BOUW*F*YSICA
NEDERLANDS VLAAMSE BOUWFYSICA VERENIGING

Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen

Versie 2.30

Juni 2018

Uitgegeven door de Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging

BOUWFYSICA
NEDERLANDS VLAAMSE BOUWFYSICA VERENIGING

Met dank aan het Rijksvastgoedbedrijf

Rijksvastgoedbedrijf
Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

Contact: handboek@nvbv.org

Website: www.nvbv.org

Voorwoord

Dit handboek bevat bouwfysische kwaliteitseisen voor gebouwen. Het is echter niet bedoeld om te worden gebruikt als Programma van Eisen. Het programma van eisen wordt voor een specifiek project, of generiek, opgesteld door een opdrachtgever. Het doel van dit handboek is om hiervoor onderbouwing te geven. Welke eisen kun je stellen? Wat is het doel en het beoogde effect? Wat is de achtergrond/onderbouwing? Op deze vragen wil het Handboek antwoorden geven. Versie 1 van het handboek is geschreven voor kantoorgebouwen. Een dergelijk gebouw kent meerdere gebruiksfuncties. Door het aantal functies uit te breiden, bijvoorbeeld voor leslokalen, sportruimte, e.d., is het Handboek ook bruikbaar voor andere typen gebouwen. De naam is daarom gewijzigd van Handboek Bouwfysische Kwaliteit Kantoren in Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen. Het aantal gebruiksfuncties zal in de loop der tijd verder worden uitgebreid.

Het Handboek geeft niet alleen de ‘beste’ kwaliteitseisen, maar de keuze om de eisen zo vast te stellen dat een verantwoorde Bouwfysische Kwaliteit ontstaat voor het gevraagde doel en bij de beschikbare middelen.

De basis voor dit handboek werd gevormd door publicatie “Wettelijke Eisen en Richtlijnen voor Rijksgebouwen Bouwfysica ” (WERRB). Dit handboek is een uitbreiding en actualisatie die stoelt op de kennis en ervaring van een groot aantal experts van de onderstaande bureaus. Deze vak-experts hebben -belangeloos- deelgenomen in werkgroepen en de klankbordgroep. Tevens hebben diverse leden opgetreden als auteur voor tekstdelen.
Het Rijksvastgoedbedrijf (voorheen Rijksgebouwendienst) heeft door een financiële bijdrage -naast de vakinhoudelijke inbreng- de organisatorische en redactionele werkzaamheden mogelijk gemaakt.

Voor de eerste versie van het handboek (juni 2011) is de eindredactie in opdracht van de NVBV uitgevoerd door ZRI, voor de tweede versie (mei 2016) waren dat Herman Eijdems (P2P-consult) en Jan Geerts (BCD Advies). Voor de updates (januari 2017 en juni 2018) zijn dat Kees van der Linden (AaCee Bouwen en Milieu) en Jan Geerts.
In deze updates is het commentaar van de bureaus op versie 2 verwerkt. Naast een aantal kleinere zaken betreft dit vooral de paragrafen over Luchtdoorlatendheid van de gebouwschil en Thermische behaaglijkheid die zijn aangepast op nieuwe normen en publicaties.

NVBV, juni 2018
Kees (ir. A.C.) van der Linden

Nieman
Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

DPA | CAUBERG-HUYGEN
RAADGEVENDE INGENIEURS

DHV

dGmR

LBP|SIGHT

PEUTZ

M+P

BCD
ADVIES

moBius consult

ZRi adviseurs ingenieurs

Gebruik van het handboek

De Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging stelt dit Handboek vrij ter beschikking in het belang van de bouwfysische vakuitoefening. De inhoud is hiertoe met zorg samengesteld. De initiatiefnemers en de bureaus die meegewerkt hebben zijn ervan overtuigd dat met dit handboek onderbouwde en onderschreven bouwfysische kwaliteitsniveaus zijn gedefinieerd. Gebruik van eisen en richtlijnen dient echter te gebeuren met verstand van zaken.
De vereniging aanvaardt op geen enkele wijze verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor het gebruik van de inhoud van dit document of voor mogelijke schades of klachten die het gevolg zijn van of op enige wijze samenhangen met het gebruik van dit Handboek.

Voor vragen, opmerkingen, aanvullingen is er het e-mailadres handboek@nvbv.org.

Inhoud

Voorwoord 2

Gebruik van het handboek 4

Inhoud 5

Inleiding 8

1 Bouwprocesmanagement 10

1.1 Waarom een Programma van Eisen? 11

1.2 Concepten als bouwstenen 14

1.3 Communicatie 15

1.4 Risicomanagement 16

1.5 De praktijk 16

1.6 Bijlage, beschrijving van taken 18

2 Duurzaamheid 19

2.1 Duurzame ontwikkeling 19

2.2 Energie 20

2.2.1 Beperk de vraag naar energie 21

2.2.2 Gebruik duurzame energiebronnen 22

2.2.3 Energieprestatie 23

2.3 Materiaalgebruik 25

2.3.1 Schaduwprijs 25

2.3.2 Toepassen van lage emissie bouwmaterialen 27

2.4 Waterberging 28

2.5 Arbeidsomstandigheden tijdens bouw 30

2.6 Definities 30

2.7 Relevante normen en documenten 30

3 Stedenbouwfysisch comfort 32

3.1 Windhinder 32

3.2 Windgevaar 34

3.3 Bezonning en beschaduwing 34

3.4 Reflectie van (zon-) licht op de gevels van een gebouw 35

3.5 Buitenluchtkwaliteit 36

3.6 Geluidsbelasting 38

3.7 Definities 38

3.8 Relevante normen en documenten 38

4 Gebouwschil en constructie 39

4.1 Hygrische kwaliteit – inwendige condensatie 39

4.2 Waterdichtheid 41

4.3 Thermische isolatie van niet-transparant geveldelen 42

4.4 Thermische isolatie van transparant geveldelen 43

4.5 Thermische bruggen 43

4.6 Luchtdoorlatendheid 45

4.6.1 Luchtdoorlatendheid van een gebouw als geheel, Bouwbesluit en EPC 45

4.6.2 Luchtdoorlatendheid van de gevel 46

4.6.3 Eisen voor ramen, deuren, vliesgevels en andere gesloten gevels 50

4.7 Geluidswering 54

4.8 Brandwerendheid 55

4.9 Definities 55

4.10 Relevante normen en documenten 56

5 Visueel comfort 57

5.1 Daglichttoetreding 57

5.2 Uitzicht 58

5.3 Kunstlicht 59

5.4 Luminantieverdeling, zon- en helderheidswering 60

5.5 Definities 61

5.6 Relevante normen en documenten 61

6 Thermisch comfort 62

6.1 Thermisch Binnenklimaat 62

6.2 Binnenmilieu-eisen 62

6.2.1 Operatieve temperatuur 63

6.2.2 Beoordeling binnentemperatuur volgens ISSO 74 (2014) 64

6.2.3 Individuele temperatuurregeling 69

6.2.4 Temperatuurgradiënt 69

6.2.5 Vloertemperatuur 70

6.2.6 Stralingsasymmetrie 71

6.2.7 Luchtsnelheid 72

6.2.8 Luchtvochtigheid 73

6.3 Overige eisen 73

6.4 Definities 74

6.5 Relevante normen en documenten 75

7 Akoestisch comfort 76

7.1 Samenhang geluidsaspecten 76

7.2 Geluidsisolatie tussen besloten ruimten 77

7.3 Geluidsafname open werkplekken 79

7.4 Ruimteakoestiek 81

7.5 Richtlijnen overige akoestische aspecten 82

7.5.1 Achtergrondgeluidniveau van buitengeluid en installaties 82

7.5.2 Toeslag tonaal geluid 82

7.5.3 Geluidproductie ten gevolge van weersinvloeden 83

7.5.4 Geluidemissie niet inpandige installaties 83

7.5.5 Trillingen en bouwlawaai 83

7.6 Definities 84

7.7 Relevante normen en documenten 84

8 Binnenluchtkwaliteit 85

8.1 Basiseisen t.b.v. het handboek 85

8.2 Voorkomen van vervuiling- en verontreinigingsbronnen 87

8.2.1 Vaak voorkomende oorzaken te beperken 87

8.2.2 Toepassen van emissiearme materialen 87

8.2.3 Aparte ruimten voor vervuilende apparaten of processen 88

8.2.4 Goede ventilatievoorzieningen 88

8.3 Adequate verse luchttoevoer 90

8.4 Individuele beïnvloeding van luchtkwaliteit 91

8.5 Borging van prestaties 93

8.6 Definities 94

8.7 Relevante normen en documenten 94

Inleiding

Tijdens de Kennisdag Bouwfysica in 2009 werd de behoefte geuit aan een actueel document met wettelijke eisen en bovenwettelijke richtlijnen voor de Bouwfysische Kwaliteit van Gebouwen.

De Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging (NVBV) heeft als reactie daarop toonaangevende bouwfysische bureaus uitgenodigd te participeren in werkgroepen en een klankbordgroep, die dit Handboek bouwfysische kwaliteit Gebouwen (Handboek BKG) heeft opgesteld. Aanvullend op de inbreng van de diverse bureaus is financiële ondersteuning gegeven door de NVBV en de Rijksgebouwendienst Rgd), nu Rijksvastgoedbedrijf (RVB).

Aan de opstellers van programma's van eisen en aan ontwerpers wordt gevraagd om na te denken over een gewenst kwaliteitsniveau. Bij veel onderwerpen worden verschillende kwaliteitsniveaus gepresenteerd waaruit een keus moet worden gemaakt. Er is veel aandacht voor een gezond, productief en comfortabel binnenmilieu. Indien een opdrachtgever deze onderwerpen van belang vindt voor zijn huisvesting, biedt het Handboek BKG vergaande eisen om een hoog kwaliteitsniveau te kunnen vragen. De bouwfysische kwaliteit is integraal benaderd, zoals bijvoorbeeld voor de gebouwschil waarin diverse bouwfysische kwaliteiten samenkomen.

Een goede inbreng van het vakgebied Bouwfysica is van belang voor het realiseren van gebouwen:

- die tevreden gebruikers kennen.
- waarin het werkproces optimaal kan worden uitgevoerd.
- die energiezuinig zijn.
- die kosteneffectief zijn.

Onderzoek van DWA in 20 gerealiseerde gebouwen geeft aan dat een goed binnenmilieu en energiezuinigheid niet vanzelfsprekend samengaan. Citaat: "Om een integraal ontwerpproces te stimuleren moet de bouwfysisch adviseur een veel belangrijkere rol spelen: juist via de bouwfysica worden alle ontwerpdisciplines aan elkaar gekoppeld."

Relatie Bouwfysica met andere vakgebieden

Dit handboek start met een beknopte inleiding over praktisch bouwprocesmanagement om een context te schetsen waarbinnen de bouwfysicus optimaal presteert en dus rendeert. Deze inleiding beoogt niet volledig te zijn ten aanzien van bouwprocesmanagement, maar met name de plaats van Bouwfysica daarin aan te geven. Voor eenvoudige processen kan deze beschrijving op zich volstaan. Voor een aantal complexere situaties zou dit gezien kunnen worden als bouwsteen voor de integrale processturing.

Gezien vanuit de gebruiker is het voldoende om de eisen rondom de huisvestingsbehoefte te formuleren. Dit is echter niet praktisch voor ontwerptrajecten. Naast een gezond en comfortabel binnenmilieu geeft dit handboek daarom ook (beperkt) richtlijnen en eisen aan energiezuinig en duurzaam bouwen. Bij deze onderwerpen gaat het er niet om ze in de breedte te behandelen, maar de raakvlakken/inbreng van Bouwfysica op het thema te omschrijven.

Ten aanzien van brandveiligheid is een soortgelijke afweging gemaakt. De grootste waarde van het handboek zit hem in het aanreiken van bovenwettelijke eisen. Bij brandveiligheid komen deze maar beperkt voor. Daar waar brandveiligheid direct raakt aan bouwfysische afwegingen is het opgenomen. Voor andere aspecten wordt verwezen naar specifieke documenten over brandveilig ontwerpen en bouwen.

In dit handboek is een eerste aanzet gemaakt naar het rangschikken van de eisen aan de omgevingsfactoren, eisen aan de gebouwschil en tenslotte aan de ruimten.

Kwaliteitsniveaus

Daar waar mogelijk zijn kwaliteitsniveaus gedefinieerd. In overleg met de opdrachtgever dient een bepaald niveau gekozen te worden. De kwaliteitsniveaus zijn als volgt gedefinieerd:

- Basis; daar waar het Bouwbesluitniveau volstaat.
- Goed; de gewenste huidige standaard.
- Uitstekend; daar waar extra eisen gewenst of nodig zijn.

Redenen om een bepaalde klasse te kiezen kunnen bijvoorbeeld zijn:

- de belastbaarheid van specifieke eindgebruikers (bijvoorbeeld gebruikers met astma).
- de gewenste luxe (representatieve ruimtes).

De prestatieniveaus zijn niet in alle gevallen in deze drie kwaliteitsniveaus aangeduid, omdat er tabellen met andere aanduidingen van kwaliteitsniveaus uit de literatuur/normen overgenomen zijn.

Aan dez kwaliteitsniveaus zijn kosten verbonden. Het is dan ook nodig om in elke fase van het ontwerpproces de kosten te ramen of te begroten om na te gaan of binnen het budget wordt ontworpen.

De keuze voor een kwaliteitsniveau hoeft niet voor het hele gebouw op hetzelfde niveau (basis, goed, uitstekend) gesteld te worden. Differentiatie naar aspect en/of per deel van het gebouw is zelfs aan te bevelen.

Opbouw handboek

Per bouwfysisch aspect is onderstaande indeling gehanteerd ten behoeve van een snelle herkenning:

Functionele eis of reden van de eis

Beschrijving van het onderwerp

Prestatieniveaus:

Bepalingsmethode:

Aanvulling(en):

Geeft nadere informatie, voorbeelden, definities enz.

1 Bouwprocesmanagement

Het Handboek bouwfysische kwaliteit is een belangrijk onderdeel voor het totale programma van eisen (PvE) en bedoeld om de verwachtingen van opdrachtgever, beheerder en gebruiker vast te leggen.

Het managen van een ontwerp- en uitvoeringsproces van een bouwwerk van enige omvang is zeer complex. Ondanks goede bedoelingen worden de impliciete en expliciete verwachtingen vaak niet volledig waargemaakt. De belangrijkste teleurstellingen zijn:

- Kostenoverschrijdingen in het ontwerp- en uitvoeringstraject,
- Energielasten en onderhoudskosten blijken tijdens de exploitatie tegen te vallen,
- Gebruikers zijn ontevreden over het binnenklimaat.

