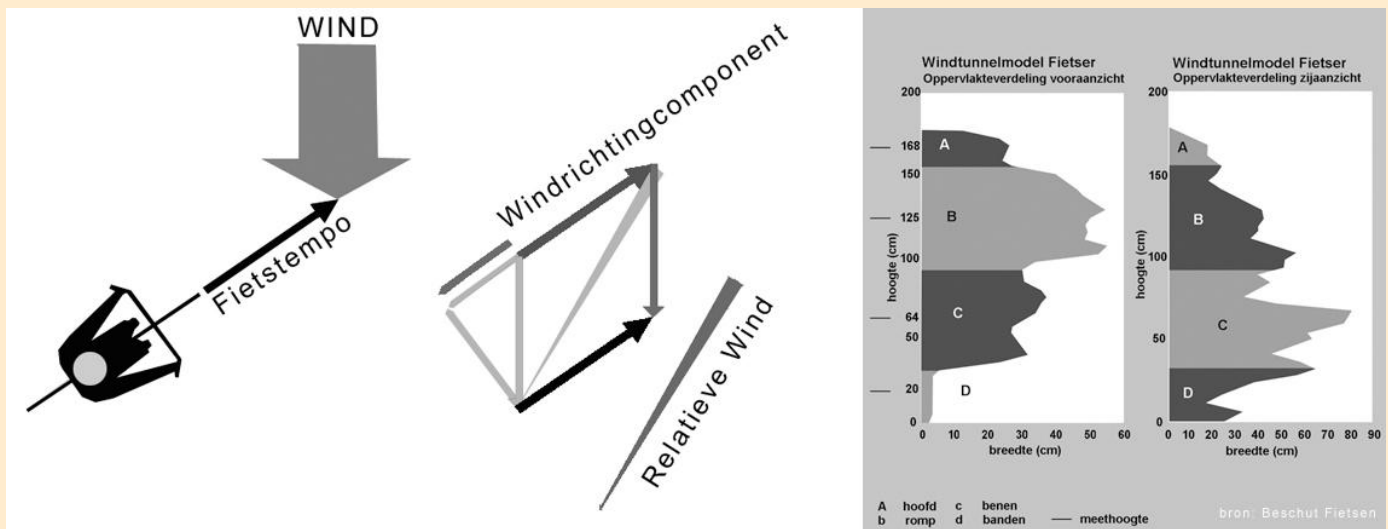
Fietzers categorieen (Bicycle research Group, Universiteit Oldenburg (D))

Categorie	Fietser	Fiets	Max. Vermogen	Gem. Vermogen	Gem. Snelheid
I Forenzen	Alle leeftijden Goede fysieke conditie Recht op fietsend Sterk onafhankelijk van weersomstandigheden Kleding aangepast aan weersomstandigheden Middelmatige gem. snelheid (zeer) Goede balanceervaardigheid	Middelmatig gewicht tot zwaar Betrouwbaar Gemiddeld onderhouden Hoge Windweerstand	120 Watt	73 Watt	5 M/S = 18 Km/h
II Sportfietser	Jong tot gemiddelde leeftijd (zeer) Goede fysieke conditie Aerodynamische fietshouding Gemiddeld afhankelijk van weersomstandigheden Speciale kleding Hoge gem. snelheid Goede balanceervaardigheid	Race- /Tourfiets Lichtgewicht Geavanceerd (zeer) Goed onderhouden Lage Windweerstand	180 Watt	108 Watt	7 M/S = 25,2 Km/h
III Gelegenheids-fietser	Alle leeftijden Matig tot slechte conditie Fietst rechtop Sterk afhankelijk van weersomstandigheden Geen aangepaste kleding Lage tot middelmatige gem. snelheid Slechte tot goede balanceer-vaardigheid	Middelmatig gewicht tot zwaar Slecht onderhouden Hoge windweerstand	70 Watt	40 Watt	3,7 M/S = 13,3 Km/h

bron: Beschut Fietsen

Een fictieve gemiddelde fietsercategorie (rood en blauw vlak in de grafiek hier boven) vormt voor de hierna volgende berekeningen en grafieken de basis. Het aandeel van de luchtweerstand, in de nodige energie voor een rit, van deze categorie, is relatief gering. Dit om te voorkomen dat verschillende comfortvoorzieningen op het gebied van luchtweerstand "te mooi" worden gerekend.

Relatieve Windrichting tijdens de rit / aanstroom oppervlak fietser



Comfort verhogende windschermen

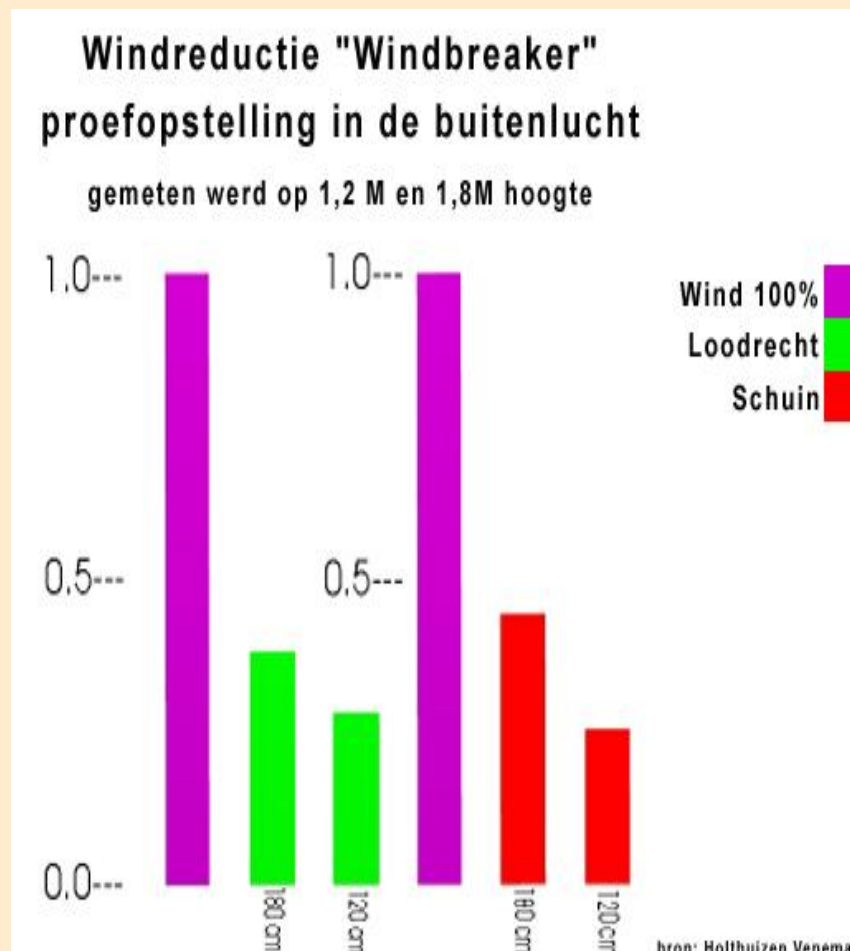
In Nederland waar het altijd waait, is windbescherming voor fietsers geen overbodige luxe. In het project "Beschut Fietsen" (1992-1996) werden windweringen voor fietsers in de praktijk beproefd. Hoe werkt een windscherm?

Bij loodrechte aanstroming veroorzaakt een gesloten vlak aan lijszijde wervelingen en bij schuine aanstroming versterkt het de wind niet alleen aan loefzijde maar ook achter het scherm. Voor een fietser zijn het vooral de windrichtingen tegen de rijrichting in die van belang zijn. Daarom is een gesloten vlak als windwering voor een fietser niet of nauwelijks werkzaam. Windschermen daarentegen die een doorlaat van om en nabij de 40% hebben reduceren de wind zelfs bij een zeer schuine aanstroming. Hiervan profiteert een rijdende fietser (frontaal oppervlak).

