

# Toepassing van NEN 8100

Fabien van Mook\*

Mei 2007

## Inleiding

NEN 8100, *Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving*, is in februari 2006 uitgebracht. De norm gaat over windhinder en windgevaar voor voetgangers in de gebouwde omgeving. Daarbij kan men denken aan voetgangers die over straten, pleinen, trottoirs, in parken lopen en die op terrassen, in parken en op balkons zitten.

De norm heeft de volgende inhoud:

- een beslisschema over wanneer windhinderonderzoek noodzakelijk is;
- de criteria voor windhinder en windgevaar;
- de eisen voor de twee onderzoeksmethodes, namelijk windtunnelsimulatie en numerieke simulatie;
- (informatieve) suggesties voor het gebruik van de norm in het bouwproces, inclusief stedenbouwkundige en ontwikkelfases.

In dit artikel wordt eerst het belang van het onderwerp van NEN 8100 en vervolgens de algemene toepassing van de norm in projecten geschetst.

## Windklimaat in de gebouwde omgeving

Wind heeft betrekking op verschillende aspecten in het klimaat rond en tussen gebouwen. Afhankelijk van de windkracht worden bijvoorbeeld haren, papieren, kleding en paraplu's bewogen, of worden mensen omgeblazen en gevelelementen losgerukt. Andere aspecten zijn trillingen en geluidproductie van gebouwdelen, en de verspreiding van geluid, warmte, gassen, rook, regen, sneeuw en stof. NEN 8100 gaat alleen over windkrachten op voetgangers, die hinderlijk c.q. gevaarlijk voor hen zijn.

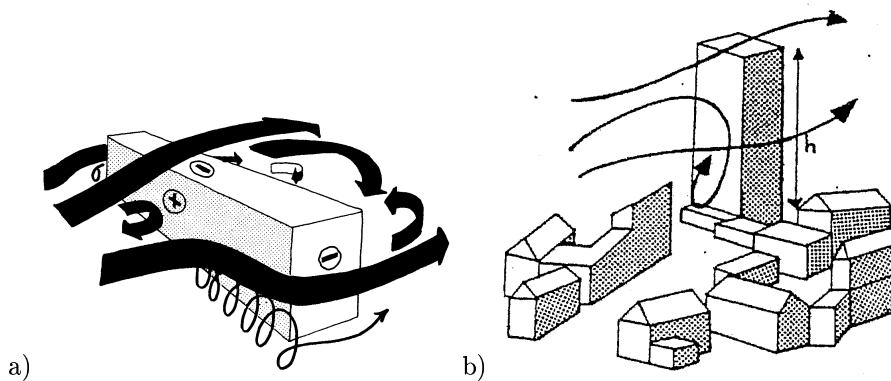
In de gebouwde omgeving dient men meer aandacht te hebben voor het windklimaat voor voetgangers dan in open en onbebouwde omgevingen, zoals weilanden. Het risico is namelijk dat men door gebouwen te realiseren een merkbaar slechter windklimaat *creëert* dan in open en onbebouwde omgevingen. De reden hiervoor is, dat er gebieden rondom een gebouw zijn waar windsnelheden groter zijn dan op dezelfde hoogte in het open veld. De wind moet immers rond (langs, bovenlangs etc.) het gebouw gaan. De kans op windhinder en -gevaar is dus in

---

\*Adviesburo Nieman B.V., Sophialaan 1a, Postbus 40217, 3504 AA Utrecht, tel. (030) 241 34 27, email f.vmook@nieman.nl.



Figuur 1: Een voetganger loopt schuin door harde wind onder een onderdoorgang van een gebouw op het terrein van de TU Eindhoven. Op de rechter foto toont een pijl de positie van de onderdoorgang. Het gebouw is 45 m hoog.