Vooral dit laatste aspect wordt onderschat. De relatie tussen binnenmilieu en arbeidsproductiviteit wordt vaak wel vermoed, maar er wordt niet altijd naar gehandeld. De arbeidsproductiviteit neemt tussen ca. 6 en 14 % toe als het binnenmilieu zorgvuldig wordt ontworpen en gerealiseerd. De extra investeringen die deze kwaliteitsslag vraagt worden ruimschoots goedgemaakt door deze hogere productiviteit (en tevredenheid) van de medewerkers. Het vroegtijdig inschakelen van een bouwfysisch ingenieur verdient zich terug.

Het Handboek bouwfysische kwaliteit gebouwen is een belangrijk onderdeel voor het totale programma van eisen en bedoeld om de verwachtingen van opdrachtgever, beheerder en gebruiker waar te maken. De auteurs van dit handboek hebben gemeend een kader te schetsen waarbinnen dit handboek optimaal kan functioneren. In dit handboek zijn bij een aantal onderwerpen diverse kwaliteitscriteria geformuleerd. Opgemerkt dient te dat een gebouw niet op alle aspecten in de klasse “uitstekend” hoeft te vallen om toch een hoogwaardig bouwfysisch binnenklimaat te realiseren.

Achtereenvolgens komen in dit hoofdstuk de volgende onderwerpen aan bod:

- de doelstellingen van een totaal PvE.
- de noodzaak van zorgvuldige communicatie.
- het belang van risicomanagement.

Aanvulling(en):

Opmerking: Er zijn diverse onderzoeken verricht naar de verbetering van de productiviteit door een goed binnenklimaat.

Binnenmilieuaspect(1)	Greencalc	Senter-novem	TNO	Boerstra	TVVL
Adequate daglichttoetreding en verlichting	0,5 – 2%	7,0%	-	2-3%	-
Laag emissie interieurmateriaal	0,5 – 1%	2,5%	-	1-7%	-
Te openen ramen	0 – 0,5%	2,0%	-	-	-
Cellenkantoren in plaats van groepskantoren	0,7%	5,0%	2-4 %	2-4%	-
Combinatiekantoor in plaats van cellenkantoor	-	-	-	-	-
Individuele beïnvloeding installaties	1-2,5%	4,0%	2-3%	3-9%	2-3%
Voorkomen van geluidhinder	2,5%	2,5%	-	3-9%	4-4,5%
Juiste operatieve temperatuur	0,5-1,5%	-	-	3-7%	7%
Voldoende verse luchttoevoer	0,5 -1,5%	1,5%	-	1-2%	1-2%
Vermijden (onzorgvuldige toepassing) warmtewielen 1)	0,2%	2,5%	3-7%	-	-
Verontreinigende apparatuur in aparte ruimte	0-1%	4,5%	3-7%	-	-

Vermijden van recirculatie	0-0,5%	2,5%	3-7%	-	-
Adequaat onderhoud ventilatiesysteem en LBK's	0-0,5%	3,0%	-	-	-

Tabel 1: Een literatuurvergelijking van verbetering van de productiviteit door diverse maatregelen.

Bron: Productiviteit in Rijkskantoren. Een onderzoek naar de optimalisatie van de productiviteit en duurzaamheid van rijkskantoren, 2011. Uitgevoerd in opdracht van de Rijksgebouwendienst Den Haag.

(1) Er zijn reacties gekomen over de negatieve beoordeling in de tabel van warmtewielen. Het handboek is niet de bron voor deze getallen, maar heeft slechts waarden overgenomen uit de literatuur. De sectie klimaattechniek van het Rijksvastgoedbedrijf geeft de volgende nuancering:

Bij Klimaattechniek passen wij al jaren warmtewielen toe vanwege de voordelen t.o.v. andere warmteterugwinsystemen. Daarbij hebben we wel altijd geëist dat warmtewielen op de juiste wijze werden toegepast. Dat betekent dat afvoer- en toevoerventilatoren aan de juiste kant zitten, dat er een spoelsectie in het warmtewiel zit en dat de drukverhoudingen zodanig zijn dat er nooit lekkage naar binnen ontstaat, zodat ook geringe recirculatie is uitgesloten. Bij het feit dat warmtewielen gelijk worden gewaardeerd als recirculatie zetten wij dan ook grote vraagtekens.

1.1 Waarom een Programma van Eisen?

Het Programma van Eisen (PvE) is het vastleggen van het denkwerk vooraf en is bedoeld als sturingsinstrument van het ontwerp- en uitvoeringsproces. De verwachtingen van opdrachtgever, beheerder en gebruiker zijn daarin vastgelegd.

In verschillende spreekwoorden en gezegden wordt het belang van ‘eerst nadenken en dan doen’ benadrukt.

In een PvE worden resultaten uit de initiatieffase vastgelegd. Deze fase start meestal met de behoeften en ambities van de opdrachtgever. Soms is een analyse van de visie, missie en het bedrijfsproces van een opdrachtgever daarbij een handig hulpmiddel. In de initiatieffase worden de wensen en ambities van de opdrachtgever onderzocht in haalbaarheidsstudies. De technische, organisatorische en vooral financiële haalbaarheid zijn daarbij van wezenlijk belang. Het PvE legt de resultaten en keuzes uit de initiatieffase vast en is bedoeld als sturingsinstrument van het ontwerp- en uitvoeringsproces. De Stichting Bouwresearch (SBR) heeft diverse publicaties uitgebracht over dit onderwerp. Uit deze publicaties zijn de belangrijkste aanbevelingen overgenomen. Het PvE dient voorafgaand aan het ontwerpproces te worden opgesteld (Figuur 1).

Figuur 1: Fasen in het bouwproces.

Figuur 2 : PvE voor het gehele gebouw is basis voor een goed ontwerp.

Het PvE dient per fase van het ontwerpproces te worden aangevuld, er wordt dus gewerkt van grof naar fijn (zie Figuur 2). Per fase wordt getoetst of het ontwerp nog steeds voldoet aan dit PvE.

Uiteindelijk is het PvE de basis voor zorgvuldig uitgewerkte tekeningen en een compleet bestek als onderdeel van het bouwcontract. Ook dient het 'grove' PvE als startdocument voor de adviseurs (architect, constructeur, bouwfysicus, installatieadviseur).

De afgelopen jaren zijn er veel ontwikkelingen geweest rond het formuleren van een PvE. Er wordt gewerkt met verschillende contract- en werkvormen (zoals bouwteams, publiek-private samenwerking, e.d.) en met variërende scope (Design & Build, DBFMO, Esco, e.d.). Het doel hierbij is de verantwoordelijkheid voor een goede huisvestingskwaliteit zoveel mogelijk bij één partij te leggen. Deze partij krijgt bij voorkeur maximale vrijheid om een -voor deze uitvoerder- optimaal proces te volgen en levert daarvoor in ruil eindprestaties die maximaal tegemoetkomen aan de behoefte van de opdrachtgever.

Het PvE voor een volledig bouwproject bevat ten minste de volgende onderwerpen:

- Functionaliteit.
- Beeldverwachting.
- Budget.
- Constructief.
- Bouwfysica.
- Bouwtechniek en bouwproces.
- Beheer en onderhoud.
- Bouwregelgeving.
- Duurzaam bouwen

Uitwerking van de begrippen waarvoor ten minste een prestatieniveau dient te worden vastgelegd:

- **Functionaliteit**: Wat wil de opdrachtgever met het gebouw? In eerste instantie de benodigde vierkante meters, hoogten en de functies. Daarnaast spelen vragen als: Hoe flexibel moet een gebouw zijn, moeten functiewijzigingen mogelijk zijn, moet het in onderdelen te verhuren/exploiteren zijn.
- **Beeldverwachting**: Wat dient de esthetische uitstraling te zijn? Dit kan zeer veel consequenties hebben. Moet het gebouw een duurzame uitstraling krijgen of juist hightech of tijdloos? Het is verstandig deze gewenste beeldverwachting te visualiseren.
- **Budget**: Belangrijk is het beschikbare budget vast te leggen, zowel voor het voortraject als het bouw- en inrichtingsbudget.
- **Constructief**: Ook de constructeur heeft voor een goed constructief ontwerp uitgangspunten nodig. Welke belastingen moeten de vloeren kunnen dragen, moet er vrij overspannen worden of

mogen er kolommen geplaatst worden. Moet het gebouw licht ontworpen worden of demontabel? Allemaal vragen die besproken en beantwoord moeten worden.

- **Bouwfysica**: In het bouwfysisch PvE wordt het gewenste binnenklimaat gedefinieerd. De eisen worden in controleerbare grootheden vastgelegd. Denk aan de akoestische kwaliteit, behaaglijkheid, licht, enzovoorts. In dit handboek bouwfysische kwaliteit zijn deze kwaliteiten beschreven. Behalve het binnenklimaat geeft bouwfysica de minimumkwaliteit van constructies (details) op de aspecten thermische isolatie/massa, vocht- en luchtdichtheid, licht- en zonwering en geluidwering.
- **Bouwtechniek en bouwproces**: Het werken in een binnenstedelijk gebied vraagt andere uitgangspunten dan bouwen in een uitbreidingsgebied. De uitgangspunten dienen vastgelegd te worden.
- **Beheer en onderhoud**: Welke eisen of wensen heeft de toekomstige gebruiker eisen of wensen met betrekking tot beheer en onderhoud. In een benadering op basis van Life Cycle Costs (LCC) kunnen deze aspecten ook financieel worden gewaardeerd.
- **Bouwregelgeving**: Welke regelgeving is van belang voor het project. De Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) vraagt om vergunningenmanagement om een succesvolle bouwaanvraag te realiseren.
- **Duurzaam bouwen**: Wat zijn de ambities op het gebied van duurzaam bouwen. Wanneer de opdrachtgever een bepaald keurmerk wil realiseren, zal dat moeten passen binnen het budget.

In dit Handboek bouwfysische kwaliteit wordt brandveiligheid niet volledig behandeld. Het is natuurlijk van groot belang om in het totale PvE aanzetten op te nemen over hoe de brandveiligheid dient te worden gerealiseerd. Met name als een opdrachtgever (of verzekeraar) aanvullende eisen heeft die de wettelijke eisen te boven gaan. De wet is vooral gericht op het beperken van slachtoffers en omgevingsschade. De opdrachtgever kan in aanvullende eisen bijvoorbeeld de schade aan zijn bezit beperken of de schade van bedrijfsverstoring. Veel bedrijven komen bij een brand in financiële problemen.

Alle aandachtsgebieden dienen op elkaar te worden afgestemd (integraal ontwerpen). De betreffende onderwerpen zijn aan elkaar gerelateerd (zie Figuur 3). Een PvE moet compleet zijn ingericht, maar dat is niet het doel van het handboek, dat gaat alleen over de bouwfysische aspecten.

Figuur 3 : Bouwstenen voor een goed project.

Bij de totstandkoming van een doordacht PvE is het van belang dat de opdrachtgever keuzes worden voorgelegd. Niet per definitie uitgaan van het Bouwbesluitniveau, maar bereikbare extra kwaliteit bespreken. Denk bijvoorbeeld na over de gewenste geluidwering. In dit handboek bouwfysische kwaliteit zijn daarom steeds kwaliteitsklassen benoemd.

De keuze voor een hoger kwaliteitsniveau heeft veelal consequenties voor de bouwkosten. Opgemerkt wordt dat de standaard kengetallen voor de bouwkosten (en eventuele hiermee

samenhangende vergoedingen) veelal zijn gebaseerd op de realisatie van het wettelijk minimum. Ook kan de keuze voor een hoger kwaliteitsniveau voor een bepaald ontwerpaspect consequenties hebben op het kwaliteitsniveau van een ander ontwerpaspect. Zo kan bijvoorbeeld het nastreven van een hoger kwaliteitsniveau op het ontwerpaspect 'daglichttoetreding' consequenties hebben op het kwaliteitsniveau van het aspect 'energie'. Verder dient te worden gerealiseerd dat een keuze voor de realisatie van een hoger kwaliteitsniveau voor alle ontwerpaspecten niet per definitie behoeft te resulteren in betere integrale kwaliteit.

Het totale PvE is zoals gezegd een sturingsinstrument. Als afsluiting van elke ontwerpfase (zie Figuur 1) dient steeds weer nagegaan te worden of het PvE is gerealiseerd c.q. dat er geen belemmeringen zijn om het gewenste kwaliteitsniveau te realiseren.

Het totale PvE dient compleet te zijn ingericht (zie voorgaande opsomming voor onderwerpen die ten minste aan bod dienen te komen). Betrek de opdrachtgever daarbij door deze bewust te laten kiezen voor kwaliteitsniveaus. Dan is er sprake van betrokkenheid! In dit handboek bouwfysische kwaliteit zijn steeds realistische kwaliteitsniveaus gepresenteerd. Bij elk kwaliteitsniveau horen kosten, deze blijven echter beperkt wanneer vanaf de allereerste fase (dus vastgelegd in het PvE) duidelijk is wat de opdrachtgever verwacht. Definieer daarom de eisen SMART (specifiek, meetbaar, acceptabel, realistisch en tijdgebonden). Vooral duurzaamheid eisen (bijvoorbeeld een gewenste BREEAM-classificatie) dienen zorgvuldig geformuleerd te worden om teleurstellingen te voorkomen.

Per fase dient door de bouwprocesmanager een beslisdocument aan de opdrachtgever te worden voorgelegd. Het beslisdocument geeft aan of alle onderdelen van het PvE ook daadwerkelijk (integraal) zijn gerealiseerd. De opdrachtgever kan dan zien of aan de verwachtingen wordt voldaan en of de werkzaamheden binnen het budget passen. In het beslisdocument worden daarnaast de risico's genoemd en de bijbehorende beheersmaatregelen. Per fase dient getoetst te worden of er aan de bouwregelgeving wordt voldaan. Door deze aanpak worden 'bezuinigingsronden' voorkomen. 'Bezuinigingsronden' zijn nooit voorzien tijdens de offertefase en worden daarom ook niet meegenomen in de budgetten voor adviseurs. In één keer goed ontwerpen leidt tot een optimaal eindresultaat.

1.2 Concepten als bouwstenen

Brandveiligheid en installaties hebben een relatie met veel andere eisen. Reden om de eisen ten aanzien van brandveiligheid en installaties te bundelen tot concepten.

Het totale PvE is de basis voor het opstellen van het brandveiligheidsconcept, het energieconcept en het uitvoeringsconcept (en zo nodig andere concepten, zoals beveiliging 'het nieuwe werken', e.d.).. Het opstellen van deze concepten vindt plaats tijdens het creatieve proces (zie Figuur 4). Het creatieve proces is een proces waarbij de adviseurs nauw samenwerken om tot een optimaal resultaat te komen. Dit vraagt om 'ontwerpende', dus creatieve ingenieurs die zich gezamenlijk verantwoordelijk voelen voor het eindresultaat.