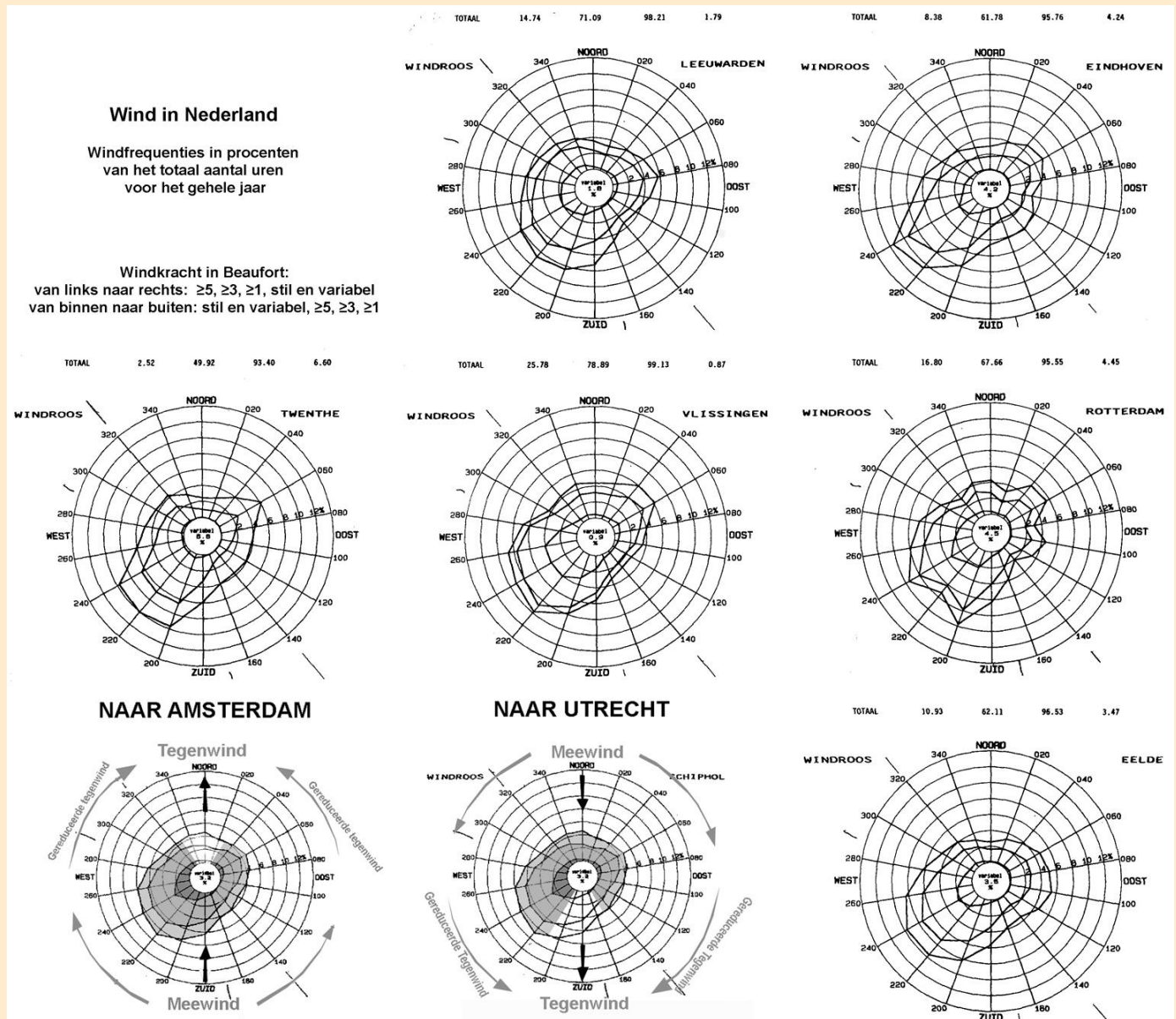


links: "Beschut fietsen" Windscherm te Houten (het prefab moduul bestaat uit een gebogen raamwerk met flexibel invul-materiaal).

rechts: "Windbreaker" flexibel windscherm als bouwmoduul (star tot ca. 20 M/s)



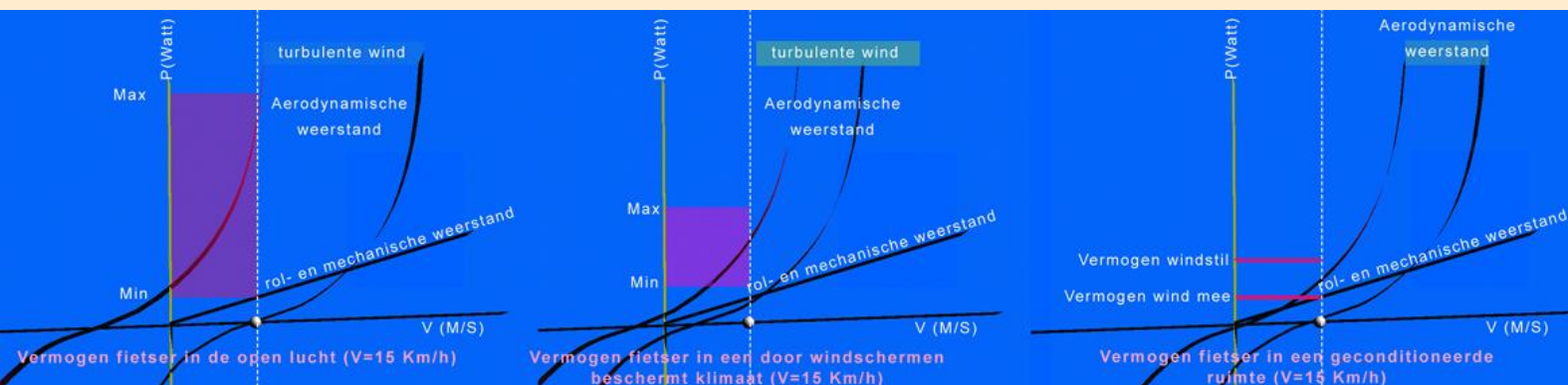
Wind in Nederland / Fietsen in een turbulent klimaat



Windroos KNMI

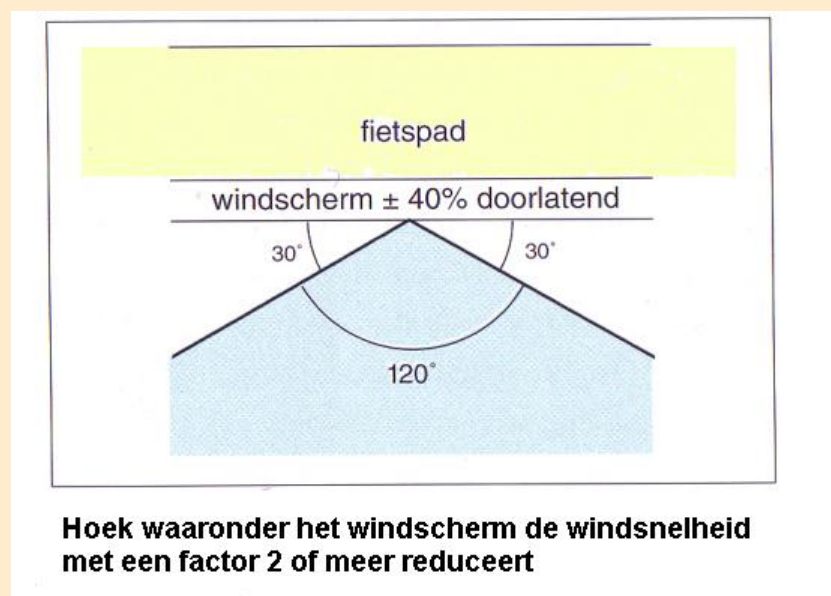
Door de moderne landbouw, industrie en stedenbouw is natuurlijke beschutting in de vorm van bosschages en smalle beschutte straatjes verdwenen. Kaalslag en grote hoge gebouwen verergeren de windsituatie zelfs. De fietser in Nederland ziet zich geconfronteerd met een turbulent windklimaat.

De aerodynamische weerstand is voor een rijdende fietser nooit constant maar verandert van moment tot moment (vermoeiend) en van dag tot dag (onbetrouwbaar).



Niet op elke plek in Nederland waait het even hard. Klimatologische gegevens maken duidelijk, waar in Nederland een fietser duidelijk profiteert van een windwering. We gaan er van uit dat een windscherm het beste werkt, wanneer het haaks op de overheersende windrichting staat.

Onderstaande tekening geeft aan over welke windrichtingen een windscherm echt goed werkt.



bron: "Beschut Fietsen"

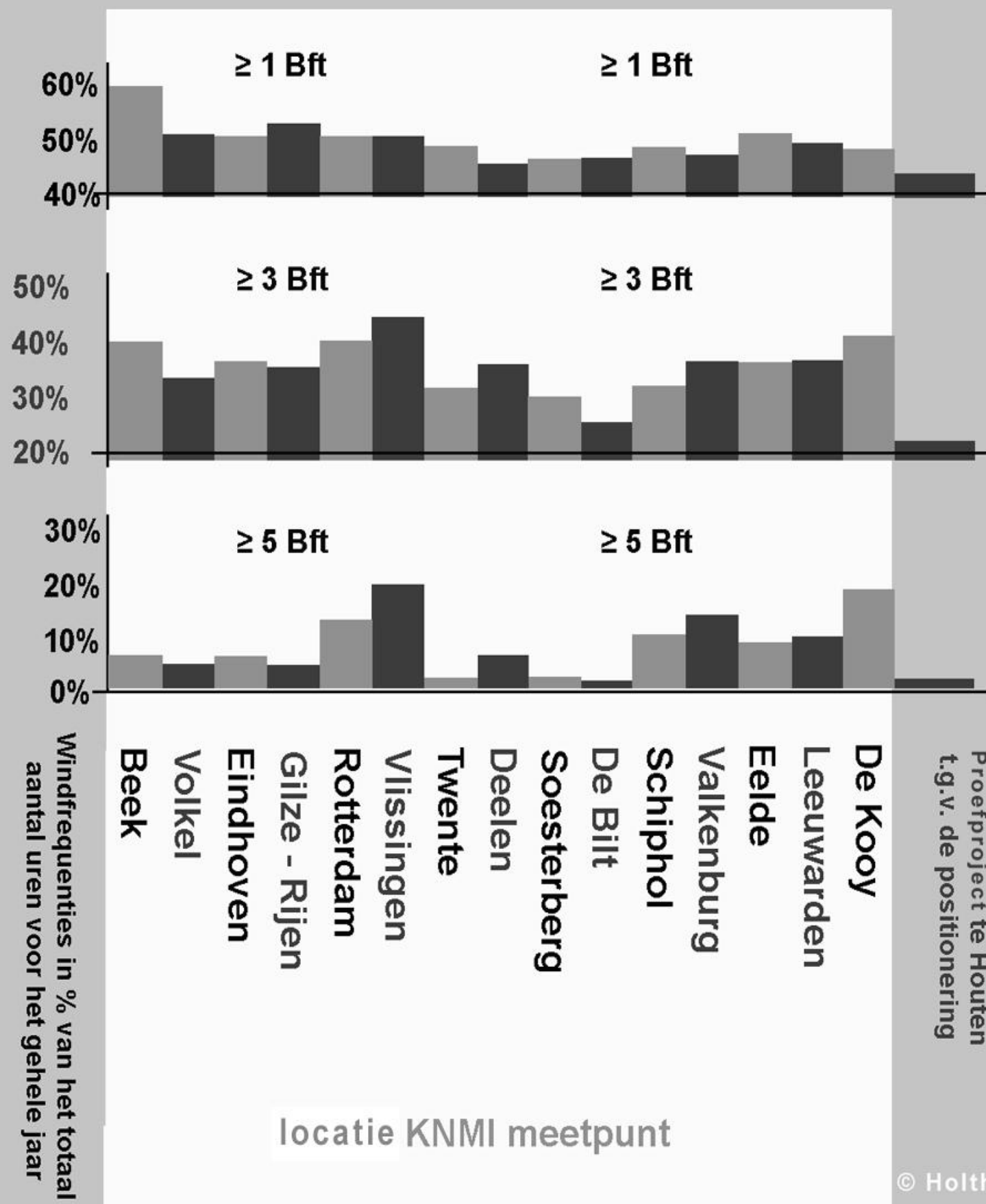


artist impression "Beschut Fietsen" 1993

Windscherm en Rendement:

Het maximaal te behalen rendement van een windscherm is niet overal in Nederland gelijk (d.w.z. bij een optimale opstelling van het scherm, loodrecht op de overheersende windrichting en dat is zuidwest = 230°). De grafiek hieronder geeft hiervan een beeld. Let op ! de te reduceren hogere windsnelheden wegen voor de rijdende fietser veel zwaarder. De door de fietser ondervonden windbelasting is een exponentiele functie van de windsnelheid.