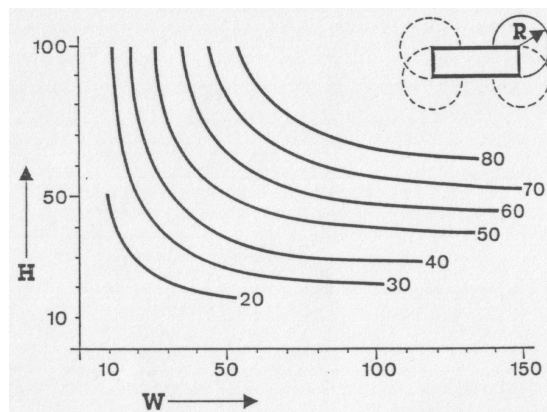


Figuur 2: Schetsen van (a) wind rond een enkel gebouw (Gandemer & Guyot 1981) en (b) wind in een groep van gebouwen (Gandemer 1975).

die gebieden groter dan in het open veld. Dit ondervinden voetgangers bijvoorbeeld duidelijk bij hoeken van gebouwen. Nog beruchter zijn onderdoorgangen, zie figuur 1.

In figuur 2a is geschetst hoe de wind rond een gebouw gemiddeld stroomt wanneer de windrichting loodrecht op de lange gevel is. De stromingen die bij de hoeken naar opzij verbogen worden en de stromingen die bij het midden van de voorgevel naar beneden verbogen worden leveren hogere windsnelheden op loopniveau op. Een relatief dichte groep gebouwen en andere obstakels (bomen, hagen, schermen) biedt vaak beschutting voor de wind. Maar de beschutting kan makkelijk teniet gedaan worden. Een voorbeeld hiervan toont figuur 2b, waar één hoger gebouw windhinder op loopniveau veroorzaakt en de mogelijke beschutting tussen de overige gebouwen teniet doet.

Figuur 3 geeft een indruk van de uitgestrektheid van het gebied op loopniveau rond een hoog gebouw waarbinnen windsnelheden op loopniveau groter zijn dan



Figuur 3: Invloedsgebied van een enkel hoog gebouw met breedte  $W$  en hoogte  $H$  meter (Bottema 1993). De straal  $R$  geeft ongeveer het gebied rond de hoeken aan waarbinnen de windsnelheden op loopniveau minimaal 20% groter zijn dan in het open veld op loopniveau.

in het open veld. Uit de figuur blijkt voor een gebouw van 50 m hoog en 30 m breed dat men rekening moet houden met een vergroting van windsnelheden vanwege het gebouw in een gebied tot 40 m van de hoeken af. Afhankelijk van de omringende andere bebouwing kan het gebied of de intensiteit van een slecht windklimaat groter of kleiner zijn.

Het voorspellen van het windpatroon in de gebouwde omgeving, en daarmee of er beschutting danwel hinder zal optreden, is moeilijk. Dit komt door het ingewikkelde driedimensionale karakter van stromingen tussen en rond gebouwen en door de grilligheid van windsnelheden en windrichtingen, die met statistiek moeten worden beschreven.

## Toepassing van de norm in projecten

De norm wordt niet door het Bouwbesluit of andere nationale wetgeving aangewezen. De toepassing van de norm kan door gemeentes in hun regelgeving worden geregeld, maar ook door middel van private contracten tussen bouwpartijen. Hoe het onderzoek naar mogelijke windhinder tijdens de verschillende fases in het stedenbouwkundige en het bouwproces kan plaatsvinden en wat de rol van NEN 8100 daarin kan zijn, wordt in een informatieve bijlage van de norm geschetst. In iedere fase gaat het om een evenwicht tussen de nauwkeurigheid van de windhinderinschatting, die afhangt van de gedetailleerdheid van het plan, en de aanpasbaarheid van het plan om windhinder te beperken. De aanpasbaarheid neemt af naarmate men verder in de planontwikkeling is gevorderd. De bijlage in de norm geeft geen handvatten voor gevallen waar na realisatie windhinderklachten zijn ontstaan.