Figuur 4 : Een PvE is noodzakelijk voor een goed proces dat deel uitmaakt van het totale creatieve proces, waarbinnen tevens functionele, logistieke en andere processen spelen.

Hieronder worden de in Figuur 4 genoemde concepten verduidelijkt:

- **Brandveiligheidsconcept**: Vanaf het allereerste begin dient nagedacht te worden compartimentering, signalering en vluchtroutes. Betrek een specialist Fire Safety Engineering in het ontwerpteam.
- **Energieconcept**: Op basis van het PvE dienen door de bouwfysisch adviseur energieconcepten te worden opgesteld. Het moet duidelijk zijn voor de opdrachtgever wat de voor- en nadelen van elk concept zijn. Op basis van een multicriteria-analyse (MCA) kan dan een bewuste keuze worden gemaakt. De opsteller van de energieconcepten dient zoveel praktische kennis te bezitten dat het gekozen energieconcept ook daadwerkelijk door de installatieadviseur uitgewerkt kan worden in een aantal installatieconcepten. Ook de installatieadviseur dient de opdrachtgever concepten met voor- en nadelen voor te leggen, zodat opnieuw bewust gekozen kan worden.
- **Uitvoeringsconcept**: Het ontwerpteam (minimaal een architect, constructeur, bouwfysicus en brandveiligheidsspecialist) dient zich vanaf het allereerste begin bewust te zijn van de 'maakbaarheid' van het ontwerp. Optimaliseren van het bouwproces levert namelijk een goede prijs-kwaliteitverhouding op en beperkt het risico op latere aanpassingen van het ontwerp door budgetoverschrijdingen. Het is verstandig tenminste tijdens de besteksfase de geselecteerde bouwer in het bouwteam op te nemen.

1.3 Communicatie

Goed communiceren is een noodzakelijke kwaliteit voor iedere deelnemer.

Maak voorafgaand aan de start van een ontwerp- en uitvoeringsproces een zogenaamd procesontwerp. Ga na wie de actoren zijn in het proces en definieer de verschillende taken en verantwoordelijkheden per fase. Leg vast wie geïnformeerd moet worden. Vraag gedetailleerd offerte aan bij de beoogde ontwerpteamleden; omschrijf de werkzaamheden en de verwachte kwaliteit, daarmee worden misverstanden (en teleurstellingen) bij alle partijen voorkomen. Vergeet ook de belanghebbenden niet die wat verder van het proces af staan. Bijvoorbeeld omwonenden, gebruikers, pers, politiek, plaatselijke overheden, enzovoorts. Breng deze zorgvuldig in kaart en denk na over het informatietraject.

Figuur 5 : Goed communiceren is een noodzakelijke kwaliteit (bron: SBR).

Leg de afspraken zorgvuldig vast, bijvoorbeeld met behulp van een Bouw Informatie Model.

Aanvulling(en):

Voor het ontwerp- en later het uitvoeringsteam is het van belang dat er een professionele en inhoudelijke bouwprocesmanager wordt aangesteld. De bouwprocesmanager dient ervoor te zorgen dat in het ontwerptraject alle partijen evenwichtig en op het juiste moment aan bod komen. De bouwprocesmanager legt alle afspraken transparant vast, bijvoorbeeld met behulp van een Bouw

Informatie Model (BIM). Ook de bouwer stelt zodra hij geselecteerd is een bouwprocesmanager aan die nauw samenwerkt met de bouwprocesmanager van het ontwerpteam. Samen zorgen zij ervoor dat de ontwerpfase naadloos overgaat in de uitvoeringsfase. Een goede 'kick-off'-bijeenkomst wordt steeds gebruikelijker en zorgt voor wederzijds begrip, inspiratie en enthousiasme.

1.4 Risicomanagement

Elke fase dient te worden afgesloten met een zogenaamd beslisdocument, daardoor wordt voor het gehele team duidelijk wat de voortgang is en welke risico's nog dienen te worden weggewerkt.

In dit document staat vermeld dat de bij de betreffende fase behorende activiteiten zijn afgerond, welke risico's worden gesignaleerd en welke 'beheersmaatregelen' genomen moeten worden om dit risico te neutraliseren, zie Figuur 6.

Figuur 6 : Risicomanagementcyclus (bron: Risicomanagement voor projecten).

De (bouw)procesmanager zorgt ervoor dat alle documenten aanwezig zijn en dat elke fase afgesloten wordt met een risicoanalyse en een beslisdocument.

1.5 De praktijk

"Bezint eer ge begint" zorg voor een helder programma van eisen en werk met professionals met verstand van het totale ontwerp en bouwproces.

Adviseurs worden vaak voor het eerst geconsulteerd wanneer er problemen zijn of wanneer voor het verkrijgen van een (WABO-)vergunning bepaalde berekeningen en onderbouwingen nodig zijn. Elk bouwfysisch of bouwtechnisch bureau heeft een boeiende en vaak bloeiende praktijk van klachtenonderzoeken. Klachten die voorkomen hadden kunnen worden wanneer de adviseur op tijd zou zijn ingeschakeld. Een goede (dus ook inhoudelijke) bouwprocesmanager zorgt ervoor dat bij de start van een ontwerpproces een compleet ontwerpteam aanwezig is, dat samen met de opdrachtgever een SMART gedefinieerd PvE opstelt als leidraad voor het ontwerp- en uitvoeringsproces. Vooral de R van realistisch is hierbij zeer belangrijk. De maakbaarheid verdient veel aandacht. Denk niet top - down, maar bottum - up. Begin bij de klant, denk dan aan de "man" op de steiger, beschouw vervolgens de uitvoering en werkvoorbereiding en tenslotte de aansturing van het bouwbedrijf.

In paragraaf 1.3 "Communicatie" wordt gesteld dat communicatie essentieel is voor het welslagen van een project. De praktijk leert dat dit geen gemeengoed is. Onderzoeken wijzen uit dat de stukken bij de bouwaanvraag niet goed overeenkomen met de uitvoeringsstukken en vervolgens wordt er weer anders gebouwd en geïnstalleerd. Het is dus ook niet vreemd dat het percentage ontevredenen veel hoger is dat het uitgangspunt van 10%. Ook is het energiegebruik vaak veel hoger dan berekend vanwege niet correcte berekeningen en onzorgvuldige uitvoering.

Aanvulling(en):

Een voorbeeld uit de praktijk.

Een corporatie wil een regiokantoor op hoog niveau renoveren. De corporatiedirecteur zoekt en vindt een architect met ervaring op het gebied van energiezuinig en duurzaam bouwen. Er worden enkele doelstellingen uitgewisseld (zoals energieneutraal, lowtech, transparant) en de architect gaat aan de slag. De directeur stelt een projectleider aan, die vanuit de corporatie het ontwerpproces gaat begeleiden. De architect komt met een aantrekkelijk ontwerp dat breed wordt gecommuniceerd. De projectleider herkent echter niet in het project de uitgewisselde doelstellingen en vraagt zich ook af of het ontwerp binnen het budget past. De projectleider huurt vervolgens een bouwprocesmanager die direct vraagt naar een PvE. Dat is er echter niet. De architect vindt overigens dat een PvE in dit stadium niet nodig is en dat dat opgesteld kan worden nadat het VO is afgerond. Vervolgens gaat de bouwprocesmanager -in overleg met de projectleider- na of de doelstellingen verwerkt zijn in het ontwerp. Dit blijkt niet het geval, het energie-concept is niet helder en ook het budget wordt fors overschreden. Het ontwerpteam is terug bij af en kan opnieuw beginnen. Inmiddels is er nu wel een PvE, dat als leidraad kan dienen voor het nieuwe VO. De volgende oorzaken voor dit fiasco zijn aan te wijzen:

- De opdrachtgever heeft geen aandacht gegeven aan het opstellen van een PvE.
- De architect en de installatieadviseur gaan zonder een PvE aan het werk en produceren een niet betaalbaar ontwerp.
- Het ontwerpteam was niet compleet, zodat in het begin alleen de vormgeving aandacht krijgt.

Leerpunten:

- “Bezint eer ge begint” en leg dit goed vast in een programma van eisen en werk met professionals met verstand van het totale ontwerp en bouwproces.
- Zie het PvE als een ‘levend’ document dat steeds weer wordt aangepast en aangevuld. Maak de besluitvorming daarover transparant en ga steeds de consequenties na.
- Door zorgvuldig met kennis van zaken en gedisciplineerd te werken, worden projecten succesvol en krijgen zowel de klant als adviseurs en bouwer wat zij verwachten en waar zij op rekenen.

1.6 Bijlage, beschrijving van taken

In Tabel 2 is de rol van de bouwfysicus in een ontwerpproces beschreven. Deze tabel is door de NVBV ontwikkeld, de DO-fase en de besteksfase zijn niet weergegeven.

	Vraagstelling	Producten adviseur	Adviseursrol		
			Bouwfysica	Akoestiek	Brandveiligheid
Masterplan, locatiekeuze	• Gebiedsontwerp • Bouwvolumes, • Hoogtelijnen, • Verdeling van functies.	Richtinggevend advies en vaststellen randvoorwaarden plan t.a.v.: Windhinder; Bezonning, beschaduwing, lichthinder; Luchtkwaliteit omgeving; Energievraagprofiel; Geluidprofiel; Brandveiligheid; Evt. bodemkwaliteit,, afwatering, biodiversiteit.	Advies -indien nodig- op basis van berekeningen: Windhinderprofiel (do's en don'ts); Bezonning gebouw en beschaduwing omgeving Hinderrisico reflecties en lichtuitstraling; Bronsterkten en frequentieverdelingen luchtvervuilingsbronnen; Energiegebruiken per functie en gebiedsgerichte voorzieningen; Onderzoek opwekkingsmogelijkheden (ook duurzaam) en vergunningen.	Advies -indien nodig- op basis van berekeningen: Inventarisatie geluidbronnen en vergunningen; Beoordeling gebouwvolumes en functies op basis van geluidbelasting; Inschatting geluideffect van plan op de omgeving inclusief verkeersaantrekkende werking.	Advies -indien nodig- op basis van berekeningen: Vluchtwegen en capaciteiten op basis van te plaatsen functies; Bereikbaarheid verschillende plandelen voor hulpdiensten.
SO-FASE	• Interpreteren van locatie- en terreingegevens • Analyse van de ligging • Bepalen kwaliteiten • Ontwikkelen visie	Visiedocument met daarin: Resultaten inventariserend onderzoek. Richtinggevende adviezen op basis van inventariserend onderzoek. Opsomming risico's en kansen bij de verdere planontwikkeling.	Inventariseren externe omstandigheden, geluid, zon, wind, sociale veiligheid etc. Inventariseren interne omstandigheden, type gebruiker, mogelijke toekomstige gebruikers. Vastleggen van uitgangspunten en aandachtspunten m.b.t. bouwfysische aspecten. Suggesties voor inspelen met het gebouw op de externe en interne omstandigheden.	Inventariseren risico externe geluidsbelastingen. Inventariseren risico geluidsafstraling. Vastleggen van uitgangspunten en aandachtspunten m.b.t. akoestische aspecten. Suggesties voor inspelen met het gebouw op de externe en interne omstandigheden.	Vastleggen van uitgangspunten en aandachtspunten m.b.t. brandveiligheid.
	Maken structuurontwerp; Stedenbouwkundig-architectonisch plan; Hoofdvorm bebouwing; Hoofdindeling bebouwing; Maken beeldkwaliteitplan; Onderzoek bebouwingscapaciteit; Zonering en morfologie (1:1.000/1:500); Stedenbouwkundig vlekkenplan (1:1.000/1:500); Hoofdmassa en oriëntatie gebouw (1:500/1:200) Vlekkenplan gebouw (1:500/1:200); Ontsluitingsprincipes gebouw; Zonering verkeersruimten; Maken V&G-r.i.e.	Tussentijdse korte richtinggevende adviezen en met alternatieve oplossingen en zondig benoemen van breekpunten (mondeling, e-mail e.d.) Eindrapportage met daarin Resultaten inventariserend onderzoek. Richtinggevende adviezen voor VO-fase op basis van inventariserend onderzoek. Opsomming risico's en kansen bij de verdere planontwikkeling. Zondig duidelijk benoemen van breekpunten bij de verdere planontwikkeling.	Concrete voorstellen hoe met het gebouw kan worden ingespeeld op de risico voor bv beschaduwing, windhinder e.d. Eerste afwegingen en concrete voorstellen voor vraagbeperking koude en warmte alsmede ventilatieprincipe i.v.m. lokale luchtkwaliteit, compactheid gebouw Afweging t.a.v. actieve en passieve zonne-energie Risico's bijzondere ruimten inzake hoogte, bezetting e.d.	Benomen risico's geluidsgeluidsoverlast tussen verschillende gebouwfuncties	Benoemen risico's en voorstellen oplossingen en alternatieven ten aanzien van: Belemmeringen m.b.t. aanrijroute brandweer Belendingen Horizontale of verticale brandoverslag Opvang en doorstroomcapaciteit
VO-FASE	Uitwerken stedenbouwkundige inpassing; Situatieschets (1:500) Ontwerpen functionele en ruimtelijke indeling; Plattegronden (1:200/1:100); Doorsneden (1:200/1:100); Ruimtestaat Ontwerpen architectonische verschijningsvorm; Geveltekeningen (1:200/1:100) ; Maken V&G-RIE.	Tussentijdse korte richtinggevende adviezen en met alternatieve oplossingen en benoemen van kansen en bedreigingen (mondeling, e-mail e.d.); Eindrapportage met daarin: Gekozen oplossingen; Overzicht eisen en wensen waar (mogelijk) niet aan wordt voldaan; Richtinggevende adviezen voor DO-fase op basis van inventariserend onderzoek; Opsomming risico's en kansen bij de verdere planontwikkeling.	Concrete voorstellen om in te spelen op risico's op oververhitting; Concrete voorstellen voor integraal ontwerp inzake bouwkundige en installatietechnische aspecten.	Positionering ruimten binnen gebouw, gelet op externe belasting en gewenste interne isolatie; Ruimteakoestiek.	Advisering inzake: Compartimentering; Vluchtwegen; Brandoverslagrisico's.

Tabel 2: Beschrijving van de taken van de bouwfysicus in het ontwerpproces.