Maximaal te behalen rendement
in % van het totaal aantal uren voor het gehele jaar
bij een ideale opstelling van een windscherm
(loodrecht op de overheersende
windrichting = Zuid-West = 230°)



6. Belangrijke fysica /

Meewind:

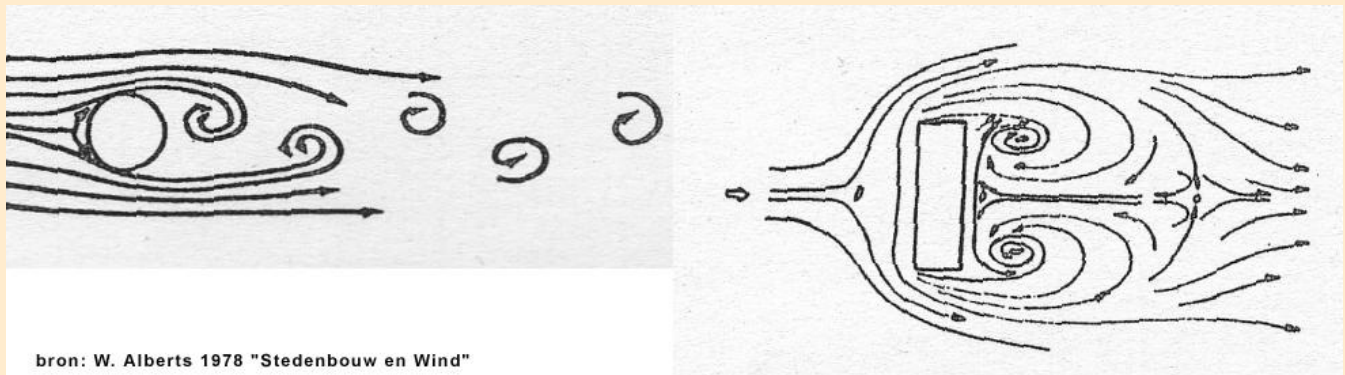
Fietsend de lucht bewegen, de werking van een 100% beschutte ruimte, Fietsen in een windstil klimaat

Iedereen heeft het wel eens gezien bij de Tour de France, bij een baan wedstrijd of ganzen die in de herfst overvliegen.

Elke Fietser die door de open lucht fietst veroorzaakt achter zich wervelingen die in rijrichting flink mee bewegen en die zich meteen met de overige lucht beginnen te vermengen. Van deze Zog werking kan een dicht daarop volgende fietser profiteren. De tweede fietser wordt als het ware in de wervelingen van de eerste fietser mee gezogen.

Bij een forse zijwind gaan fietsers, net als vliegende ganzen, schuin achter elkaar rijden om nog van de zogwerking van de voorganger te profiteren. Wervelingen in een zijwaartse turbulente wind worden steeds sterker door de luchtstroom verstoord naar gelang de wind aan kracht (dominantie) toeneemt. In een langgerekte beschutte ruimte beweegt de lucht ook met de koploper mee. Sterker nog, in een geheel windstil klimaat is een stabiele zogwerking aanwezig waarbij de wervelingen gaandeweg weliswaar hun tempo verliezen, maar nog geruime tijd in de rijrichting van de fietser mee gaan terwijl deze al tientallen meters verder is.

Voor de achter volgende fietser is het eenvoudig van deze zogwerking te profiteren.



Wervelingen in een dynamische omgeving, achter een rond object en achter een rechthoekig object .



De gevolgen van een eenparige beweging van een klein rechthoekig object door een dunne homogene nevelachtige laag in rust.

De foto werd opgenomen nadat het object enige tijd uit het zicht was verdwenen. Na 10 sec. was de beweging van de wervelingen in de richting van het object nog zichtbaar.

Zijn de wanden van het overdekte fietspad geheel gesloten zet de fietser, mits er geen tegenliggers zijn, de gehele luchtzuil in de "koker" gaandeweg langzaam in beweging. Neemt de verkeersintensiteit in gelijke richting toe, neemt ook gaandeweg de luchtstroomsnelheid in diezelfde richting toe. Alle fietsers die in deze eenrichtingstunnel rijden, jagen de gehele luchtzuil aan en profiteren hiervan op hetzelfde moment terwijl ze toch ver uit elkaar fietsen.

Er is als het ware sprake van een langgerekte zogwerking over de gehele trajectlengte. Het is mogelijk door middel van berekeningen de relatie tussen de verkeersintensiteit, de gemiddelde snelheid van de fietser, het "stroomoppervlak" van de overkapping en de ononderbroken trajectlengte, in een daar uit resulterende luchtstroomsnelheid uit te drukken. Verscheidene ontwerpen van overkappingen zijn als model in een vooronderzoek beproefd.

Wrijving van de lucht langs de wanden per 1 meter bouwwerk:

Voor het drukverschil (Δp) in een buisachtig object met een glad oppervlak geldt dan:

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{1,2}{2} \cdot V^2$$

Als $Re > 2230$ is de luchtstroom turbulent. Voor een turbulente luchtstroom geldt:

$$Re = \frac{1,2 \cdot V \cdot L}{20 \cdot 10^{-6} Pa \cdot S}$$

$$\lambda = \frac{0,3}{\sqrt[4]{Re}}$$

Voor het verlies aan vermogen (ΔP) in de luchtstroom (door weerstand langs de wanden van het bouwwerk) per meter geldt dan:

$$\Delta P = \Delta p \cdot A \cdot V$$

Het vermogen (P) in de luchtstroom wordt omschreven met:

$$P = \frac{1,2}{2} \cdot A \cdot V^3$$

Het totale vermogen (ΔP_{totaal}) wat nodig is om een bepaalde luchtstroomsnelheid in rijrichting te behouden, aan de ene kant wordt lucht aangezogen en aan het uiteinde uitgestoten, kan worden benaderd met:

$$P + \Delta P \cdot l \leq \Delta P_{\text{totaal}} \leq 2 \cdot P + \Delta P \cdot l$$

„Aangenomen dat de luchtdeeltjes die tegen de wanden zitten in rust zijn, de lucht over het gehele stroomoppervlak van de constructie niet overal een gelijke snelheid heeft en dat de rijdende fietser de ondervonden luchtweerstand als impuls in de luchtzuil investeert, kan de werking van de fietsersfrequentie die in een buisachtig bouwwerk plaats heeft, op de luchtbewegingen hierin, als volgt (vereenvoudigd) worden benaderd “

$$\Delta P_{\text{fietser}} \cdot \text{aantal} / l = \Delta P_{\text{totaal}} / l$$

“De openingen in een overdekt fietspad liggen zo dicht bij elkaar dat de invloed van de drukverschillen uit de buitenlucht niet aanwezig zijn (verwaarloosbaar klein). De onderbrekingen en de uiteinden van het gehele traject zijn afgeschermd tegen impuls uit de buitenlucht door windschermen. De energie die nodig is om een luchtzuil aan te drijven kan als volgt worden omschreven”. (discussie Prof. W.Schmidt reg. energie Uni. Oldenburg / P. Holthuizen)

l = lengte (M = meter)

d = diameter (M = meter)

A = oppervlak (M^2)

p = druk (Pa = Pascal = $\frac{N}{M^2}$)

V = snelheid ($\frac{M}{S}$, $\frac{Km}{h}$)

P = arbeid, vermogen (Watt = W)

r = straal (M)

Δp = drukverschil (Pa)

ΔV = snelheidsverschil ($\frac{M}{S}$)