Wanneer de norm van toepassing in een project is, komen de volgende vragen aan de orde:

1. Is een windonderzoek naar windhinder en -gevaar noodzakelijk?
2. Op welke plekken (op loopniveau) in en rond het project is welke kwaliteit

van het windklimaat gewenst?

3. Welke methode van windonderzoek wordt toegepast?

4. Hoe kan het windklimaat verbeterd worden?

In de volgende vier paragrafen worden de vragen toegelicht.

## Beslisschema

Tabel 1 geeft het beslisschema volgens NEN 8100 voor de vraag weer, of onderzoek met windtunnelsimulatie of numerieke simulatie noodzakelijk is. In bepaalde gevallen moet volgens de norm een windhinderdeskundige de vraag beantwoorden.

De norm geeft aan wat « beschut » hier precies betekent. Deze is afhankelijk van de dichtheid, de gemiddelde hoogte en de onderlinge afstanden tussen gebouwen in een straal van 300 m tot het project. Een gebouw is namelijk beschut gelegen als aan de volgende drie voorwaarden voldaan wordt:

- de oppervlakte die obstakels als boomkruinen en gebouwen beslaan, bedraagt minimaal 20% van de totale oppervlakte binnen een straal van 300 m,
- het gebouw is niet hoger dan 1,5 maal de gemiddelde obstakelhoogte binnen een straal van 300 m,
- de afstand van het gebouw tot de obstakels bedraagt niet meer dan 10 maal de gemiddelde obstakelhoogte.

## Criteria voor windhinder en -gevaar

Bij de beoordeling van een project dient men eerst de plekken voor voetgangers in en rond (!) het project en de gewenste kwaliteit van het windklimaat per plek vast te stellen. Voor de kwaliteit met betrekking tot windhinder geeft de norm kwaliteitsklassen A tot en met E, zie tabel 2. Kwaliteitsklasse A betekent een « goed » windklimaat voor alle onderscheiden activiteitenklassen; klasse E betekent een « slecht » windklimaat voor alle activiteiten. De norm onderscheidt drie activiteitenklassen: I lopen (bijvoorbeeld over een parkeerterrein, op een trottoir, op straat), II slenteren (langs winkels ect.) en gebouwingangen, en III langdurig zitten (bijvoorbeeld op een balkon of op een bankje in een park).

Met betrekking tot windgevaar komt de norm eigenlijk slechts met de kwalificatie « acceptabel » en « onacceptabel » (gevaarlijk).

De kwaliteit van het windklimaat wordt uitgedrukt in overschrijdingskansen (tabel 2). De overschrijdingskans is het percentage van de tijd dat de windsnelheid op een plek op 1,75 m boven het loopvlak ( $v_{lok}$ ) groter is dan een zekere

Tabel 1: Beslisschema volgens NEN 8100 voor de vraag of onderzoek met windtunnelsimulatie of numerieke simulatie noodzakelijk is.

gebouwhoogte	beschutting	
	beschut	onbeschut
< 15 m	nee	vraag aan deskundige
15-30 m	vraag aan deskundige	vraag aan deskundige
> 30 m	ja	ja

Tabel 2: Criteria voor windhinder en windgevaar volgens NEN 8100.

a) <b>windhinder:</b> $v_{dr;h} = 5,0$ m/s				
overschrijdingskans $P(v_{lok} > v_{dr;h})$ in % van het aantal uren per jaar	kwaliteit	activiteitenklasse		
		I doorlopen	II slenteren	III lang. zitten
< 2,5	A	goed	goed	goed
2,5 – 5	B	goed	goed	matig
5 – 10	C	goed	matig	slecht
10 – 20	D	matig	slecht	slecht
> 20	E	slecht	slecht	slecht

b) <b>windgevaar:</b> $v_{dr;g} = 15$ m/s	
overschrijdingskans $P(v_{lok} > v_{dr;g})$ in % van het aantal uren per jaar	kwalificatie
$P \leq 0,05$	acceptabel
$0,05 < P < 0,30$	beperkt risico: acceptabel bij activiteitenklasse I onacceptabel bij II en III
$P \geq 0,30$	gevaarlijk

drempelwaarde ( $v_{dr}$ ). De overschrijdingskansen worden bepaald door middel van windtunnelsimulatie of numerieke simulatie en aan de hand van de database van NPR 6097 met de windstatistiek in Nederland.