2 Duurzaamheid

2.1 Duurzame ontwikkeling

Duurzame ontwikkeling is de ontwikkeling die aansluit op de behoefte van het heden zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun behoefte te voorzien in gevaar te brengen." - Gro Harlem Brundtland, 1987

Vertaald naar gebouwen is duurzame ontwikkeling:

Het elimineren van negatieve impact nu én in de toekomst, gedurende de gehele levenscyclus (realisatie, gebruik, renovatie, sloop/hergebruik) van het vastgoed op mens en milieu.

De prestaties aan duurzaamheid worden op gebouwniveau gesteld.

Voor het aspect duurzaamheid in het Handboek Bouwfysica wordt aangehaakt bij BREEAM-NL. Dit is een beoordelingsmethode van het Dutch Green Building Council om de duurzaamheidprestatie van gebouwen te bepalen. Voor de onderdelen energie en materiaalgebruik zijn voor zover mogelijk dezelfde criteria aangehouden als bij BREEAM, maar de prestatieniveaus kunnen afwijken en zijn opgenomen in Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5 en Tabel 6. Voor de overige onderdelen, zoals daglicht en geluidisolatie, wordt de koppeling met BREEAM losgelaten, aangezien BREEAM zich richt op een milieuclassificatie, terwijl dit handboek zich richt op gezonde gebouwen. Het is uitdrukkelijk niet de bedoeling om een BREEAM-certificaat voor te schrijven.

Gebied – gebouw – gebruik

Een gebouw is onderdeel van zijn omgeving en dient dus ook in relatie met zijn omgeving bekeken te worden. Voor het aspect energie dient bijvoorbeeld niet alleen rekening gehouden te worden met bijdragen van de locatie zelf, maar ook met de directe omgeving. Zo is de toepassing van duurzame energietechnieken vaak efficiënter op een grotere schaal en kan de uitwisseling van energie tussen verschillende functies in een wijk een mogelijkheid zijn.

De prestatie op duurzaamheid is niet een momentopname bij de realisatie van het gebouw, maar is een levenscyclusbenadering van het gebouw. Al bij het ontwerp van het gebouw dient rekening gehouden te worden met het gebruik, het onderhoud en hergebruik of sloop.

Door het Rijksvastgoedbedrijf is in dit kader een methode ontwikkeld voor Functioneel Controleren, Inregelen en Beproeven (FCIB) van de klimaatinstallaties in een gebouw om een thermisch comfort te bereiken conform de ontwerp-condities bij een minimale verstoring van het bedrijfsproces en een verlaging van het energiegebruik (zie: http://www.rijksvastgoedbedrijf.nl/expertise-en-diensten/d/duurzaamheid/inhoud/optimaliseren-klimaatinstallaties-gebouwen-fcib).

Aanvulling(en):

Cradle to Cradle:

Duurzame ontwikkeling is in 1987 door de commissie-Brundtland gedefinieerd als de ontwikkeling waarbij de huidige generatie in haar noden voorziet, zonder de mogelijkheden daartoe voor de volgende generatie te beperken. Het streven van de cradle to cradle (C2C) visie gaat verder; het voorzien in onze eigen noden en ook de toekomstige generaties van meer mogelijkheden voorzien. Het belangrijkste principe hierbij is: probeer in plaats van minder slecht, goed te zijn.

C2C daagt ons uit producten en (productie-) systemen anders te ontwerpen om geen afval te laten ontstaan en kringlopen te sluiten. In ons vak gaat het om gebouwen die waarde toevoegen (schone lucht, gezondheid, locale economie), waarbij gebruik wordt gemaakt van natuurlijke energie en duurzame materialen die multifunctioneel gebruikt kunnen worden, omdat rekening is gehouden met de diversiteit van (toekomstige) gebruikers.

C2C maakt gebruik van drie basisprincipes die aan het begin staan van elk project:

- Afval is voedsel: alles is een grondstof voor iets anders.
- Gebruik zonne-energie: energie is hernieuwbaar en afgeleid van de zon.
- Diversiteit: culturele, innovatieve en biologische diversiteit.

De bedenkers van het cradle to cradle-concept beseffen dat een volledig gebouw volgens de cradle to cradle-beginselen nog niet mogelijk is. We kunnen echter wel met de principes aan de slag. Concrete toepassingen van de principes zijn onder te verdelen in drie sporen:

- Productieprocessen en producten, waarbij producten aan drie vereisten moeten voldoen:
  - De materialen zijn volkomen veilig voor mens, dier en plant.
  - De materialen moeten met kwaliteitsbehoud later (in de afvalfase) opnieuw gebruikt kunnen worden in de ecologische kringloop of in de technische kringloop.
  - De producten moeten gemakkelijk te ontmantelen zijn (‘design for disassembly’).
- Bouwprocessen, gebouwen en de gebouwde omgeving. In de architectuur en stedenbouw wordt zoveel mogelijk aansluiting gezocht bij ontwerpuitgangspunten zoals we die in natuurlijke ecosystemen aantreffen. Gebouwen worden ontworpen met aandacht voor de gezondheid van de mensen die erin werken en wonen, met respect voor de omgeving. Vanaf het begin van het ontwerpproces wordt dus gekeken naar de meerwaarde die natuurlijke materialen, (energie)bronnen en ecosystemen kunnen hebben voor de vastgoedontwikkeling. Het bovenstaande betekent dat de bouwmaterialen ecologisch verantwoord en zoveel mogelijk herbruikbaar zijn. Het gebruik van water wordt afgestemd op de leefomgeving, zowel binnen als buiten het gebouw. Cradle to cradle-gebouwen geven zuurstof af en nemen CO2 op. Ze zuiveren water en lucht en genereren energie door opslag van zonne-energie en aardwarmte.
- Gebiedsontwikkeling, waarbij de cradle to cradle-beginselen zorgen voor het verbinden van:
  - De bouwkundige elementen met het gebied.
  - Stromen / netwerken in het gebied (water, lucht, voedsel, energie) met de functies in het gebied.
  - De gebruikers en de bewoners met de stromen / netwerken en de functie door samenwerking en samenhang.

2.2 Energie

Energiezuinigheid van gebouwen is van belang voor het milieu en voor de exploitatiekosten van het gebouw.

Bij het energetisch ontwerpen van gebouwen wordt vaak uitgegaan van de Trias Energetica, een begrip waarmee de volgorde van drie stappen naar een zo duurzaam mogelijke energievoorziening wordt aangeduid. De drie opeenvolgende stappen zijn:

- Beperk de vraag naar energie door toepassen van vraagbeperkende maatregelen.
- Gebruik zoveel mogelijk duurzame energiebronnen om de energie die nog nodig is op te wekken. Voor voorbeelden van duurzame energiebronnen zie paragraaf 2.2.2.
- Gebruik eindige energiebronnen efficiënt (hoog rendement).

Figuur 7 : Trias Energetica.

Met behulp van dit drie-stappen-plan kan duidelijk gemaakt worden dat besparing de eerste noodzakelijke stap is bij milieubescherming. Fossiele brandstoffen worden zeldzamer en dus duurder en schone energie is ook kostbaar. Besparen is hoe dan ook noodzaak. Bijvoorbeeld: koopt men nu spaarlampen dan kunnen die in een later stadium ook op duurzame energie branden. Het zijn dus opeenvolgende stappen en geen keuze tussen drie methoden.

Uit de Figuur 7 blijkt ook dat hoe groter de besparing is bij stap 1 (blauw vlak wordt groter) en hoe meer inzet van duurzame bronnen (groter groen vlak bij stap 2), des te geringer de vraag naar fossiele brandstoffen (kleiner oranje vlak bij stap 3). In de praktijk worden de stappen begrensd door de financiële consequenties. Op enig moment zal het financieel aantrekkelijker zijn om duurzame energiebronnen in te zetten in plaats van verdergaande vraag-reductie. Hierbij wordt opgemerkt dat ook duurzame bronnen zo efficiënt mogelijk dienen te worden ingezet. Dit vanuit het oogpunt van financiën, ruimtelijke of technische aard of het gebruik van grondstoffen.

Voor energieneutrale gebouwen krijgt de Trias Energetica een wat andere betekenis. De derde stap vervalt immers. RVO heeft hiertoe een informatieblad uitgegeven: http://www.rvo.nl/sites/default/files/Infoblad Trias Energetica en energieneutraal bouwen-juni 2013.pdf.

Aanvulling(en):

De schilfactor zou een goede indicator voor de energiebehoefte voor verwarmen en koelen van een gebouw kunnen zijn. De schilfactor voor utiliteitsgebouwen wordt voor het eerst ter informatie opgenomen in NEN 5128 : “Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen - Bepalingsmethode“. Deze norm is inmiddels vervangen voor de NEN 7120. Op dit moment is er onvoldoende kennis beschikbaar om een getalswaarde aan de schilfactor toe te kennen.

De Trias Energetica richt zich op het energiegebruik. De energiebehoefte van een gebouw is in drie hoofdcategorieën te verdelen:

- Gebouwgebonden energiegebruik.
- Gebruikersgebonden energiegebruik
- Materiaalgebonden energiegebruik.

Theoretisch gezien is een berekening van de totale energievraag over de gehele levenscyclus van een gebouw het meest compleet. Dan wordt ook het materiaalgebonden energiegebruik (inclusief materialen, realisatie en sloop van een gebouw) meegenomen in de berekeningen. De berekening hiervan kent echter grote onzekerheden en er ontbreekt een algemeen geaccepteerde methodiek voor de bepaling van de hoeveelheid energie die hiermee gemoeid gaat. Omdat gebouwen steeds energie-efficiënter worden zal in de toekomst het aandeel van het materiaalgebonden energiegebruik steeds belangrijker worden.

In Nederland wordt de energievraag voorlopig nog gebaseerd op alleen het gebouwgebonden én het gebruikersgebonden energiegebruik [Bron: RVO]. Het verdient de voorkeur hierbij zoveel mogelijk aan te sluiten bij het werkelijke gebruik.

2.2.1 Beperk de vraag naar energie

Beperking van de energievraag vindt haar neerslag in de prestaties ten aanzien van:

- **Thermische isolatie van niet transparante geveldelen.**
- **Thermische isolatie en zonnewinst van transparante geveldelen.**
- **Luchtdoorlatendheid.**
- **Vermijden van thermische bruggen (koudebruggen).**
- **Effectieve ventilatie in combinatie met warmteterugwinning.**

De eerste vier bullits worden beschreven in het hoofdstuk ‘Gebouwschil en constructie’. De laatste bullit wordt beschreven in het hoofdstuk ‘binnenluchtkwaliteit’.

2.2.2 Gebruik duurzame energiebronnen

Door toepassing van duurzame energietechnieken wordt de CO2-uitstoot van het gebouw gereduceerd ten opzichte van de situatie zonder duurzame energieopwekking (= nulsituatie).

Onder duurzame energietechnieken wordt verstaan:

- Bio-energie:
  - Biomassaboilers/-verwarmingssystemen.
  - Warmtekrachtkoppeling op biomassa of biogas.
- Geothermische energie:
  - Systeem met warmte- en koudeopslag.
  - Aardwarmte.
- Zonne-energie:
  - (Thermische) Zonnecollector ten behoeve van ruimteverwarming en/of warm tapwater.
  - Fotovoltaïsche cellen voor stroomopwekking.
- Windenergie:
  - Windturbine.
- Energie uit water:
  - Waterkracht.
  - Getijde-energie.
  - Golfenergie.
  - Osmotische energie.

In onderstaande tabel wordt een analyse gegeven van de maximaal mogelijke besparing uit verschillende duurzame bronnen (Bron: inventarisatie Technisch Weekblad, 2011). Met deze (optimistische) cijfers wordt een totaal gedekt van 4000 PJ, hetgeen gelijk is aan het huidige verbruik van Nederland (incl. internationaal transport).

Besparingspotentieel (2011)			m^2/pers	W/pers	MW	GWh/jr	PJ/jr
wind-land	3,5	W/m^2 windpark	251	880	14.782	129.493	466
zon-pv	26,0	W/m^2 paneel	40	1042	17.500	153.300	552
water-getij	1,3	W/m^2 zee	114	148	2.490	21.810	79
zon-ww	55,0	W/m^2 collector	30	1650	27.720	242.827	874
water-rivieren				5	77	675	2
zoet/zout water				46	770	6.745	24
biogas-afval/mest/RWZ				375	6.300	55.188	199
water-golven				8	140	1.226	4
biogas- gewas	0,9	W/m^2 maisland	344	305	5.131	44.949	162
biobrandstof	0,5	W/m^2 bietenland	344	164	2.749	24.080	87
biomassa-hout	0,7	W/m^2 bos	344	417	6.999	61.313	221
aardwarmte	1,3	W/m^2 land	200	250	4.200	36.792	132
wind-zee	6,9	W/m^2 windpark	340	2338	39.270	344.005	1238

Tabel 3: Besparingspotentieel door duurzame opwekking.

Voor de CO2-uitstoot van het gebouw in de nulsituatie kunnen de overeenkomstige uitkomsten van de energieprestatie berekening worden gebruikt.

Prestatieniveaus:

In het Bouwbesluit zijn vooralsnog geen eisen opgenomen met betrekking tot het gebruik van duurzame energie. Volgens de toekomstige BENG eisen (vermoedelijke inwerkingtreding 1 januari 2019 voor Rijksgebouwen en 2020 algemeen) moet het aandeel hernieuwbare energie 50% bedragen. Gezien de sterke ontwikkelingen op dit gebied is dit reëel en als basis opgenomen in dit handboek.

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	**Goed**	**Uitstekend**
Aandeel hernieuwbare energie	Niveau derde BENG-eis (= 50 % van het gebouwgebonden energiegebruik)	100 % van het gebouwgebonden energiegebruik	100 % van het gebouwgebonden en gebruikersgebonden energiegebruik

Tabel 4 : Prestatieniveaus duurzame energie.

Bepalingsmethode:

CO2-uitstoot bepaling volgens NEN 7120 (NEN 7120+C2:2012/C5:2014 nl): “Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode” . Voor de definitie van hernieuwbare energie kan worden uitgegaan van het “Protocol monitoring hernieuwbare energie - update 2010” van Agentschap NL (nu RVO) (Publicatienummer 2DENB1013).

2.2.3 Energieprestatie

Een te bouwen bouwwerk is voldoende energiezuinig en heeft een zo laag mogelijke CO2-emissie van het gebouwgebonden primaire energiegebruik in de gebruiksfase.

De bepaling van de energieprestatie gebeurt volgens NEN 7120 (NEN 7120+C2:2012/C5:2014 nl): “Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode”. Dit betreft een integrale beoordeling van de energiezuinigheid van de bouwkundige onderdelen van een gebouw en de tot het gebouw behorende installaties. Door het stellen van een integrale eis aan de EPC van een gebouw, wordt aan het ontwerpteam de mogelijkheid gegeven met optimale inzet van middelen de beoogde energiezuinigheid van bouwkundige en installatietechnische componenten van een gebouw te realiseren.