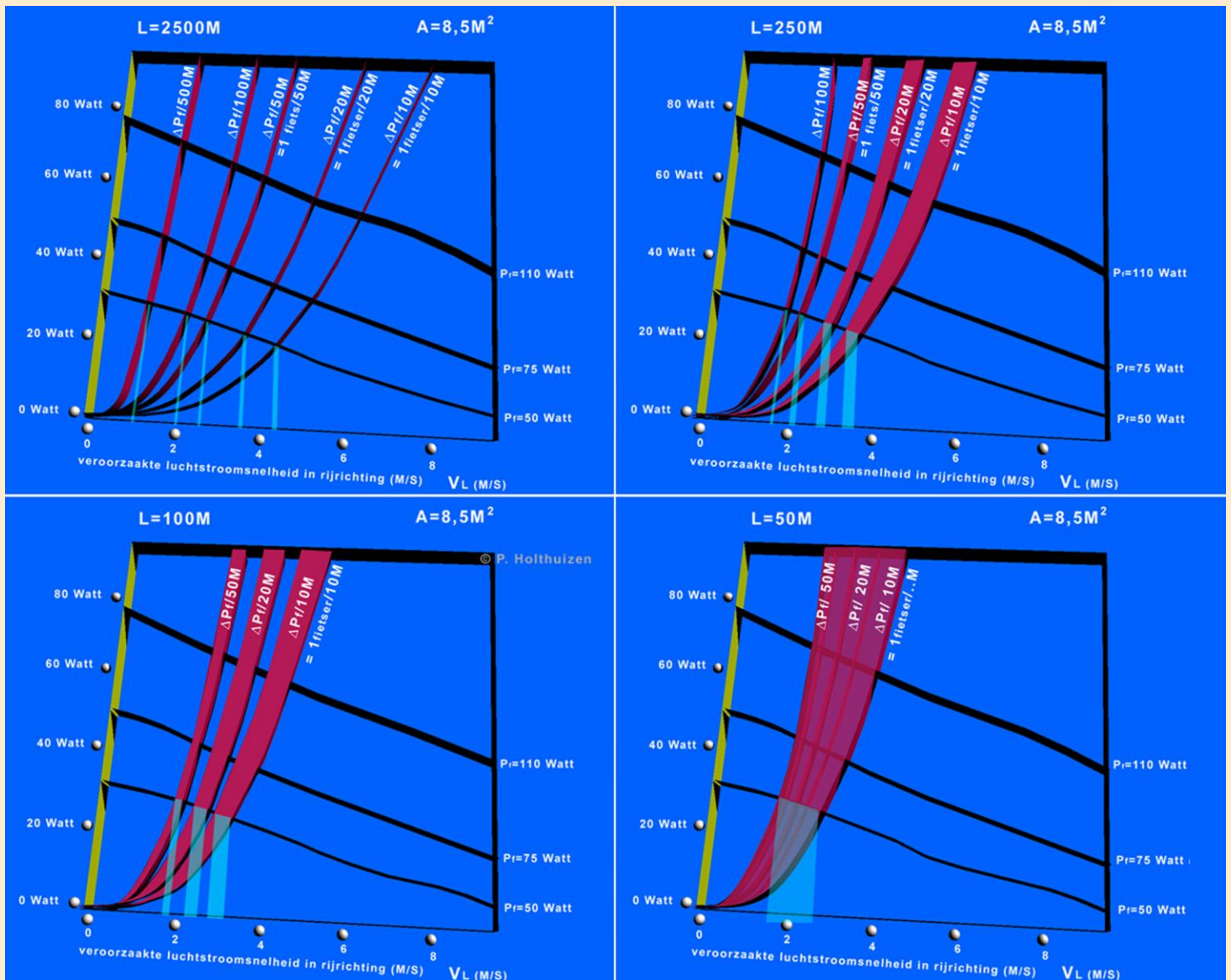
ΔP = verschil – vermogen / weerstand (W)

Re = Reynolds

λ = "ruw – wrijvingsgetal"

s = seconde

Relatie fietsersfrequentie en luchtstroomsnelheid in rijrichting



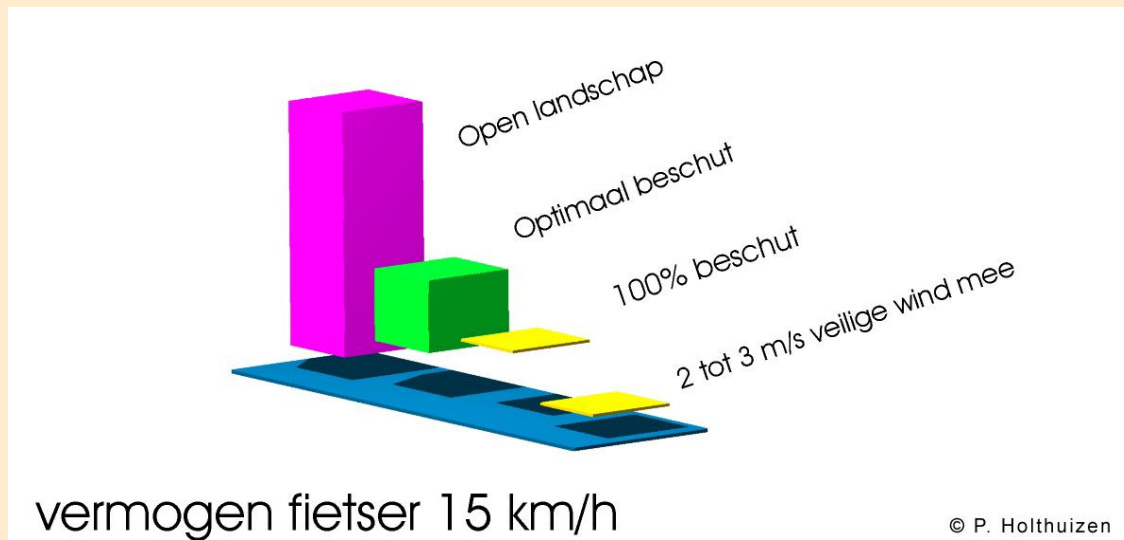
Uit de bovenstaande grafieken blijkt dat de werking van een overkapping bij omsloten trajectlengte (L=....) en stroomoppervlak (A=8,5M²) een specifiek rendement en comfort voor de utilitaire fietser opbrengt mits de impuls van de wind uit de buitenlucht uitblijft. Bij een redelijke fietsersopkomst en een ononderbroken trajectstuk-lengte van 50 tot 250 meter ontstaat er doorgaans een luchtstroom snelheid van 2 tot 3 meter per seconde.

De vormgeving van het systeem is onafhankelijk van de Trajectlengte d.w.z. het is niet noodzakelijk tunnels of buizen voor fietsers aan te leggen om bovengenoemd comfort te bereiken! Wel gaat het hier om een langgerekte werking door mogelijk verschillende architectuurvormen heen in combinatie met wegebouw.

(Zie Schermtypes blz. 9 en Meewindtabel blz.23.)

Fysiek rendement voor de fietser

bij windbescherming, 100% beschut, en 2-3 m/s meewind

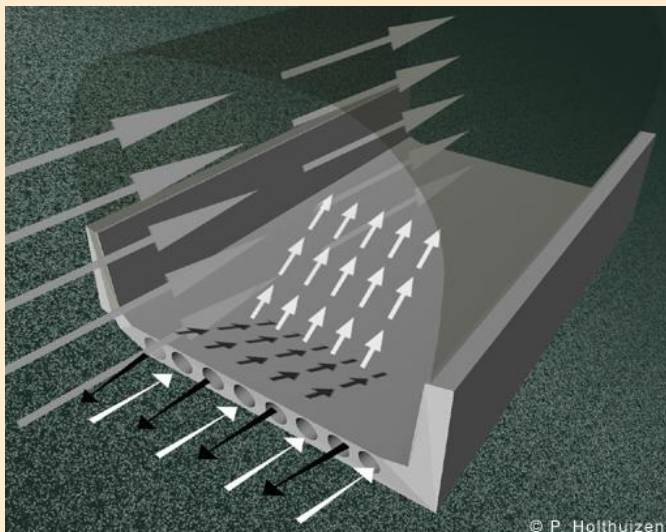


7. Artificieel klimaat en betrouwbaar comfort

Een fietser die geruime tijd wind ervaart, opgewekt door zijn eigen snelheid begint bij stilstand (minder ventilatie) meer te transpireren. Bij meewind is de inspanning geringer. Daardoor wordt de wind, bij stilstand en hogere temperaturen, als aangenaam koel ervaren. Het is zaak de positieve aspecten van de wind zoals het verschaffen van koelte bij hoge inspanningen, meewind en de afvoer van smoggassen waar nodig te benutten. In de zomer kan de temperatuur, in een omsloten overkapping, ondanks isolatie en zonwerende materialen, aardig oplopen. In de winter maanden zorgt diezelfde warmte voor een aangenaam klimaat. Het is daarom van belang de ononderbroken trajectlengte relatief kort te houden ter beperking van de max. lichtsnelheid en voor toevoer van genoeg verse lucht in het bouwwerk,

vergelijkbaar een blokfluit (buisstukken worden d.m.v. gaten onderbroken).

Wil men echter een zeer hoog en betrouwbaar comfort voor een (energie zuinige) overdekte fietssnelweg bereiken, dan zal een artificiële ventilatie als meewind aan hogere kwaliteitstandaards moeten voldoen. Vooral in de zomer maanden. Een verse en turbulente bries in rijrichting zal ervoor zorgen dat de inspanning tijdens de rit gering is en het klimaat aangenaam blijft. Bij lage temperaturen zorgt een kunstmatige meewind tijdens de rit voor minder koude afkoeling.



aanjagen van de luchtstroom en afvoer condentievocht.

Stel dat een fietspad licht verdiept in de grond wordt aangebracht. Dan wordt de aangezogen lucht voor de ventilatie "s winters op natuurlijke wijze in de bodem van de overkapping licht voorverwarmd en in de zomer gekoeld (zie afb. hier onder). Het doorlopende dak (Zonwering) waarborgt een droog rijvlak. De continue aanwezige meewind garandeert zo een blijvend comfort. De elektrische energie, hiervoor nodig, is minimaal (zie Meewind tabel blz. 23).

MEEWINDTABEL

MEEWIND - VERMOGEN FIETSER - VERMOGEN LUCHTSTROOM - RENDABILITEIT
uitgaande van een fictieve gemiddelde fietserscategorie van 50 Watt constant.