De drempelwaarde voor windhinder is 5 m/s. Bij deze snelheid (vergelijkbaar met Beaufort 3 tot 4) beginnen haren, kleding, paraplu's te wapperen en stof en papieren weggeblazen te worden.

De drempelwaarde voor windgevaar is 15 m/s. Deze snelheid komt overeen met Beaufort 7 tot 8. Mensen worden bij deze windsnelheid uit hun evenwicht gehaald, kunnen niet recht lopen, en kunnen zelfs gaan vallen (figuur 1).

Opgemerkt moet worden dat de norm criteria stelt die op volwassenen zonder handicap gebaseerd zijn. Voor kinderen en bejaarden is het dus verstandig strenger dan de norm te zijn.

De norm geeft ook aan dat voor horeca-terrassen strengere criteria dan die voor activiteitenklasse III gehanteerd dienen te worden. Welke deze criteria moeten zijn, geeft de norm niet.

## Methoden van windonderzoek

In het algemeen onderscheidt men de volgende drie methoden van windonderzoek:

- methode van analyse, waarmee men aan de hand van parameterstudies en casestudies uit de vakliteratuur en aan de hand van ervaring en inzicht het windklimaat in een concreet project probeert te beredeneren;
- windtunnelsimulatie, die gebaseerd is op een traditie van meer dan 30 jaar;
- numerieke simulatie<sup>1</sup>, die gebaseerd is op een traditie van ongeveer 10 à

<sup>1</sup>Numerieke simulatie wordt uitgevoerd met speciale computerprogramma's waarin een veldmodel volgens de stromingsleer is uitgewerkt. Ze wordt ook wel cfd-berekeningen genoemd,



Figuur 4: Windtunnelsimulatie: de luchtstroom komt van achter de driehoekige elementen. Deze elementen en de blokjes op de tunnelvloer veroorzaken het gewenste profiel van de windsnelheid als functie van de hoogte. De maquette (vooraan in de foto) bevindt zich op een draaibare schijf waarmee de windrichting wordt bepaald. De verticale doorsnede van de tunnel is  $2,6 \times 2,4 \text{ m}^2$ . (Bron: Shimizu Corporation, Japan.)

15 jaar.

NEN 8100 beschouwt alleen de twee laatst genoemde methoden (figuren 4 en 5). Zij leveren kwantitatieve gegevens van het windklimaat in een concreet project waarmee echt aan de kwaliteitsklassen van de norm getoet kan worden. De norm schrijft voor waaraan beide methoden moeten voldoen. Niet iedere windtunnel en niet ieder computerprogramma voor cfd is geschikt voor windonderzoek!