Soms is het efficiënter om binnen een gebied energie te besparen in plaats van voor elk gebouw apart. Met de EMG kan de invloed van zo'n collectieve actie worden verrekend in de energieprestatie van de aangesloten gebouwen. De EMG wordt berekend volgens NEN 7125 ‘Energieprestatienorm voor Maatregelen op Gebiedsniveau (EMG)”.

Prestatieniveaus:

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	**Goed**	**Uitstekend**
Energieprestatie	Niveau Bouwbesluit	EPG = 0.	EPG << 0.
Energiebehoefte	Niveau eerste BENG-eis (= 50 kWh/m^2 per jaar)	Minimaal 25% beter (=37.5 kWh/m^2 per jaar)	Minimaal 50% beter (=25 kWh/m^2 per jaar)
Primair fossiel energiegebruik	Niveau tweede BENG-eis (= 25 kWh/m^2 per jaar)	Minimaal 25% beter (=18.75 kWh/m^2 per jaar)	Minimaal 50% beter (=12.5 kWh/m^2 per jaar)

Tabel 5 : Prestatieniveaus voor de energieprestatiecoëfficiënt en de eerste en tweede BENG-eisen.

Theoretisch gezien is een berekening van de totale energievraag over de gehele levenscyclus van een gebouw het meest compleet. Dan wordt ook het materiaalgebonden energiegebruik (inclusief materialen, realisatie en sloop van een gebouw) meegenomen in de berekeningen. De berekening hiervan kent echter grote onzekerheden en er ontbreekt een algemeen geaccepteerde methodiek voor de bepaling van de hoeveelheid energie die hiermee gemoeid gaat. Omdat gebouwen steeds energie-efficiënter worden zal in de toekomst het aandeel van het materiaalgebonden energiegebruik steeds belangrijker worden.

In Nederland wordt de energievraag voorlopig nog gebaseerd op alleen het gebouwgebonden én het gebruikersgebonden energiegebruik [Bron: Agentschap NL]. Het verdient de voorkeur hierbij zoveel mogelijk aan te sluiten bij het werkelijke gebruik.

Bepalingsmethode(n):

NEN 7120: “Energieprestatie van gebouwen”.

Aanvulling(en):

Indien gebruik gemaakt wordt van energiebesparende maatregelen op gebiedsniveau (EMG), dan is de waarde van de zonder deze maatregelen bepaalde energieprestatiecoëfficiënt ten hoogste 1,33 maal de vigerende Bouwbesluit eis.

De energieprestatie eis van een gebouw met meerdere gebruiksfuncties wordt bepaald op basis van de EPC-eisen van de in het combinatiegebouw voorkomende gebruiksfuncties. Hierbij mag het conform NEN 7120 bepaalde quotiënt van het berekende karakteristieke energiegebruik (Ep;tot) en het berekende toelaatbare energiegebruik (Ep;adm;tot) ten hoogste 1.0 bedragen.

2.3 Materiaalgebruik

2.3.1 Schaduwprijs

Het stimuleren van het gebruik van materialen met een lage milieu-impact gedurende de volledige levenscyclus van het gebouw.

Voor de beoordeling van de milieubelasting van de gebruikte materialen wordt gebruikgemaakt van de meest recente versie van:

- Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken (thans: versie 2.0, november 2014 [1]), die is aangepast op de Europese norm EN 15804 en de
- Nationale Milieudatabase (thans versie 1.7, www.milieudatabase.nl).

Het resultaat van een doorrekening met de bepalingsmethode is een milieuprofiel dat uit de onderstaande 9 effecten bestaat:

(1) Uitputting

(2) Broeikaseffect

(3) Ozonlaagaantasting

(4) Smog

(5) Humane toxiciteit

(6) Ecotoxiciteit, water

(7) Ecotoxiciteit, terristisch

(8) Verzuring

(9) Vermesting

Vanaf 1 januari 2013 moet conform het Bouwbesluit 2012 bij elke omgevingsvergunningsaanvraag voor nieuwbouwwoningen en kantoren (> 100 m2), een milieuprestatieberekening materialen bijgevoegd worden. De berekening moet voldoen aan de SBK-Bepalingsmethode Milieuprestatie gebouwen en GWW-werken (incl. de Nationale Milieudatabase). Het Bouwbesluit stelt nog geen grenswaarde aan de milieuprestatie.

Ten behoeve van de vergelijkbaarheid worden de milieueffectscores gedeeld door de brutovloeroppervlakte (BVO) van het gebouw. Daarna worden de effecten door middel van een gewogen sommering geaggregeerd tot één indicator. De weegfactoren en weegmethode (schaduwprijzen) zijn in de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken vastgelegd.

Voor de levensduur worden de standaard levensduur van 50 jaar voor utiliteitsgebouwen aangehouden. Indien de werkelijke levensduur aantoonbaar afwijkt kan met de werkelijke levensduur gerekend worden.

Tools

De toe te passen tools dienen te voldoen aan:

- Handleiding milieuprestatie gebouwen & harmonisatie databases [4].
- ISO 14025: “Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures”.
- ISO 14040: “Environmental Management -LCA- Principles & Framework”.
- ISO 14044: “Environmental Management -LCA- Requirements and guidelines”.
- ISO 21930: “Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products”.

Voorbeelden van geschikte programma’s zijn onder andere GPR-gebouw, Greencalc+ en de DGBC-materialentool. Zie Tabel 6 voor prestatieniveaus met betrekking tot de schaduwprijs van de gebruikte bouwmaterialen.

Prestatieniveaus:

In het bouwbesluit zijn vooralsnog geen kwantitatieve eisen opgenomen met betrekking tot het gebruik van bouwmaterialen.

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	**Goed**	**Uitstekend**
Schaduwprijs	Aanleveren berekening van de materiaalgebonden milieueffecten van het betreffende bouwwerk	Milieubelasting van de gebruikte materialen ten minste 30 % lager dan de referentiewaarde volgens Breeam-NL [1)]	Milieubelasting van de gebruikte materialen ten minste 50 % lager dan referentiewaarde volgens Breeam-NL[1)]

Tabel 6 : Prestatieniveaus materiaalgebruik.

1) https://www.breeam.nl/hulp/nieuwbouw/materialen/17362/Mat 1 - Bouwmaterialen

Bepalingsmethode:

Berekening van het milieuprofiel met de ‘Handleiding Milieuprestatie Gebouwen’.
Op www.milieudatabase.nl is een lijst met gevalideerde programma’s opgenomen die gebruikt kunnen worden voor het bepalen van de milieuprestatie van gebouwen.

Aanvulling(en):

De huidige referentiewaarde voor nieuwbouwkantoren bedraagt van 0,9 euro/m^2 conform BREEAM en op basis van de NMD 1.7. De schaduwprijs is het toelaatbare kostenniveau per eenheid emissiebestrijding. De methode heeft als voordeel dat het aansluit bij de huidige economische realiteit doordat het de externe kosten zichtbaar maakt. Tevens kan bij het hanteren van de schaduwprijsmethode transparantie worden geboden. Het ondersteunt integrale analyses om doorzichtige resultaten op te leveren waar overheden en bedrijfsleven hun eigen activiteiten en de relatie met milieuthema’s in kunnen herkennen.

2.3.2 Toepassen van lage emissie bouwmaterialen

Het bevorderen van een gezonde en goede kwaliteit van de binnenlucht doordat de gebruikte bouw- en afwerkingmaterialen een lage emissie van schadelijke, 'vluchtige organische verbindingen' en andere schadelijke stoffen veroorzaken.

De emissie van 'vluchtige organische verbindingen' uit de binnen het gebouw toegepaste 'bouw- en afwerkingsmaterialen' voldoet aan de volgende vereisten:

- Spaanplaat, MDF, vezelplaat, houtwolplaat, triplex, multiplex, hardboard, massiefhoutplaten en geluidsisolerend board voldoen aan de emissienormen van categorie E1 uit NEN-EN 13986, waarbij de emissieconcentratie is bepaald volgens EN 717-1 of, als alternatief hiervoor, een algemeen erkend gezondsheidslabel kan worden overlegd.
- Verlijmde houtdelen en -laminaten voldoen aan de emissienormen van categorie E1 uit NEN-EN 14080, waarbij de emissieconcentratie is bepaald volgens EN 717-1 of, als alternatief hiervoor, een algemeen erkend gezondsheidslabel kan worden overlegd,
- Parketvloeren en verlijmde vloerdelen voldoen aan de emissienormen van categorie E1 uit NEN-EN 14342, waarbij de emissieconcentratie is bepaald volgens EN 717-1 of, als alternatief hiervoor, een algemeen erkend gezondsheidslabel kan worden overlegd.
- Veerkrachtige, stoffen (textiel) of gelamineerde vloerbedekkingen, zoals vinyl, linoleum, kurk, rubber, tapijten, vloerlaminaat, voldoen aan de emissienormen van categorie E1 uit NEN-EN 14041, waarbij de emissieconcentratie is bepaald volgens EN 717-1 of, als alternatief hiervoor, een algemeen erkend gezondsheidslabel kan worden overlegd.
- Plafondtegels voldoen aan de emissienormen van categorie E1 uit NEN-EN 13964, waarbij de emissieconcentratie is bepaald volgens EN 717-1 of, als alternatief hiervoor, een algemeen erkend gezondsheidslabel kan worden overlegd.
- Vloerlijmen en -kitten voldoen aan de emissienormen uit NEN-EN 13999, waarbij de emissieconcentratie is bepaald volgens NEN-EN 13999-2/4.
- Verven, vernissen en lakken voldoen aan de emissienormen voor organische oplosmiddelen uit NEN-EN 13300, waarbij de emissieconcentratie is bepaald volgens ISO 11890-2.

Prestatieniveaus:

In het bouwbesluit zijn vooralsnog geen kwantitatieve eisen opgenomen met betrekking tot het toepassen van lage emissiebouwmaterialen.

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	**Goed**	**Uitstekend**
Lage emissie bouwmaterialen	Wel toegepast, niet aantoonbaar	Toegepast en aantoonbaar (onderbouwd met certificaten) op 80% van de bouwmaterialen	Toegepast en aantoonbaar (onderbouwd met certificaten) op 100% van de bouwmaterialen

Tabel 7 : Prestatieniveaus lage emissie van materialen.

Bepalingsmethode:

Overleggen van de betreffende certificaten.

2.4 Waterberging

Het waterbeleid van de overheid is gericht op een veilig en goed bewoonbaar land met gezonde, duurzame watersystemen.

Voor het realiseren van een nieuwbouwplan is het verplicht een zogenaamde watertoets procedure te volgen. Doel van de watertoets is het expliciet en op evenwichtige wijze meewegen van waterhuishoudkundige doelstellingen bij alle ruimtelijke plannen en besluiten die relevant zijn voor de waterhuishouding op wijkniveau.

In het kader van de watertoets dient de initiatiefnemer de waterbeheerder op de hoogte te stellen van de plannen. In overleg met de waterbeheerder worden dan uitgangspunten vastgelegd omtrent de waterhuishouding. In samenspraak met het waterschap wordt een voorontwerp gemaakt voor de waterhuishoudkundige voorzieningen. Dit voorontwerp wordt door het waterschap getoetst en voorzien van een water-advies. Uiteindelijk wordt het voorontwerp verantwoord in de waterparagraaf in de toelichting op het plan of besluit (bijvoorbeeld een bestemmingsplan). Bij elke watertoets is er sprake van maatwerk. Welke maatregelingen er getroffen dienen te worden zijn ondermeer afhankelijk van het beleid van het ter plaatse werkzame waterschap. Over het algemeen kan echter wel gesteld worden dat de situatie van het water door de ruimtelijke ingreep in ieder geval niet mag verslechteren. Kansen om bestaande ongewenste situaties te verbeteren moeten zoveel mogelijk worden benut.

Onderwerp	**Doel**	**Nadelen**
Groene daken (vegetatiedaken, sedumdaken)	vasthouden en gedeeltelijk verdamping van hemelwater. Nevendoel: vergroening van stedelijk gebied	onderhoud (hoogte) en effectiviteit
Natte daken	vasthouden en berging van hemelwater. Afvoer middels infiltratie in de bodem (100% afkoppeling)	constructie eis (draagkracht), beperk toegang en gebruik van dak (installaties, raamwas-systeem) en onderhoud
Waterdoorlatende verharding	vasthouden van hemelwater. Afvoer middels infiltratie in de bodem (100% afkoppeling)	niet wenselijk bij slecht doorlatende deklaag + hoge grondwaterstand. Kans op wateroverlast
Waterbergende weg (bv. 'Aquaflow')	vasthouden, berging en zuivering van hemelwater. Afvoer middels infiltratie in de bodem (100% afkoppeling)	niet wenselijk bij slecht doorlatende deklaag + hoge grondwaterstand. Kans op wateroverlast
Oppervlaktewater(1) (bv. vijver of sloot)	vasthouden en berging van hemelwater. Afvoer middels infiltratie in de bodem (100% afkoppeling)	niet wenselijk bij beperkte ruimte voor het realiseren van oppervlakte water. Gaat ten koste van groen voor recreatie.
Bovengronds infiltreren (bv. Wadi(2) of infiltratievelden)	vasthouden van hemelwater. Afvoer middels infiltratie in de bodem (100% afkoppeling)	niet wenselijk bij slecht doorlatende deklaag + hoge grondwaterstand. Kans op wateroverlast
Ondergronds infiltreren (bv infiltratiekoffers of IT-riool(3))	vasthouden en berging van hemelwater. Afvoer middels infiltratie in de bodem (100% afkoppeling)	niet wenselijk bij slecht doorlatende deklaag + hoge grondwaterstand. Kans op wateroverlast
Meestromen hemelwater in het straatprofiel	maatregel die meer gericht is op schadereductiecapaciteit waarbij de straat wordt ingericht als afvoergoot	Wateroverlast verkeer bij extreme buien
Hergebruik van hemelwater	minder afvoer van schoon hemelwater naar RWZI en minder gebruik van drinkwater	Relatief hoge investering
Algemeen	Duidelijke communicatie naar plannenmakers en bewoners is	

	noodzakelijk bij het 100% afkoppelen, omdat vervuiling van het water nu niet meer gezuiverd wordt bij RWZI, maar bij infiltratie terechtkomt in de bodem. Vervuiling zal voorkomen moeten worden, denk aan autowassen op straat, uitwerpselen van honden op straat, uitloging van materialen, olie of ander afval. Tevens zijn aanvullende maatregelen nodig: hondenuitlaatzones en bijbehorende afvalbakken, een speciale autowasplek en filters. Het zichtbaar maken van de waterafvoer is tevens een communicatiemiddel.	