LUCHTSNELHEID

(M/s)	0	1	2	3
(Km/h)	0	3,6	7,2	10,8

MAXIMALE SNELHEID FIETSER

bij 50 Watt constant Fietsvermogen en de hierboven
genoemde luchtsnelheid er van uitgaande dat de fietser
zijn of haar energiewinst omzet in tempo:

(Km/h)	15	17	20	23
--------	----	----	----	----

EXTRA ENERGIEWINST FIETSER

bij bovengenoemde luchtsnelheid en bij een
gelijkblijvende fietssnelheid van 15 Km/h:

(%)	0	20	35	50
-----	---	----	----	----

Energie nodig voor opwekken luchtstroom:

Bij bovengenoemde luchtstroomsnelheid

(KW/Km)	0	0,08	0,6	1,8
---------	---	------	-----	-----

8. Kosten en Baten

Analoge systemen zoals windweringen en overkappingen kunnen worden beschreven in termen van prestaties en de daarvoor noodzakelijke interactie met de omgeving.

Uit bestudering van deze systemen volgt globale informatie betreffende systeemopbouw, systeemeigenschappen en materiaalgebruik. Dientengevolge kan hieruit een tendens voor de kosten worden opgemaakt. De gewenste prestaties van deze systemen echter kunnen niet als noodzakelijk worden omschreven. De drempelwaarde voor comfort in een verblijfsgebied ligt bij 5M/s windsnelheid. De relatieve windsnelheid die een fietser ondervindt is meestal hoger dan deze drempelwaarde, maar blijft in de regelgeving buiten beschouwing (NEN 8100 "Windhinder in de gebouwde omgeving"). Windschermen en Overkappingen voor het utilitaire fietsverkeer worden daardoor, ook bij gebruikers en omwonenden, vooralsnog gezien als een luxe artikel. Bij prestigieuze bouwwerken bestaat soms de indruk dat wanneer de kosten geen rol spelen er geen substantiële reactie te verwachten is. Een uitstekend vormgegeven bouwwerk met edele materialen garandeert acceptatie door de bevolking. Bij fietspaden zal het zelfde het geval zijn. Eenvoudige en slimme ontwerpen m.b.t. vormgeving, bouw, productie en werking leveren een attractief en hoogwaardig product op, met evenredige kosten. Bijvoorbeeld kan de keuze, op een laag gefrequenteerde utilitaire route, in een open landschap, vallen op een ingetogen ontwerp voor een windscherm, in laag groen geplaatst, met glashelder doorzicht en geïntegreerde verlichting. In stedelijk gebied daarentegen, zullen veel meer de communicatieve aspecten zoals stijl en noblesse, de sociale veiligheid en de verkeersveiligheid een rol spelen. Op een lang en sterk gefrequenteerd traject kan een helder vormgegeven en een licht ogende overkapping als spanconstructie met gepast zicht op de omgeving, riante in- en uitritten en geïntegreerde snelheid beperkende functies op de inhaal strook (enz. enz.), de acceptatie door gebruikers en omwonenden verhogen. Op korte incidenteel gebruikte trajecten echter is de nabijheid van een afwisselingsrijke urbane bedrijvigheid gewenst (sociale controle).

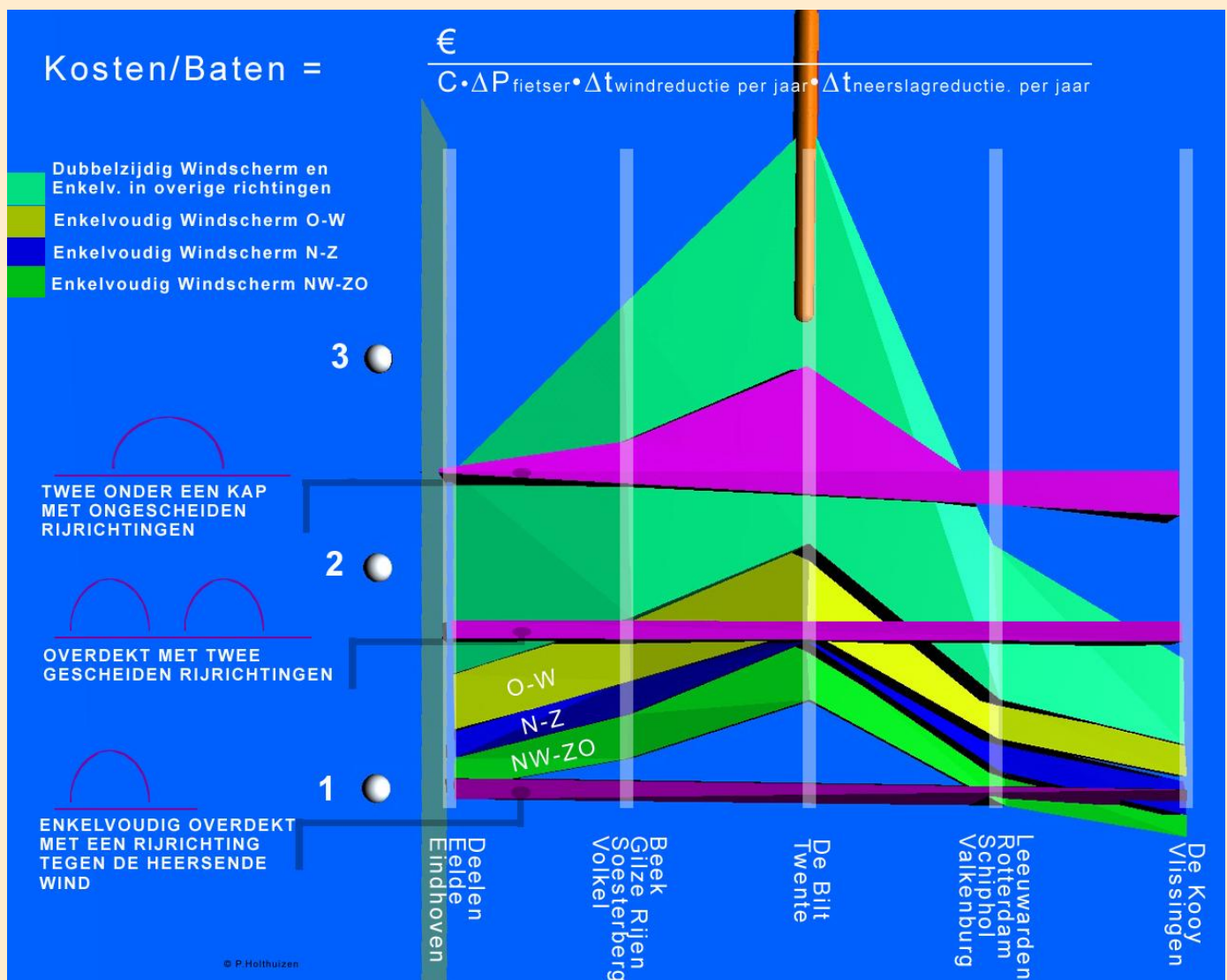
Doorslaggevend echter om tot plaatsing van een object over te gaan, is het te verwachten rendement voor het fietsverkeer.

In de onderstaande grafiek zijn verscheidene basisontwerpen naar prijsklasse en energie besparende tendens voor een fietser gedurende het gehele jaar, gerelateerd aan de gegevens van verschillende KNMI meetstations en bij verschillende positioneringen onderling met elkaar vergeleken. Bij de beoordeling van het windklimaat echter wordt gebruik gemaakt van de vergrotingsfactor (C = de verhouding van de wind op een bepaald punt en de windsituatie op 10 Meter hoogte). Voor het Kosten/Baten model hieronder is een vergrotingsfactor ($C = 1$) gehandhaafd.

Dat wil zeggen dat de plaatsing van een windscherm klachten omtrent vervelende windhinder (windsnelheid + rijwind) kan voorkomen.

De grafiek gaat ook uit van een gelijk aantal fietsers die van de voorziening gebruik maken. Er is geen onderscheid gemaakt tussen een beschut traject en een meewind traject.

Een succesvol traject behaalt ten allen tijde een sterk rendement!



In de bovenste helft van deze grafiek zijn, als het gaat om het effect van het bouwwerktype, met name de duurdere ontwerpen en de slecht gepositioneerde windschermen te vinden. In het stedelijk gebied komt een vergrotingsfactor: $C = 1$ zelden voor m.u.v. hooggelegen plaatsen en vervelende windhinder door valwind bij hoogbouw.

9. Knelpunten bij windweringen en meewindtrajecten

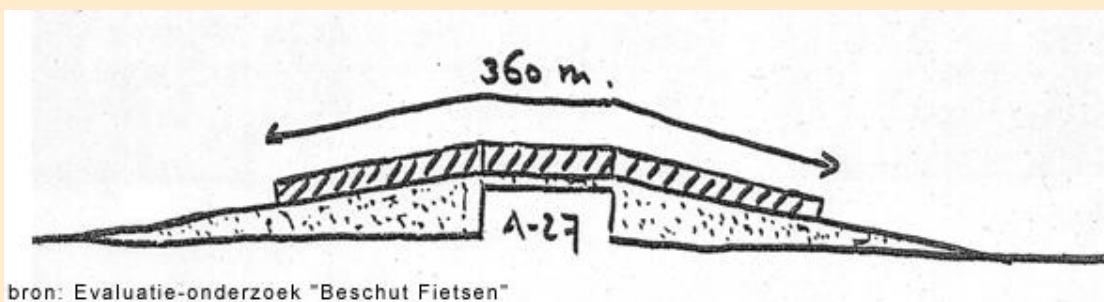
Een praktijkvoorbeeld:

Het proefproject “Beschut Fietsen” te Houten (realisatie van het windscherm:1995) is in de grafiek aangegeven met een verticale oranje zuil boven in deze. Dit scherm op de brug over de A27 heeft geen optimale positionering en staat bovendien ook nog op een schuin en hoog talud wat de werking bij schuine aanstroming sterk negatief beïnvloed (zie verwijst naar ontwerpregels aan het einde van dit uittreksel).