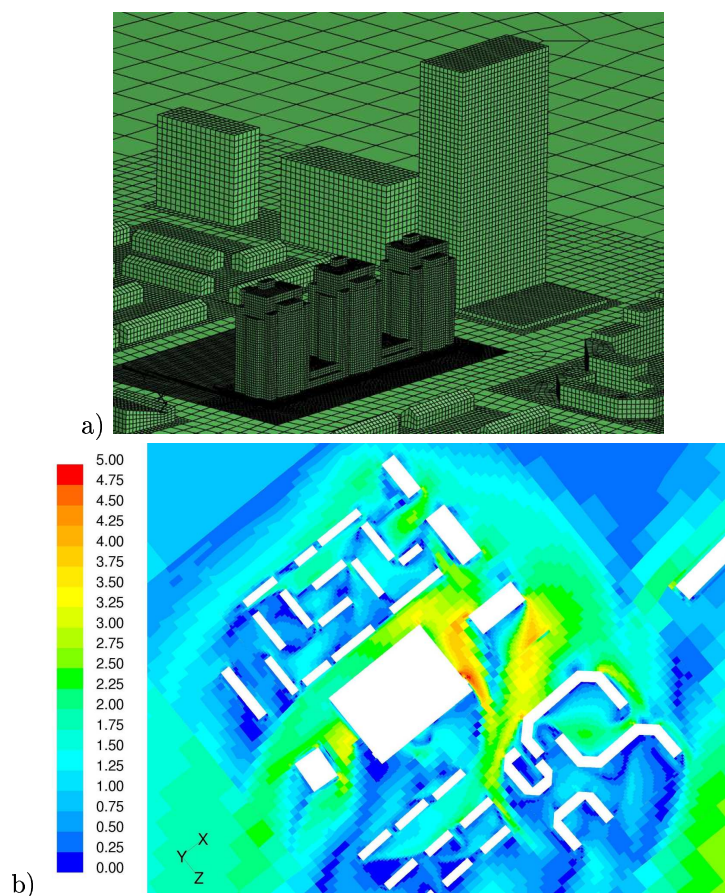
De methode van analyse wordt niet in de norm beschreven. Hoewel ze « maar » kwalitatieve gegevens levert waarvan de zekerheid niet altijd even groot is, kan ze erg bruikbaar zijn in voorstudies (bij verkennende studies of in een vroege ontwerpfase) en bij eenvoudige gevallen (die sterk overeenkomen met cases uit de ervaring of de vakliteratuur).

De keuze voor windtunnelsimulatie danwel numerieke simulatie wordt meestal op grond van de volgende twee overwegingen gemaakt:

- benodigde gegevens. Numerieke simulaties leveren meteen gesimuleerde snelheden in zeer veel punten van het hele volume rond de gemodelleerde gebouwen op. Deze gedetailleerdheid kan meer inzicht geven over het hoe en waarom, en dus op de te treffen maatregelen.
- aantal varianten. In een windtunnel zijn resultaten van één variant na een half uur beschikbaar, terwijl een numerieke simulatie al gauw enkele dagen rekentijd vraagt. In een windtunnel kan men dus bijna interactief

---

naar de Engelse term voor numerieke stromingsleer: *computational fluid dynamics*.



Figuur 5: Numerieke simulatie: (a) model van de geometrie van een project in Rijswijk en (b) windsnelheden in een vlak op 1,75 m boven straatniveau bij noordenwind (berekeningen door Flowmotion in opdracht van Adviesburo Nieman).

verschillende maatregelen door eenvoudige aanpassingen aan de maquette uitproberen.

Voor beide methoden gelden de volgende aandachtspunten:

- complexiteit van gebouwvormen en -configuraties. Tot 300 m vanaf het gebouw in kwestie dienen andere gebouwen en obstakels expliciet in een maquette of numeriek model opgenomen te worden. Er dient altijd vereenvoudigd te worden, bijvoorbeeld afhankelijk van de schaal van de maquette c.q. de computercapaciteit.
- tijd. Voor beide methoden geldt dat voorbereiding, te weten het maken van de maquette c.q. het numerieke model, veel tijd kost. De run, waarbij de gegevens over de windkwaliteit beschikbaar komen, duurt bij windtunnelsimulatie kort, zoals boven gezegd. Echter een windtunnel moet geboekt worden.
- kosten. Als één variant beoordeeld moet worden, zijn beide methoden vaak even duur.

De norm geeft per methode concrete eisen en verwijst naar internationale vakliteratuur voor de goede toepassing van de methoden. Verder geeft de norm aan welke informatie minimaal over een project gerapporteerd moet worden. Tenslotte verlangt de norm dat ieder laboratorium iedere vijf jaar een rapport in het Engels openbaar maakt waarin de toegepaste methoden worden beschreven en internationaal vergeleken, inclusief calibratie en kennisniveau van het personeel.