Tabel 8 : Ontwerpmogelijkheden voor waterberging.

(1) Uitgangspunt van waterschappen is dat voor het verkrijgen en in stand houden van een veerkrachtig en gezond functionerend watersysteem bij voorkeur 10 % oppervlaktewater binnen een (nieuw in te richten) plangebied aanwezig moet zijn. Het systeem is dan kwantitatief en kwalitatief voldoende gedimensioneerd.

(2) Wadi's zijn greppels waarbij in de bovenlaag zand en humusrijke grond zijn aangebracht.

(3) IT-riool is een drainerende buis omhuld met kiezel en geotextiel.

Het voorkomen van afwenteling van hemelwater door het hanteren van de drietrapsstrategie "Vasthouden / Bergen / Afvoeren" staat hierbij centraal. Voor de waterkwaliteit is het uitgangspunt "stand still - step forward". Watersysteembenadering en integraal waterbeheer dienen als handvatten voor het benutten van de natuurlijke veerkracht van een watersysteem.

Voor het realiseren van een nieuwbouwplan is het verplicht een zogenaamde watertoets-procedure te volgen. Voor het ontwerp worden een drietal ambitieniveaus geïntroduceerd. Deze ambitieniveaus zijn gekoppeld aan de mate van afkoppeling en hergebruik van hemelwater binnen een projectgebied. In alle gevallen geldt dat er een watertoets doorlopen zal worden. Dit kan resulteren in een minimaal aan te houden ambitieniveau.

Prestatieniveaus:

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	**Goed**	**Uitstekend**
hergebruik	minimale verplichting	2.5%	5.0%
afkoppeling	/ inspanning	50%	100%

Tabel 9 : Ambitieniveaus voor hergebruik en afkoppeling van hemelwater.

Aanvulling(en):

Basis

Bij de basis wordt uitgegaan van de minimale verplichting/inspanning (wetgeving) voor het omgaan van hemelwater binnen een projectgebied. Middels de watertoets zal nagegaan worden wat de mogelijkheden zijn voor het bergen en/of infiltreren van hemelwater.

Het naar verwachting schone hemelwater afkomstig van bijvoorbeeld daken kan mogelijk (deels) hergebruikt worden. Het water wordt van het dakvlak opgevangen, gefiltreerd en is daarna te gebruiken voor toiletspoeling, wasmachine, in de tuin en voor schoonmaakwerkzaamheden. Dit zorgt

tevens voor mindering van gebruik van drinkwater. De capaciteit van zo'n systeem dient zoveel mogelijk het gebruik van huishoudwater te garanderen. Indien noodzakelijk dient teruggevallen te kunnen worden op het reguliere drinkwater.

Goed

Bij de hogere ambitie wordt uitgegaan van de basis waarbij met beperkte investeringen invulling wordt gegeven aan een aantal extra aspecten waarbij hemelwater afgekoppeld of hergebruikt kan worden. De infiltratie zal voldoende zijn voor een gemiddelde regenbui, bij een hoge regenintensiteit zal het hemelwater toch op het riool geloosd moeten worden. Voor het hergebruik kan gedacht worden aan extra berging voor besproeiing van tuinen en schoonmaak (van gevels bijvoorbeeld).

Uitstekend

Bij de hoogste ambitie wordt uitgegaan van volledige afkoppeling van hemelwater binnen het projectplan. Hierbij zal in eerste instantie hergebruik (besproeiing, toiletspoeling enz.) zo veel mogelijk uitgewerkt worden waarbij het resterend hemelwater wordt geïnfiltreerd (eventueel via een berging), eventueel in samenwerking met nieuwe of bestaande bouw direct naast of in de nabijheid van de ontwikkelingslocatie.

2.5 Arbeidsomstandigheden tijdens bouw

De Arbowet eist een veilige werkomgeving

De arbeidsomstandigheden dienen bij het maken van een uitvoeringsconcept een punt van aandacht te zijn. Het ontwerp Veiligheids- en Gezondheidsplan (V&G-plan) dient tijdens het ontwerpen opgesteld te worden en dus niet pas achteraf. Veiligheidsvoorzieningen kosten veel geld, vooral als het gebouw niet efficiënt kan worden gerealiseerd. Zie voor meer informatie de A-bladen van de Stichting Arbouw en de AI-bladen van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

Prestatieniveaus:

Conform Arbo-wetgeving.

Bepalingsmethode:

Toetsen van V&G plan ontwerp en uitvoering.

2.6 Definities

- **Gebouwgebonden energie**: energie die nodig is om het gebouw te verwarmen, koelen, ventileren en te verlichten.
- **Gebruikgebonden energie**: energie voor het gebruik van stekkerapparatuur, zoals computers, printers, koffieautomaat e.d.
- **Materiaalgebonden energie**: energie die nodig is voor het produceren, transporteren, monteren en demonteren/slopen van alle bij de bouw aan te brengen materialen.

2.7 Relevante normen en documenten

- Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken (Stichting Bouwkwaliteit, versie 2.0
- Definitief, November 2014).
- NEN 7120+C5: (2014) "Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode."
- EN 717-1: (2004 confirmed 2014) "Wood-based Panels – Determination of Formaldehyde Release – Formaldehyde emission by the chamber method."
- NEN-EN 13300: (2001/C1:2001) en "Verven en vernissen - Watergedragen verf en verfsystemen voor wanden en plafonds binnen – Indeling."
- NEN-EN 13964: (2014) en "Verlaagde plafonds - Eisen en beproevingsmethoden"

- NEN-EN 13986: (2004+A1:2015) en “Houtachtige plaatmaterialen voor gebruik in de bouw - Eigenschappen, conformiteitsbeoordeling en merken.”
- NEN-EN 13999-1: (2013) en “Lijmen - Kortstondige methode voor het meten van de emissie-eigenschappen van lijmen met weinig of geen oplosmiddel na behandeling - Deel 1: Algemene procedure.”
- NEN-EN 14041: (2004/C1:2006) en “Veerkrachtige vloerbedekkingen, tapijten en laminaatvloerbedekkingen - Essentiële eigenschappen
- NEN-EN 14080: (2013) “Houtconstructies – Gelijmd gelamineerd hout en gelijmd massief hout.”
- NEN-EN 14342: (2013) en “Houten vloeren en parket - Eigenschappen, conformiteitsbeoordeling en merken.”
- SO 11890-2: (2013) “Paints and varnishes -- Determination of volatile organic compound (VOC) content - Part 2: Gas-chromatographic method.”
- ISO 14025: (2006) “Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedures.”
- ISO 14040: (2006) “Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework.”
- ISO 14044: (2006) “Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines.”
- ISO 21930: (2007) “Sustainability in building construction -- Environmental declaration of building products.”

3 Stedenbouwfysisch comfort

3.1 Windhinder

De eisen aan windhinder en windgevaar (paragraaf 3.2) dienen om een verantwoord windklimaat in de gebouwde omgeving te bereiken.

Het windklimaat wordt meestal bepaald door niet één enkel gebouw, maar door het samenstel van gebouwen: door een gebouw tezamen met de omringende gebouwen, waarbij ook de obstakels in de wijdere omgeving nog (enige) invloed hebben.

Er zijn geen "nationale" wettelijke eisen of publiekrechtelijke normen inzake windhinder of windgevaar. Wel hebben sommige lokale overheden eisen gesteld aan het windklimaat, veelal als onderdeel van een hoog-bouw-effect rapportage.

Windklimaatonderzoek

In de NEN 8100 'Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving' wordt onder andere aangegeven in welke situaties een windklimaatonderzoek noodzakelijk geacht wordt. Dit beslismodel is in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** weergegeven.

Hoogte en ligging van het bouwplan	Noodzaak van toetsing (windtunnel of CFD)
Beschut* liggende gebouwen tot een hoogte van 15 m.	geen nader onderzoek noodzakelijk
Beschut* liggende gebouwen met een hoogte van 15 tot 30 m. **Onbeschut liggende gebouwen tot een hoogte van 30 m.**	de hulp van een windhinderdeskundige is noodzakelijk om te beoordelen of er wel of geen onderzoek noodzakelijk is
Gebouwen met een hoogte vanaf 30 m.	nader onderzoek noodzakelijk

Tabel 10 : Beslismodel NEN 8100.

- Om te beoordelen of een bouwwerk beschut ligt, dienen alle obstakels (boomkruinen en gebouwen) in een straal van 300 m rondom het bouwwerk beschouwd te worden. Wanneer deze 20% van de totale oppervlakte beslaan, het bouwwerk niet meer dan 50% boven de gemiddelde hoogte van de obstakels uitsteekt en de afstand tussen het bouwwerk en de obstakels niet groter is dan 10 x de gemiddelde hoogte van de obstakels, ligt het bouwwerk 'beschut'.

Indien een windklimaatonderzoek noodzakelijk geacht wordt, biedt de NEN 8100 de mogelijkheid om eisen aan windhinder (= 'comfort') en windgevaar (zie paragraaf 3.2) te formuleren. Er worden kwaliteitsklassen onderscheiden, waarbinnen de windhindergevoeligheid afhankelijk is van de activiteit die maatgevend wordt geacht voor elk gebied, zie hieronder.

Criteria voor windhinder

Het criterium voor de beoordeling van windhinder is uit de volgende onderdelen opgebouwd:

- Een drempelsnelheid ter beoordeling van windhinder.
  De drempelsnelheid bedraagt 5 m/s.
- Een overschrijdingskans van deze drempelsnelheid.
  Hoe vaker de drempelsnelheid van 5 m/s overschreden wordt, hoe slechter het windklimaat ervaren zal worden. Aan de kans dat de drempelsnelheid van 5 m/s overschreden wordt zijn 5 kwaliteits-klassen (A tot en met E) gekoppeld. Het beste windcomfort wordt gevonden in klasse A. Klasse E staat voor het laagste kwaliteitsniveau.
- Windhindergevoeligheid van de activiteit die men op een locatie onderneemt.
  Bij de criteria ten aanzien van windhinder wordt rekening gehouden met de activiteit die maatgevend of kenmerkend voor een gebied wordt geacht. Een gebied kan gezien worden als een duidelijk afgebakend deel van de openbare ruimte: 'plein' of 'trottoir', maar ook als een nader aan

te wijzen zone voor een entree (entreegebied). Afhankelijk van de windhindergevoeligheid van die activiteit wordt een overschrijding van de drempelsnelheid geaccepteerd.
Er worden bij de beoordeling van windhinder drie 'activiteiten' onderscheiden:
- Doorlopen: Niet / nauwelijks windhindergevoelig, bijvoorbeeld: parkeerterrein, trottoir.
- Slenteren: Wel windhindergevoelig, bijvoorbeeld: entree, park, winkelstraat.
- Langdurig zitten: Meest windhindergevoelig, bijvoorbeeld: terras, bankje in park.

Afhankelijk van de activiteit wordt aangegeven of het lokale windklimaat, bij een bepaalde overschrijding van de drempelsnelheid (= kwaliteitsklasse) als goed, matig of slecht voor de activiteit beoordeeld wordt, zoals aangegeven in Tabel 11**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**

Prestatieniveaus:

	Kwaliteitsklasse				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**
Kans dat de drempelsnelheid (5 m/s) overschreden wordt [% van aantal uren per jaar]	< 2,5 %	2,5 - 5 %	5 - 10 %	10 - 20 %	> 20 %
Activiteiten					
Doorlopen (niet windhinder gevoelig)	Goed	Goed	Goed	Matig	Slecht
Slenteren (wel windhinder gevoelig)	Goed	Goed	Matig	Slecht	Slecht
Langdurig zitten (meest windhinder gevoelig)	Goed	Matig	Slecht	Slecht	Slecht

Tabel 11 : Beoordeling van het windklimaat.

Bepalingsmethode:

NEN 8100 (2006) nl: "Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving"

Aanvulling(en):

Noodzakelijkheid van windonderzoek: beslismodel

Om snel en eenvoudig de noodzaak van toetsing van een bouwplan ten aanzien van windhinder in te schatten is in de NEN 8100 een beslismodel opgezet. Dit beslismodel is vooral van toepassing indien het ambitieniveau niet zo hoog is: kwaliteitsklasse C of D. Wordt een zeer goed windklimaat nagestreefd (kwaliteitsklasse A of B) dan kan ook voor een bouwplan, waar op grond van het beslismodel volgens de NEN 8100 geen onderzoek noodzakelijk is, een onderzoek naar het windklimaat nodig zijn om de maatregelen te bepalen die nodig zijn om dat hoge ambitieniveau te bereiken.

Windhinder wordt in de norm beoordeeld voor gezonde en vitale mensen. Als een gebouw bedoeld is voor kleine kinderen, invaliden en bejaarden, zou men strengere normen moeten hanteren dan NEN 8100 hanteert.

Geadviseerd wordt om bij een hoog ambitieniveau een windhinderdeskundige een (kwalitatief) vooronderzoek te laten uitvoeren, waarbij nagegaan dient te worden of er een noodzaak is van toetsing van de bouwplannen door een (kwantitatief) windtunnel- of CFD-onderzoek.

3.2 Windgevaar

Met windgevaar worden zodanig hoge windsnelheden bedoeld dat mensen ernstige problemen ondervinden tijdens het lopen. Bejaarden, mindervaliden en kinderen lopen een risico te vallen.

Criteria voor windgevaar

Voor windgevaar wordt een drempelsnelheid van 15 m/s (uurgemiddelde windsnelheid) aangehouden.

Prestatieniveaus:

Kans dat de drempelsnelheid (15 m/s) overschreden wordt [% van aantal uren per jaar]	< 0,05%	0,05 - 0,3 %	> 0,3 %
Kwalificatie	geen gevaar, voldoet	beperkt risico	gevaarlijk

Tabel 12 : Criteria voor windgevaar volgens NEN 8100.

Bepalingsmethode:

NEN 8100: “Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving”.

Aanvulling(en):

Een ‘beperkt risico’ is slechts acceptabel bij niet windhindergevoelig gebruik, te weten de activiteit ‘doorlopen’ of voor plekken waar geen activiteit zal plaatsvinden (geen entrees, loop- of fietsroutes). Voor de activiteiten slenteren en langdurig zitten is een beperkt risico op gevaar niet acceptabel. Alle situaties met een overschrijdingskans groter dan 0,3 % van de tijd zijn evident gevaarlijk en behoren te allen tijde te worden vermeden; het publiek mag hier niet aan worden blootgesteld.

3.3 Bezonning en beschaduwing

Eisen aan beschaduwing (of bezonning) dienen om een goed ‘klimaat’ te verzekeren.