Uit het Evaluatieonderzoek van het proeftraject te Houten, met name uit de doorgevoerde schriftelijke enquête, blijkt dat de belangrijkste invloed factoren op de keuze van een ander vervoermiddel dan de fiets regen/sneeuw/ijs (58%) en wind/storm (30%) zijn en dat lange wachttijden bij verkeerslichten (61%), te kort groen (39%), wind-/ stormhinder (53%), door rood rijdende auto's (32%), Verkeersonveiligheid (26%), Regen (25%), ontbreken van voldoende opstelruimte bij verkeerslichten (25%), slechte verlichting (24%), te hard rijdende auto's (23%) en het ontbreken van aparte vrij liggende fietspaden (23%) de belangrijkste struikelblokken voor het te rijden traject vormen.

Uit de meetgegevens die TNO bij het scherm verzamelde bleek dat het windscherm de wind met een factor 3 bij loodrecht, een factor 2 bij schuine aanstroming en gemiddeld met een factor 2,5 reduceert. Een sterke vermindering van de windsnelheid reductie werd vastgesteld bij scherm delen die op het hoge talud bij de A-27 staan.

84% van de respondenten echter vond dat “het scherm geen of onvoldoende wind tegen houdt” en dat de wind vanaf de andere kant komt vonden 79%. Het windscherm te Houten staat aan de zuidzijde van de rijbaan. Tijdens de meetperiode (winter 1995/1996) waaide het weliswaar minder vaak uit de richting zuid/zuidwest, De luchtstroomwerking echter die het scherm ten gevolge van de Invloed van met name het hoge talud heeft, vervalsen de doorlaat van het scherm.

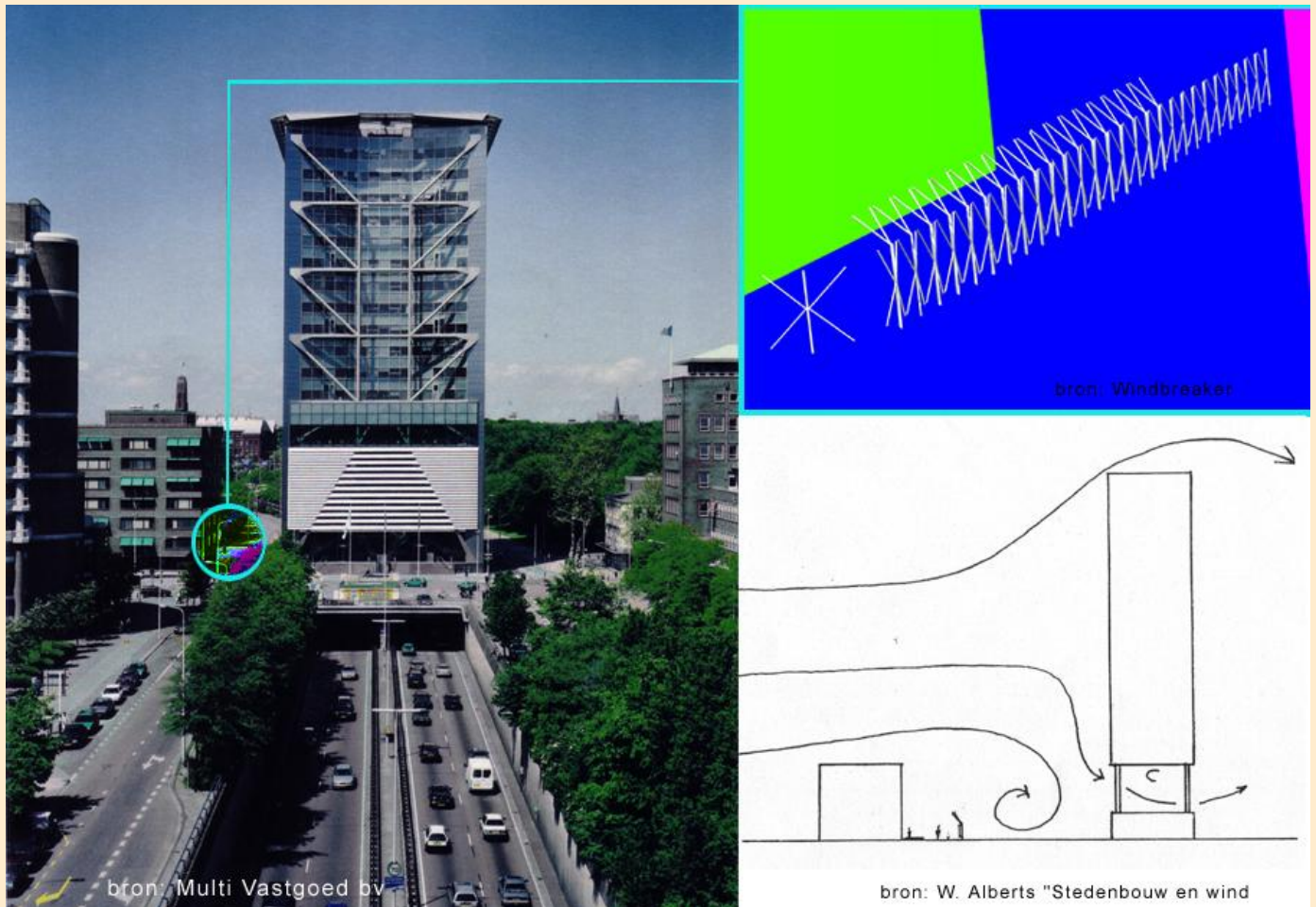


Een te gesloten scherm (20% en minder open), (perforatie + talud) veroorzaakt aan lijzijde turbulente stromingen. Een fietser kan hierdoor de indruk krijgen dat de wind uit een andere richting komt. TNO komt derhalve tot de volgende conclusie: bovendien verdient het aanbeveling een windscherm op een horizontaal vlak te plaatsen”, t.a.v. een schuine aanstroming van de wind op het te beschermen vlak en de extra inspanningen die een fietser op een helling moet leveren. Daar kwam in het geval van de primeur te Houten nog eens bij dat de ontwerpers aan de uiteinden van de complete constructie de doorlaat van elk een schermelement hadden verhoogd waardoor de fietsers niet meer konden merken op welk moment van de rit het scherm wel goed functioneerde.

Sommigen van de respondenten gaven mede daarom en terecht aan dat meer vervelende struikelblokken, elders op het traject, voor minder geld, hadden kunnen worden weggenomen.

Nog een praktijkvoorbeeld:

1998: Fietzers te Den Haag ondervinden Windhinder bij het Kantoor aan de Utrechtsebaan veroorzaakt door valwind. Plaatsing van een windscherm kan het windklimaat verbeteren. Meldingen van wegwaaiende fietsers zijn bekend. Toch besluit men vooreerst geen maatregelen te nemen.



Kantoor Utrechtsebaan te Den Haag.

calamiteiten / Veiligheid en beleving:

De kwaliteit van een fietstraject is afhankelijk van meer dan één aspect.

Is er sprake van echt vervelende windhinder voor een utilitaire fietser dan is het zaak uit te zoeken welke knelpunten elders op het traject tenminste even zwaar wegen en of de werking van een windscherm op die plek kans van slagen heeft. Het is daarom raadzaam ten allen tijde een specialist op dit gebied te consulteren en te horen!. Ook verdient het aanbeveling met die verbeteringen van het traject te beginnen die qua conventie voor de hand liggen.

Een drukke weg met gemotoriseerd verkeer is niet alleen voor fietsers een ondoordringbare barrière maar ook voor voetgangers. De openbare ruimte wordt steeds meer door drukke verkeersstromen in geïsoleerde stukken verdeeld. Ook de beleving van de openbare ruimte wordt steeds sterker door gemotoriseerde bedrijvigheid bepaald. De hoeveelheid ruimte die hierdoor beïnvloedt en in beslag genomen, in stedelijke gebieden is enorm.

Automobiliteit bepaalt steeds meer de fysieke beleving. Kinderen in de grotere steden spelen niet meer op straat. Hierdoor raken de gevolgen van automobiliteit verweven met de culturele identiteit, als een verzameling uiteenlopende conventies. Door het overheersende karakter van automobiliteit, is het invoeren van een alternatief lastig.

Meewindtrajecten zijn alleen dan interessant wanneer er sprake is van zeer sterk gefrequenteerde utilitaire routes zonder noemenswaardige knelpunten. Voor een fietssnelweg met een naar verwachting zeer hoge intensiteit kan een meewindtraject mits onderdeel van de planning van een nieuw te bebouwen gebied goede kans van slagen hebben. Bij realisatie in stedelijk gebied, is het dan ook raadzaam reeds in de conceptfase extra aandacht te geven aan het voorkomen van calamiteiten en het inrichten van sociaal veilige trajecten.

Een fietser transporteert geen brandbare stoffen. De te construeren objecten dienen met brand remmende resp. onbrandbare materialen gebouwd te worden. De ononderbroken trajectlengte is zeer kort te noemen (perforaties en vluchtwegen), maar toch werd in het verleden door tegenstanders van het onderhavige concept herhaaldelijk afgeraden met het argument dat dergelijke bouwwerken als liggende schoorstenen werken. Echter op sterk gefrequenteerde routes is de sociale controle gewaarborgd. Mede daarom zijn dergelijke argumenten niet steekhoudend.

Wel is het zaak, als het gaat om een actieve aansluiting van het object aan een gebouw, ervoor te zorgen dat aan de ingang een windstil klimaat heerst d.m.v. een onderbreking in de constructie of een geperforeerde overgang. Ook moet gedegen vastgesteld worden hoe het bebouw bij brand op een opening reageert.