## Vermindering van windhinder en -gevaar

De volgende oplossingen om windhinder en windgevaar voor voetgangers te beperken worden vaak toegepast:

- a. de hoogte van een nieuw gebouw aanpassen aan de gemiddelde hoogte van de bestaande omringende gebouwen;
- b. in plaats van open verkavelingen: binnenhoven, omsloten pleinen en straten met een breedte gelijk aan de (gemiddelde) gebouwhoogte;
- c. podiumbouw, dat wil zeggen een breed blok van één of enkele lagen onder een smaller hoogbouw;
- d. vermijden van onderdoorgangen, of deze voorzien van schermen of luifels;
- e. luifels en overstekken op straatniveau. Bomen kunnen soms dezelfde functie vervullen;
- f. verticale schermen, al dan niet permeabel, hagen;
- g. verplaatsing van windgevoelige activiteiten (zoals gebouwvingangen en speeltuinen) naar minder winderige plekken;
- h. ontoegankelijk maken van winderige plekken voor voetgangers, bijvoorbeeld door middel van een vijver of struiken.

Een goede keuze en afstemming van gebouwvolumes (bijvoorbeeld volgens punten a–d) leveren het grootste effect op. Maar niet altijd zijn voordelige configuraties toepasbaar en zullen maatregelen op detailniveau (d–f) een verbetering moeten leveren of zijn oplossingen als g en h echt noodzakelijk.

Het effect van maatregelen kan bij de methode van analyse (zie de vorige paragraaf) meestal slechts in termen van «beter» of «slechter» ingeschat worden. SBR 65 en SBR 90 geven daartoe handvatten. Voor kwantitatieve voorspellingen en beoordelingen van de eventuele verbetering door een maatregel dient men windtunnelsimulaties of numerieke simulaties volgens NEN 8100 toe te passen.

## Conclusie

Rond hogere gebouwen is er het risico op windhinder en windgevaar voor voetgangers. NEN 8100 biedt duidelijkheid en uniformiteit over de criteria en bepalingsmethoden. Het creëren van een goed windklimaat voor voetgangers wordt bereikt door een goede toepassing van de norm en zeker ook door verder te kijken dan de technische inhoud van de norm. Zo is het belangrijk om bij de aanvang van een bouwproject eerst de gewenste kwaliteit van het windklimaat in en rond het project vast te stellen. De meest effectieve vermindering van de kans op windhinder en windgevaar op loopniveaus ligt in de keuze van gebouwvolumes en -configuraties. Dergelijke keuzen worden vroeg in het bouwproces genomen. Niet altijd is een kwantitatieve bepaling met windtunnelsimulatie of numerieke simulatie nodig of zinnig. De methode van analyse, die niet in NEN



8100 beschreven wordt, kan een nuttige rol bij voorstudies hebben.

## Literatuurverwijzingen

W.J. Beranek & H. van Koten (rapporteurs) (1979). *SBR 65 — Beperken van windhinder om gebouwen (deel 1)* en afzonderlijke fotobijlage. Deventer: Kluwer Technische Boeken, Stichting Bouwresearch.

W.J. Beranek (rapporteur) (1982). *SBR 90 — Beperken van windhinder om gebouwen (deel 2)* en afzonderlijke fotobijlage. Deventer: Kluwer Technische Boeken, Stichting Bouwresearch.

M. Bottema (1993). *Wind climate and urban geometry*. Proefschrift, Technische Universiteit Eindhoven.

J. Gandemer (1975). *Wind environment around buildings: aerodynamic concepts*. In: Proceedings 4th International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, Heathrow, 8–12 september 1975.

J. Gandemer & A. Guyot (1981). *La protection contre le vent: aérodynamique des brise-vent et conseils pratiques*. Paris: Centre Scientifique et Technologique du Bâtiment.

NEN 8100 (2006). *Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving*. Delft: Nederlands Normalisatie-Instituut.

NPR 6097 (2006). *Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland*. Delft: Nederlands Normalisatie-Instituut.