Er zijn geen wettelijke eisen of publiekrechtelijke normen inzake bezonning of beschaduwing. Wel hebben sommige lokale overheden eisen gesteld, soms als toets voor in principe ieder bouwplan, soms als onderdeel van een hoogbouw-effect rapportage. Beschaduwing wordt in een stedelijke omgeving veelal niet alleen door één enkel gebouw veroorzaakt, maar door alle gebouwen.

Door de realisatie van een gebouw kan er een reductie van de zonbestraling op een gevel van een ander gebouw of een terrein optreden. Eisen aan bezonning of beschaduwing kunnen gesteld worden om verschillende redenen:

- Het vermijden van hinder door te langdurige schaduw op de gevels van omringende gebouwen.
- Het vermijden van hinder door te langdurige schaduw op gebieden in de buitenlucht bestemd voor langdurig zitten.

Uit onderzoeken blijkt dat 91 tot 95% van bewoners graag zon in de woning heeft. Daarbij bestaat een duidelijk verschil in waardering van de periode dat "zoninstraling" gewenst is, afhankelijk van de bestemming van het vertrek dat aan de gevel is gesitueerd. Zo is de behoefte aan zoninstraling in de woonkamer en de keuken beduidend groter dan voor een slaapkamer.

Voor utiliteitsgebouwen is er geen duidelijke wens voor bezonning. Eerder wordt bezonning van een gevel van bijvoorbeeld een kantoorgebouw als onwenselijk ervaren.

Er zijn geen wettelijke eisen, wel is er een redelijk algemeen geaccepteerd ambitieniveau dat aansluit bij de zogenaamde 'lichte TNO-norm'.

Prestatieniveaus:

Beschaduwing (door kantoorpanden) voor bezonning van gevels van woningen:

- Als richtlijn kan aangehouden worden dat gedurende ten minste 8 maanden per jaar (19 februari tot 21 oktober) ten minste 2 uur per dag bezonning van het midden van de gevel van een woning op 1,5 m boven maaiveld mogelijk moet zijn. Daarbij wordt de mogelijke bezonningsduur bij een zonshoogte van minder dan 10° niet meegerekend.
- Bij het beoordelen van de bezonningssituatie dient de bestaande (huidige) situatie als referentie te worden beschouwd. De nieuwe situatie mag niet verslechteren ten opzichte van de bestaande situatie met een grens zoals genoemd in de lichte TNO-norm. Indien de bestaande situatie reeds niet aan deze norm voldoet, dan is deze norm voor de nieuwe situatie niet van toepassing.

Bepalingsmethode:

Lichte TNO-norm voor bezonningsonderzoek i.c.m. zonsimulatie programma.

Aanvulling(en):

Er zijn gemeenten die een sommatie van de bezonningsduur van verschillende gevels toestaan voor vertrekken in een woning die daglichtopeningen in verschillende gevels hebben.

3.4 Reflectie van (zon-) licht op de gevels van een gebouw

Eisen aan de reflectiecoëfficiënt van een gebouw dienen om hinder door reflectie van (zon-) licht tegen de gevels van een gebouw te voorkomen.

Er zijn geen wettelijke eisen of publiekrechtelijke normen voor de reflectie van licht door gebouwen. Wel zijn er in het verleden projecten gerealiseerd die tot een zodanige hinder hebben geleid dat er juridische procedures over zijn gevoerd.

Criteria voor de reflectiecoëfficiënt van de gevels van gebouwen:

In Tabel 13 is een classificatie voor de buitenlichtreflectie van gevels opgenomen. De eisen gelden aan de buitenlichtreflectiecoëfficiënt van elk materiaal dat is toegepast als gevelafwerking aan de buitenzijde van het gebouw, er mag geen toetsing aan een gemiddelde lichtreflectiecoëfficiënt plaatsvinden. Voor beglazingen dient de buitenlichtreflectie RL_{ext} bepaald te zijn volgens EN 410. Klasse D mag in een goed ontwerp niet worden toegepast. De 3 kwaliteitsniveaus betreffen zodoende klasse A t/m C.

Prestatieniveaus:

	Waardeoordeel	**Buitenlichtreflectie [%]**
Klasse A	Goed	$RL_{ext} \leq 15\%$
Klasse B	Verantwoord	$15 < RL_{ext} \leq 20\%$
Klasse C	Matig	$20 < RL_{ext} \leq 30\%$
Klasse D	Slecht	$RL_{ext} > 30\%$

Tabel 13 : Klasse-indeling en waardering van buitenlichtreflectie.

Opmerkingen:

- Klasse A is te zien als een basisniveau voor de kwaliteit ten aanzien van de buitenlichtreflectie, waarbij het oordeel goed is. In deze klasse valt het grootste deel van de gebruikelijke beglazing, inbegrepen de (licht-) zonwerende beglazingen.
- Klasse B omvat beperkt reflecterende gevelafwerkingen, waaronder de beglazingen die als 'licht reflecterend' beschouwd mogen worden.
- Klasse C omvat de reflecterende gevelafwerkingen, waaronder de beglazingen die als 'reflecterend' beschouwd moeten worden. Bij gebouwen die voorzien zijn van gevelafwerkingen die in klasse C vallen kan hinder door lichtreflectie optreden.

Er zijn vele typen beglazing die een buitenlichtreflectie van minder dan 15% hebben: het gewone blanke floatglas (zowel enkel als dubbelglas), HR^{++}-beglazing en meerdere typen zonwerende beglazing. Ook in de zonwerende beglazingen zijn meerdere glastypen van verschillende fabrikanten leverbaar met een buitenlichtreflectie van minder dan 15% en een absolute zontoetredingsfactor (ZTA-waarde) van niet meer dan 30%.

De buitenlichtreflectie heeft enkel betrekking op de directe (spiegelende) reflectie. Een lichte en mat afgewerkte gevel heeft een buitenlichtreflectie die groter zal zijn dan 30%, maar zal niet leiden tot hinderlijke reflectie.

3.5 Buitenluchtkwaliteit

Slechte luchtkwaliteit is ongewenst als buitenruimten actief worden benut en gebruikers daar een fysieke inspanning leveren.

In de Wet Milieubeheer (Wm) zijn grenswaarden op basis van blootstellingsduur en uit oogpunt van volksgezondheid vastgelegd. In Nederland is regelgeving omtrent luchtkwaliteit vastgelegd in de Wet milieubeheer en de Regeling beoordeling luchtkwaliteit (Rbl).

Hoe de luchtkwaliteit kan worden gemeten en berekend is aangegeven in de Rbl. Volgens de Regeling en de Wet zijn er geen beperkingen om te bouwen/wonen wanneer de concentraties van de maatgevende stoffen stikstofdioxide (NO_2), fijn stof (ook wel PM10: kleine stofdeeltjes, doorsnee tot 10 micrometer) en zwevende deeltjes (ook wel PM2.5 vanaf 2015) onder de grenswaarden blijven. In het geval van voorzieningen voor gevoelige groepen zoals kinderen, bejaarden en zieken zal extra onderzoek moeten uitwijzen dat er geen sprake is van een (dreigende) overschrijding van de grenswaarden.

De Nederlandse (Europese) grenswaarden uit het oogpunt van gezondheid voor fijn stof (jaargemiddelde concentratie) liggen beduidend hoger dan de grenswaarden voorgesteld door de WHO (World Health Organisation). Voor de veel kleinere fracties fijn stof (<PM1) en het voor de gezondheid veel schadelijker ultrafijn stof (PM0,1) gelden vanuit de Nederlandse wetgever geen eisen. Ultrafijn stof is een actueel onderwerp in het maatschappelijk debat en van hedendaags wetenschappelijk onderzoek.

In Nederland is de luchtkwaliteit slechter dan in overige Europese landen, dit komt onder andere door de hoge bevolkingsdichtheid en het compacte ruimte gebruik. Op verkeersbelaste zones binnen de Randstad worden de normen voor luchtkwaliteit overschreden.

Voor kantoorlocaties waar mensen maar een deel van de dag verblijven gelden vanuit de Wm geen eisen voor luchtkwaliteit. Volgens het blootstellingscriterium dient de luchtkwaliteit te worden beoordeeld daar waar de bevolking kan worden blootgesteld gedurende een periode die in vergelijking met de middelingstijd van de betreffende luchtkwaliteitseis significant is. Hoewel voor kantoorlocaties uurlijkse en 24-uurs grenswaarden relevant zijn, gezien de middelingstijd, worden deze grenswaarden in Nederland nagenoeg niet overschreden. Uitgezonderd zijn kantoorlocaties boven een drukke auto(snel)weg.

In veel gevallen zal het toch onwenselijk zijn kantoren te vestigen op locaties met een relatief slechte luchtkwaliteit. Werknemers kunnen bijvoorbeeld behoren tot een gevoelige groep, het kantoor heeft een baliefunctie met veel bezoekers, of de zorg van een werkgever voor het bieden van een veilige

werkplek. Slechte luchtkwaliteit is ook ongewenst als buitenruimten actief worden benut en gebruikers daar een fysieke inspanning leveren.

Voor het verbeteren van de buitenluchtkwaliteit kan aangesloten worden bij de ontwerpoplossingen van de GGD, waarvan enkele specifiek van toepassing zijn voor kantoren en kantoorlocaties.

Ontwerpoplossingen zijn te onderscheiden in het nemen van bron-, overdracht- en ontvangstmaatregelen.

- Bronmaatregelen zijn veelal generieke maatregelen. Denk aan strengere emissie eisen autoverkeer. Het stimuleren van andere vervoerswijzen en telewerken wordt ook gezien als bronmaatregel, evenals het beperken van parkeervoorzieningen.
- Overdrachtsmaatregelen zijn maatregelen tussen bron en ontvanger, bijvoorbeeld het natreinigen van de weg.
- Ontvangstmaatregelen zijn effectief daar waar mensen zich bevinden. Gedacht kan worden aan de ventilatievoorziening van gebouwen, aan geluid- en/of luchtschermen, vliesgevels (bebouwing), hogere gebouwen (dragen bij aan sterkere luchtstroming) en een ruimere opzet van weg-layout.

In de aanvullingen hieronder worden enkele ontwerpoplossingen nader toegelicht.

Prestatieniveaus:

gevoelige groep	**Gebruik buitenruimte (fysieke inspanning)**	**ambitieniveau buitenlucht-kwaliteit**	**buitenlucht-kwaliteit verontreiniging [PM10] en [NO2]**	**ontwerp-oplossingen**
Ja	ja	A	A: < 20 µg/m^3	ja
Ja	nee	A of B	B: 20 – 30 µg/m^3	ja
Nee	ja	A	A: < 20 µg/m^3	ja
Nee	nee	A, B of C	C: 30 – 40 µg/m^3	niet nodig

Tabel 14 : Ambitieniveau voor buitenluchtkwaliteit

De tabelwaarden gelden voor gebruikers die behoren tot een gevoelige groep en/of een buitenruimte actief voor fysiek inspanning gebruiken, uitgaande van normale stedelijke omgeving (luchtkwaliteit klasse C).

Aanvulling(en):

Schermen

Geluids- en of luchtschermen hebben een positief effect op de luchtkwaliteit in de directe omgeving van de weg. De oplossing is alleen voor rijkswegen en drukke provinciale wegen denkbaar. Binnen het stedelijk gebied zijn schermen veelal ruimtelijk onmogelijk of stuiten op stedenbouwkundige bezwaren.

Afschermende gevels

Met een vliesgevel aan een gebouw kan een tussenruimte worden gecreëerd die het gebouw afschermt van lawaai en luchtverontreiniging. Door de tussenruimte te ventileren met 'schone' lucht vanaf de luwe zijde van het gebouw, is het mogelijk om alle daaraan gelegen ruimten en de tussenruimte te voorzien van lucht die aan de eisen voor een goede luchtkwaliteit voldoet.

Buitenruimten

Voor buitenruimten geldt dat deze op milieubelaste locaties zoveel mogelijk aan de luwe zijde (minst belaste zijde) van het gebouw gesitueerd dienen te worden. Op deze wijze wordt optimaal gebruikgemaakt van de gebouwvorm.

Gebouwvorm

Een aantal stedenbouwkundige principes kunnen de luchtkwaliteit beïnvloeden. Oplossingen voor knelpunten van luchtverontreiniging hebben echter ook (ruimtelijke) nadelen. Hoe hoger gebouwen, hoe harder het op loopniveau gaat waaien. Dit leidt tot lagere concentraties luchtverontreiniging. Het effect op de verblijfswaarde van de openbare ruimte kan vanuit het oogpunt van windhinder echter minder gunstig uitpakken. Bij een stelsel van gebouwen speelt dit mogelijk nog sterker. Met (CFD) computational fluid dynamics kunnen deze effecten gecombineerd in beeld worden gebracht.

Weg-layout en bebouwing

Bij luchtkwaliteit rondom drukke wegen is de directe fysieke omgeving van belang. Hoe breder de wegen, des te eenvoudiger verdunt luchtverontreiniging door wind. Brede wegen zijn kostbaar vanwege het ruimtebeslag. Nieuwbouw in de directe omgeving van een bestaand kantoor kan de luchtkwaliteit ter plaatse nadelig beïnvloeden doordat een gesloten straatprofiel, canyon vorming ontstaat, waardoor lucht minder gemakkelijk verdunt.

Groen

In het algemeen geldt dat bomen de luchtkwaliteit in de stad verbeteren vanwege de opname van schadelijke stoffen uit de lucht. In de directe nabijheid van een weg hebben bomen een remmend effect op de windsnelheid waardoor de luchtverontreiniging minder verdunt en de luchtkwaliteit verslechtert. Hoewel bomen schadelijke stoffen uit de lucht opnemen is dit effect kleiner dan de negatieve invloed op de windstroming.

Tunnels

Bij zeer drukke wegen is een overkapping van de weg of het ondertunnelen van de openbare ruimte een oplossing om de luchtverontreiniging lokaal op te lossen. Omdat bij de tunnelmonden de situatie slechter wordt, zijn aanvullende voorzieningen in de vorm van schermen of mechanische afzuiging noodzakelijk om te voldoen aan de wettelijke grenswaarden.

3.6 Geluidsbelasting

Hoge geluidsbelastingen hebben tot gevolg dat de buitenruimten nabij gebouwen minder benut kunnen worden. In de Wet geluidhinder zijn hierover eisen opgenomen. Het ligt buiten de scope van dit handboek om hier verder op in te gaan.

Daarnaast zal bij hoge geluidsbelastingen de geluidswering van de gevel beter moeten zijn om een goed binnenklimaat te kunnen blijven waarborgen. In paragraaf 7 wordt hier nader op ingegaan.