Ook voor de hand liggend is het, ter dege te onderzoeken hoe fietsersgroepen zich tussen windschermen en in overdekte fietspaden zich kunnen gaan gedragen. Vervolgens kan door middel van een speciaal ontwerp, peloton vorming en daarmee ernstige valpartijen e.d. worden voorkomen.

Klimatologische onzekerheid:

Als de prognoses omtrent het veranderende klimaat: stijgende zeespiegel, meer hevige neerslag en meer hevige wind uit komen dan zal windbescherming voor fietsers een noodzaak worden. Daar de kans bestaat dat het windklimaat aan grilligheid toeneemt en een overheersende windrichting nog nauwelijks te herkennen valt of de kans een fietstocht te kunnen maken hierdoor afneemt, behoren omsloten fietspaden (groen of artificieel) tot de serieus te nemen opties.

10. CONCLUSIE:

Ook de ruimtelijke toekomst van Nederland krijgt te maken met het veranderende klimaat. De Nota Ruimte 2004 poogt hierin te voorzien. Het vervoer met de fiets biedt voor grote stedelijke gebieden terdege mogelijkheden functieverdichting en multifunctioneel ruimte gebruik in economisch en sociaal opzicht meer draagkracht te verschaffen.

Meewindtrajecten zijn daarom als mengvorm, bestaande uit verschillende bouwwerken, waarbij windschermen, overkappingen, fly-overs of tunnels voornamelijk het verbindende element zijn, aan te raden.

Een succesvol meewindtraject kan het beeld van een zeer milieu vriendelijk voertuig in het kader van bevolkingsdichtheid, multifunctioneel ruimte gebruik, economische kracht en sociale kwaliteit revolutioneren en verbeteren!.

Een goede investering in de toekomst!

Peer Holthuisen

Literatuur:

- Nota Ruimte 2004 / Nota Ruimte, Ruimte voor ontwikkeling, Katern over nieuw ruimtelijk beleid 2006 / Ministerie van VROM
- “Influence of obstacles on the aerodynamic roughness of the Netherlands” J. de Jong, A. de Vries en W. Klaassen, 1998 Dep. of Physical Geography, Universiteit Groningen
- Nederland 2030 - Discussienota “verkenning ruimtelijke perspectieven” Ministerie van VROM Juni 1997
- “Windhinder”, Commissie 351010, NEN, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft 2000-2001
- “Windbreaker” ,Productinformatie, Holthuizen /Venema, Groningen 1997
- “Geplaagd door de wind”, evaluatieonderzoek fietswindscherm over de A27 te Houten, SOAB 1997 Breda
- “Windmetingen in verband met de evaluatie van het windscherm te Houten” TNO 96 Co936/2, Ir. P.C. v. Staalduinen 1996 Delft
- Eindrapportage Demonstratieproject “Beschut Fietsen” / Feb.1996 Samenwerkingsverband: Rijkswaterstaat, Prov. Utrecht, Gemeente Houten, Gemeente Nieuwegein, Gemeente Utrecht en het Consortium Beschut Fietsen: KWS Infra, Aveco de Bondt, Holthuizen - Overeenkomst UT 3550 / Mei 1995
- “Wind in de schermen” Beschrijving van het Proefproject “Beschut Fietsen” Ministerie van Verkeer en Waterstaat / Projectgroep Masterplan Fiets / Mei 1995
- Test rapport windschermen 1:1 “Beschut Fietsen” Aveco de Bondt 1994 Rotterdam
- “Windtunnelonderzoek naar de invloed van de globale vormgeving van windschermen op de effectiviteit in het beperken van windhinder bij fietspaden” G.Th. Visser 1993 Apeldoorn
- “Windhinder op loopniveau, Bouwplan Kantoor Utrechtsebaan” Van Dorser Raadgevende Ingenieurs 1993 Den Haag
- Rapportage Haalbaarheidsstudie “Beschut Fietsen” / Juni 1993 Consortium Beschut Fietsen: KWS Infra, Aveco de Bondt, Holthuizen Overeenkomst HW 457 / Nov. 1992
- “Normalen 1961-1990” Klimatologische gegevens van Nederlandse stations, ministerie van verkeer en waterstaat, publicatienummer 150-27, KNMI, De Bilt 1992
- “Windversnellingskanaal voor fietsers” ,P. Holthuizen, Groningen 1989 / 1990 (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag reg. nr. 00052628)
- “Stedenbouw en Wind”, W. Alberts, 1978 / TNO - Delft

Colofon

“Fietsend Ruimte Bewegen”

is ontstaan i.o.v. Fietsberaad,
Otto van Boggelen, www.fietsberaad.nl ,
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

P. Holthuisen, 2007 Bad Zwischenahn (D) (2015)

Voor meer en gedetailleerde informatie omtrent:
de ontwerpregels, het ontwerp, specifieke productinformatie,
onderzoek en projectbegeleiding m.b.t. onderhavig concept
kunt U terecht bij

Contact:

Δt Projektkunst
www.projektkunst.net
www.windschild.org
www.3mal3.net

Mail:

holthuisen@t-online.de
info@3mal3.net
info@windschild.org

Postadres:

Heiderosenweg 42,
26160 Bad Zwischenahn (D)

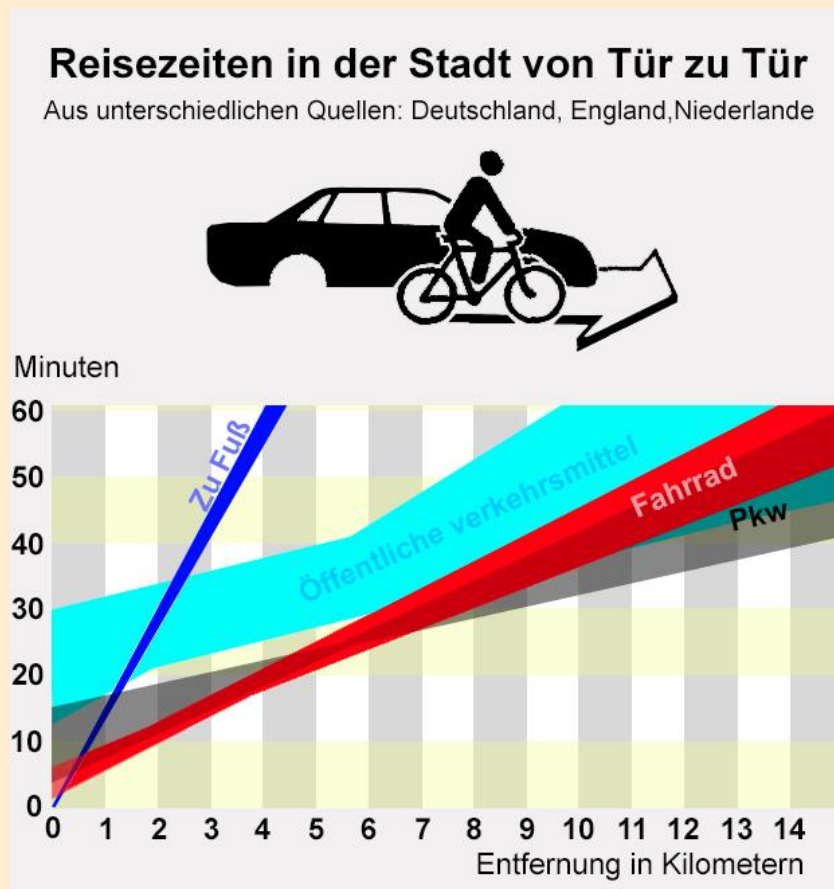
Das umweltfreundliche Fahrrad

© P. Holthuizen 08.2008

Ein Fitnessgerät zur Freizeitgestaltung und ein „stiefmütterliches“ Transportmittel für Kurzstrecken ?

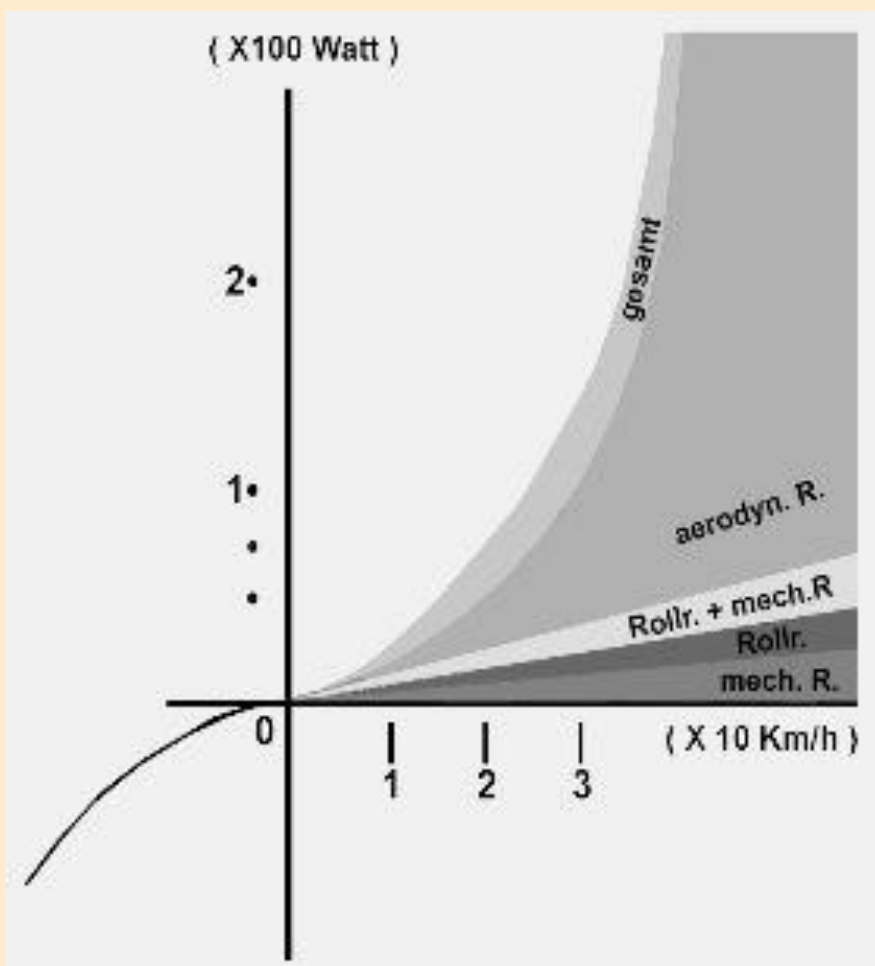
Steigende Spritpreise und Energiekosten machen es möglich, dass auch Stimmen zur Förderung des Radverkehrs lauter werden. Die Infrastruktur der Radwege ist vielerorts jedoch mangelhaft oder nicht effektiv gestaltet. Oftmals verursachen unpassende Fahroberflächen 'Vibrationsstress', der Blick wird nach unten gerichtet oder der Radfahrer muss überflüssige Umwege und Hindernisse zugunsten der Automobilität überwinden. Wartephase vor Ampeln und Konfrontationen mit Fußgängern verzögern die Fahrt mit dem Rad und sind oftmals verantwortlich für gefährliches Verhalten der Verkehrsteilnehmer. Auch Konfrontationen mit dem Autoverkehr sind eine Quelle für emotionalen und körperlichen Stress und gelten somit als Komfort minimierend.

Daher ist es auf der Hand liegend, wenn der Radverkehr gefördert werden soll, auch Radwege, Streckenverläufe, Ampeln und Vorfahrtsrichtlinien (innerorts) gründlich unter die Lupe zu nehmen. Abgesehen davon, dass Fahrradfahren als gesunde, preiswerte, unterhaltsame und innerstädtisch als schnelle Transportlösung gilt, ist es gut, sich zu realisieren, welche Entwicklungschancen eine verbesserte Radverkehrsinfrastruktur vor dem Hintergrund klimatologischer Wandlung, CO₂-Emissionen, Spritpreise, kinderfreundliche Raum- und Verkehrsplanung usw. womöglich hat (Freizeitstrecken ausgenommen). Das Fahrrad ist ein kleines, preiswertes und sauberes Transportmittel und findet immer eine Abstellmöglichkeit. Innerstädtisch ist es -über eine Distanz von bis zu 5 Km- das schnellste Fahrzeug. Mit nur wenig Phantasie kann eine Radweg-Infrastruktur entwickelt werden, die den Gebrauch des Fahrrads populärer macht.



Um den Aktionsradius eines Radfahrers maßgeblich zu vergrößern, bedarf es jedoch Maßnahmen jenseits bereits existierender planologischer Instrumente. Dazu gehört z.B. Schutz gegen extreme Witterung (Wind, Regen, Hagel, Glätte, Kälte und Spritzwasser). Wenn man davon ausgeht, dass der Aktionsradius eines Radlers abhängig ist von der Dauer der Fahrt, dem Energieaufwand und einem bestimmten Maß an Komfort, darf man annehmen, dass durch Optimierung dieser Faktoren, der Radler längere Strecken zurücklegen wird. Eine luxuriöse Radstrecke zum Beispiel, wo der Radfahrer nahezu trocken fahren kann und außerdem kleinere Reibungswiderstände, keine Wartezeiten oder Umwege erfährt, lassen ihn weiter fahren.

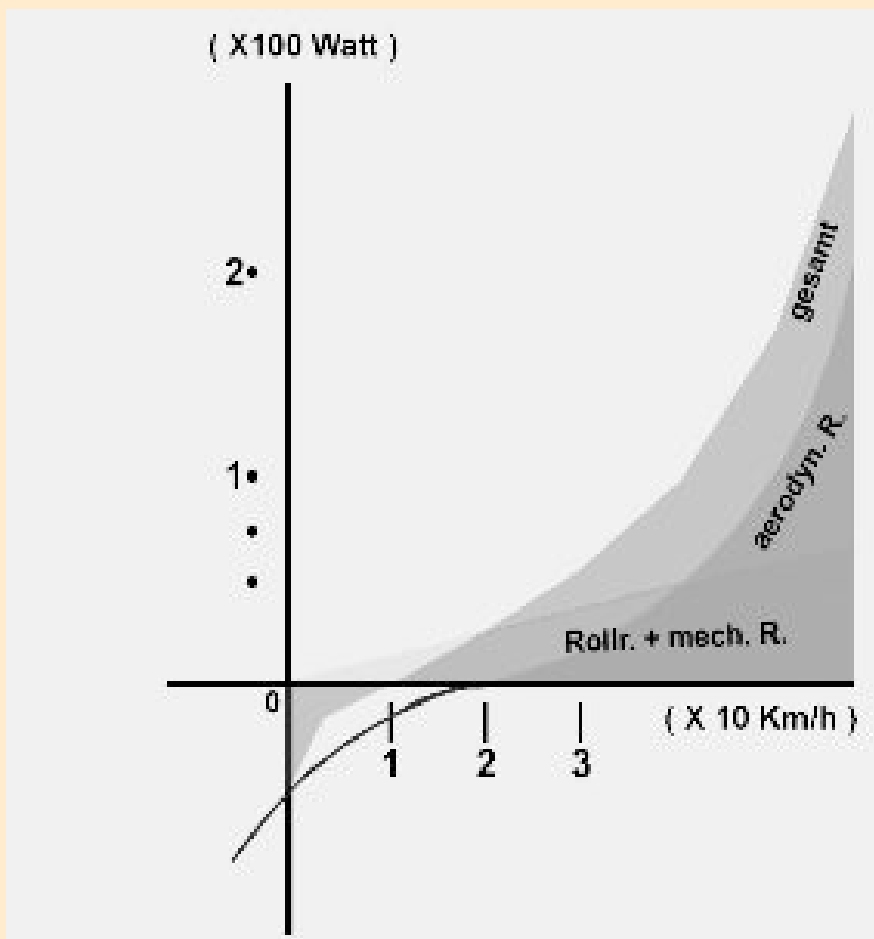
Die Grafik unten zeigt die Beziehung zwischen Geschwindigkeit und Energieaufwand zur Überwindung der aerodynamischen Reibung sowie der mechanischen Reibung und der Rollreibung“. Dabei handelt es sich um einen aufrecht fahrenden Radfahrer einer fiktiven Kategorie, der in einer windstillen Landschaft mit ebener und planer Fahroberfläche unterwegs ist.



Im gesamten Energieaufwand überwiegt die aerodynamische Reibung des Radlers deutlich !

Zum Beispiel impliziert diese Grafik auch, dass Liegeradfahrer, deren aerodynamische Reibung um ein vielfaches geringer ist als die eines konventionellen Radlers und die Rennradfahrer, die darin geübt sind im Windschatten des Vorgängers zu fahren, mehr von einer optimal gestalteten Radstrecke profitieren als nicht trainierte und aufrecht fahrende Radler. Diese Unterschiede tauchen kaum auf, wenn eine Radlerschnellstrecke so gestaltet ist, dass die aerodynamische Reibung für alle Teilnehmer gleichermaßen gering ist.

1989 erarbeitete der Bildende Künstler P.Holthuizen mit Unterstützung von u.a. der Bicycle research Group der *Carl von Ossietzky Universität Oldenburg* ein Radwegekonzept, bei dem Radfahrer mit hohem „rundum“ Fahrkomfort (siehe oben) von einem extrem ausgedehnten Windschatten profitieren können (*Masterplan Fiets, Verkehrsministerium der Niederlande von 1992 bis 1996, „Fietsend Ruimte Bewegen“ 2007 Fietsberaad*). Die Besonderheit dieses Radwegkonzepts und des Entwurfs ist, dass die „Soglänge“ (Windschatten) über die gesamte Länge einer Radschnellstrecke ausgedehnt ist. Untenstehende Grafik zeigt die Wirkung eines solchen optimal gestalteten Radwegentwurfs auf den Energieaufwand des oben bereits näher charakterisierten Radfahrers.



Der Radfahrer, der durch dieses Wegesystem fährt, hat bedeutend weniger Reibung und kann daher mit einem geringeren Energieaufwand schneller fahren.

(Der Radler von Grafik Seite 31 erzielt bei einem gesamten Energieaufwand von ca. 100 Watt eine Geschwindigkeit unter 25 Km/h und der gleiche Radler erzielt auf dieser Radschnellstrecke bei ca. 75 Watt , ± 35 Km/h.).

Der Aktionsradius eines Radfahrers nimmt damit also bedeutend zu.

Auch wenn solche Radwegsysteme vielleicht noch ferne Zukunftsmodelle darstellen, zeigen sie doch, dass der Radverkehr für eine Weiterentwicklung des individuell unabhängigen Transports -mit extrem geringem Energieaufwand für mittellange Strecken- Entwicklungspotential hat. Auch das städteplanerische Potential solcher Systeme ist für kompakte Ballungsgebiete von Bedeutung, da der Radverkehr im Vergleich zur Automobilität weniger Raum- und Finanzressourcen zur Verwirklichung braucht. Auch Kombinationsmöglichkeiten von Bahn- und Radfahren sind vielfältig. Aus ökonomischer Sicht kann z.B. ein ausgeklügeltes Radwegenetz den Personenverkehr auf Kurzstrecken für die Bahn gewährleisten usw. usw.

Es ist an der Zeit, das Fahrrad als ernstzunehmendes „Kurzstreckentransportmittel“ aus seinem Nischendasein zu befreien, die Radwegeninfrastruktur zu verbessern und auch neue Radschnellstrecken zu planen.