3.7 Definities

- Buitenlichtreflectie (RLext): mate waarin een gevel licht reflecteert, bepaald volgens EN 410.
- PM10 , PM2,5, PM10 en PM0,1: stofdeeltjes met een diameter kleiner dan 10 µm, 2,5 µm, 1,0 µm respectievelijk 0,1 µm.
- Windhinder: ondervinden van hinder ten gevolge van wind.
- Windgevaar: optreden van een zodanig hoge windsnelheid dat bij personen in ernstige mate problemen optreden bij het lopen.

3.8 Relevante normen en documenten

- NEN 8100: (2006) “Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving’.
- Lichte TNO-norm voor bezonningsonderzoek.
- Regeling beoordeling luchtkwaliteit (Rbl).

4 Gebouwschil en constructie

Veel eisen in dit handboek hebben een relatie met de gebouwschil. De belangrijkste kwaliteitseisen aan de gebouwschil worden in dit hoofdstuk afzonderlijk besproken. Daarbij moet men zich echter blijven realiseren dat ze een onderdeel vormen van een integraal ontwerpproces, waarbij de onderlinge beïnvloeding moet worden bekeken.

De volgende aspecten komen bij de gebouwschil aan de orde:

- Daglichttoetreding en uitzicht (hoofdstuk 5)
- Hygrische kwaliteit (inwendige condensatie)- par. 4.1
- Waterdichtheid – par. 4.2
- Thermische isolatie (niet-transparante en transparante geveldelen) - par. 4.3 en 4.4
- Thermische bruggen - par. 4.5
- Luchtdoorlatendheid - par. 4.6
- Ventilatie (hoofdstuk 8)
- Geluidwering - par. 4.7
- Brandwerendheid – par. 4.8

Het betreft dus een groot aantal eisen uit verschillende invalshoeken. Een ontwerp dat aan alle eisen voldoet is daarom vaak een gecompliceerde en specialistische opgave. Zeker als er verzwarende omstandigheden zijn, zoals luchtvervuiling, een verhoogde geluidbelasting e.d.. Het is verstandig deze aspecten gestructureerd te toetsen en de ontwerper van de gebouwschil onderbouwde adviezen aan te leveren om (bouwtechnische ‘details’ van) de gebouwschil te verbeteren.

Een aantal van bovenstaande aspecten wordt behandeld in aparte hoofdstukken van dit handboek (zie de inhoudsopgave).

4.1 Hygrische kwaliteit – inwendige condensatie

In situaties waar materialen in de constructies zijn opgenomen die hun prestaties verliezen ten gevolge van vochtophoping (bijvoorbeeld hout) zullen maatregelen getroffen moeten worden.

Meestal dient voorkomen te worden dat er in gevel- en dakconstructies inwendige condensatie optreedt. Er zijn constructies, zoals gemetselde spouwmuren, waar inwendige condensatie (tegen de binnenzijde van het buitenspouwblad) geen risico met zich meebrengt. Om inwendige condensatie ten gevolge van dampdiffusie tegen te gaan wordt de gevel- of dakconstructie geanalyseerd en wordt zo nodig een dampremmende laag in de constructie opgenomen. De analyse dient meestal rekenkundig ondersteund te worden met een dampdiffusieberekening middels programma’s zoals Glaser, Match, Wufi, Glasta of gelijkwaardig.

Om damptransport door convectie tegen te gaan is een luchtdichte gebouwschil nodig. De luchtdichtingen dienen aan de ‘warme zijde’ van de constructie te worden aangebracht.

De meeste adviseurs beschikken over voldoende kennis en rekenmodellen om de gevel- en dakconstructies zorgvuldig te ontwerpen op dit aspect. Toch hebben de samenstellers van dit handboek besloten enige richting te geven door uitgangspunten en prestatieniveaus (criteria) te presenteren. In Tabel 15a-c worden de maandgemiddelden gegeven voor de buitentemperatuur, de binnentemperatuur en de relatieve vochtigheid. Desgewenst kan ook gebruik worden gemaakt van de binnenklimaatklassen en gegevens voor de berekening van condensatie zoals die in de NEN-EN 13788 worden gegeven.

	Jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Te [°C]	2,8	3,0	5,8	8,3	12,7	15,2	17,4	17,2	14,2	10,3	6,2	4,0
rv [%]	88	85	81	76	74	77	77	78	84	86	88	89

Tabel 15a : Buitenklimaat.

	Jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Ti [°C]	22,0	21,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	21,0	22,0	23,0	23,0
rvi [%]	58	50	43	39	36	35	39	43	50	57	60	60

Tabel 15b : Binnenklimaat kantoor.

	Jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	Dec
Te [°C]	22,0	21,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	21,0	22,0	23,0	23,0
rvi [%]	63	55	48	44	41	40	45	48	55	61	65	65

Tabel 15c : Binnenklimaat kantoor met hoge bezetting (bovengrens klimaatklasse II).

Prestatieniveau (beoordelingscriteria)

Vocht dat tijdens de condensatieperiode condenseert in de constructie moet weer verdwijnen tijdens de droogperiode (zomer) (geen accumulatie van vocht)

De inwendige condensatie mag niet meer bedragen dan volgt uit onderstaande toetscriteria:

Materiaal	max. hoeveelheid. [g/m^2]
steenachtig, vorstbestendig, buitenzijde dampremmende laag	50. Ψ_c .d
steenachtig, niet vorstbestendig	300. Ψ_o .d
hout, organische materialen	30. ρ_m .d
niet vochtbestendig verlijmd plaatmateriaal	50
niet capillaire folie, bij kans op lekkage naar binnen	100
isolatiematerialen	500

Tabel 16 : Toelaatbare hoeveelheid vocht.

Toename door inwendige condensatie met:

Ψ_c kritisch watergehalte [vol %]

ρ_o maximaal watergehalte [vol %]

ρ_m de soortelijke massa van het materiaal [kg/m³]

d dikte van de materiaallaag [m]

Bepalingsmethode:

Dampdiffusieberekening (Glaser, Match, Wufi, Glasta, of gelijkwaardig).

Aanvulling(en):

Naast inwendige condensatie ten gevolge van dampdiffusie, kan inwendige condensatie ook ontstaan door convectie (luchtstroming door de gebouwschil). De condensatiehoeveelheid kan dan aanzienlijk

zijn en tot grote schade leiden. Convectie wordt tegen gegaan door luchtdicht te bouwen, waarbij de luchtdichting zich aan de warme kant (normaal de binnenzijde) van de constructie bevindt.

Voorkom grote hoeveelheden bouwvocht. Te veel bouwvocht leidt tot hoge stookkosten de eerste jaren en kan in bepaalde situaties tot grote schade leiden.

4.2 Waterdichtheid

De gebouwschil dient waterdicht te zijn tegen alle vochtinvloeden van buiten.

Dat betekent niet alleen dat hemelwater niet door mag dringen tot het binnenmilieu, maar ook dat oppervlaktewater en grondwater door capillair transport niet het binnenoppervlak van de uitwendige scheidingsconstructie mag bereiken.

Het Bouwbesluit stelt de eis dat de uitwendige scheidingsconstructie waterdicht moet zijn, dit betekent dat water niet 'zichtbaar' mag zijn aan de binnenzijde en dat het vastgelegde evenwichtsvochtgehalte niet mag worden overschreden. De bepalingsmethoden om dit vast te stellen staan in de NEN 2778 "Vochtwering in gebouwen – Bepalingsmethoden". Ook zijn laboratoriumproeven beschreven om dit vast te leggen.

Prestatieniveaus:

- Water mag niet 'zichtbaar' zijn aan de binnenzijde of locaties waarvanuit een gecontroleerde waterafvoer niet mogelijk is. (NB. Denk bijvoorbeeld aan een hieldichting in een kozijnsysteem)
- Het hygroscopisch evenwichtvochtgehalte mag niet worden overschreden.

Bepalingsmethode:

NEN 2778: "Vochtwering in gebouwen – Bepalingsmethoden".

Aanvulling(en):

In de praktijk wordt vooral de beregeningsproef gebruikt. Achter een gevelelement wordt een 'kast' gebouwd die op onderdruk wordt gezet. Vervolgens wordt gedurende een bepaalde tijd een bepaalde hoeveelheid water tegen de gevel gesproeid. Vanzelfsprekend is de constructie niet waterdicht als dit water aan de binnenzijde doordringt.

Voorkomen is beter dan genezen en daarom dienen de details van de gebouwschil zorgvuldig ontworpen te worden. De NPR 2652: "Vochtwering in gebouwen - Wering van vocht van buiten en wering van vocht van binnen - Voorbeelden van bouwkundige details" geeft aanwijzingen, die zijn overgenomen in de SBR-Referentiedetails. Gestructureerd toetsen van de details in de VO-, DO- en bestekfase en tijdens de werkvoorbereiding voorkomt grotendeels dat de details niet correct worden ontworpen. Vervolgens bepaalt het vakmanschap van de uitvoerende partijen of de gevraagde prestatie wordt gerealiseerd. Ook hier zijn gestructureerde inspecties nodig om klachten op langere termijn te voorkomen.

4.3 Thermische isolatie van niet-transparant geveldelen

De warmteweerstand van de niet transparante geveldelen moet zodanig zijn dat warmteverliezen in de winterperiode worden beperkt.

De prestatie-eisen hebben betrekking op (conform Bouwbesluit):

- De niet transparante delen van een uitwendige scheidingsconstructie van een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte.
- Een constructie die de scheiding vormt tussen een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte en een kruipruimte, met inbegrip van de op die constructie aansluitende delen van andere constructies, voor zover die delen van invloed zijn op de warmteweerstand.
- Een inwendige scheidingsconstructie die de scheiding vormt tussen een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte, en een ruimte die niet wordt verwarmd of die wordt verwarmd voor uitsluitend een ander doel dan het verblijven van mensen.

Uitgezonderd is een deel van de totale oppervlakte aan scheidingsconstructies, dat overeenkomt met ten hoogste 2% van de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfunctie.

Prestatieniveaus:

Thermische Isolatie	**Kwaliteitsniveau**		
	Basis	**Goed**	**Uitstekend**
niet transparante delen	$R_{c;vloer} \geq 3,5$ m²K/W $R_{c;gevel} \geq 4,5$ m²K/W $R_{c;dak} \geq 6,0$ m²K/W	$R_{c;vloer} \geq 4,5$ m²K/W $R_{c;gevel} \geq 6,5$ m²K/W $R_{c;dak} \geq 8,0$ m²K/W	$R_{c;vloer} \geq 5,5$ m²K/W $R_{c;gevel} \geq 8,5$ m²K/W $R_{c;dak} \geq 10,0$ m²K/W

Tabel 17 : Prestatieniveaus thermische isolatie.

Bepalingsmethode:

NEN 1068: “Thermische isolatie van gebouwen – Rekenmethode”

Aanvulling(en):

Borging thermische kwaliteit gebouwschil: Geadviseerd wordt om tijdens de opleveringsfase van het gebouw een thermografisch onderzoek door een gekwalificeerd bouwfysisch bureau uit te laten voeren, dat voldoet aan de eisen die hieraan zijn gesteld in NEN-EN 13187: “Thermische eigenschappen van gebouwen -Kwalitatieve detectie van thermische onregelmatigheden in de gebouwschil- Infraroodmethode”.

De uitvoerende partij dient er vooraf van op de hoogte te zijn dat de betreffende onderzoeken plaatsvinden, omdat alleen dan de gewenste verbetering van de bouwkwaliteit ook zal plaatsvinden.

4.4 Thermische isolatie van transparant geveldelen

De warmteweerstand van de transparante geveldelen moet zodanig zijn dat warmteverliezen in de winterperiode worden beperkt. Tegelijkertijd moet er in de zomerperiode voor gezorgd worden dat zontoetreding niet tot overmatige opwarming leidt.

De prestatie-eisen hebben betrekking op (conform Bouwbesluit):

- De transparante delen van een uitwendige scheidingsconstructie van een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte.
- Een constructie die de scheiding vormt tussen een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte en een kruipruimte, met inbegrip van de op die constructie aansluitende delen van andere constructies, voor zover die delen van invloed zijn op de warmteweerstand.
- Een inwendige scheidingsconstructie die de scheiding vormt tussen een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte, en een ruimte die niet wordt verwarmd of die wordt verwarmd voor uitsluitend een ander doel dan het verblijven van mensen.

Prestatieniveaus:

Thermische Isolatie	**Kwaliteitsniveau**		
	Basis	**Goed**	**Uitstekend**
Ramen en deuren	$U_{w;maximaal} \leq 2{,}20$ W/m^2 $U_{w;gemiddeld} \leq 1{,}65$ W/m^2	$U_{w;maximaal} \leq 1{,}65$ W/m^2 $U_{w;gemiddeld} \leq 1{,}20$ W/m^2	$U_{w;maximaal} \leq 1{,}1$ W/m^2 $U_{w;gemiddeld} \leq 0{,}8$ W/m^2

Tabel 18 : Prestatieniveaus thermische isolatie.

Bepalingsmethode:

NEN 1068: “Thermische isolatie van gebouwen – Rekenmethode”

Aanvulling(en):

Tot de transparante geveldelen behoren glas, deur, kozijn en afstandhouder van het glas.

Behalve dat er door glas warmte verloren gaat ten gevolge van transmissie wordt er door zoninstraling ook warmte gewonnen. Hoeveel van deze zonnewarmte door het glas heen gaat wordt uitgedrukt in de ZTA-waarde. De gewenste zontoetreding door het glas is sterk afhankelijk van de interne warmtebronnen (IWB) per vierkante meter. Voorbeelden van interne warmtebronnen zijn personen, verlichting en apparatuur. In gebouwen met weinig IWB (o.a. hotels) zijn hogere ZTA-waardes gewenst dan in gebouwen met veel IWB.

4.5 Thermische bruggen

Uit gezondheidsoverwegingen dient de kans op het ontstaan van oppervlaktecondensatie en allergenen ter plaatse van thermische bruggen (koudebruggen) tegengegaan te worden. Daarnaast dient warmteverlies door thermische bruggen beperkt te worden.

Oppervlaktecondensatie wordt tegengegaan door de uitwendige scheidingsconstructie (schil) voldoende thermische kwaliteit te geven. Onderdeel daarvan is het reduceren van thermische bruggen. Daarnaast is de kans op het optreden van oppervlaktecondensatie mede afhankelijk van de vochtproductie/dampspanning in een gebouw. Er wordt onderscheid gemaakt in vier binnenklimaatklassen, onderverdeeld naar dampspanning. Deze klimaatklassen zijn een maat voor de kans op oppervlaktecondensatie. In Tabel 19 zijn de binnenklimaatklassen gedefinieerd.

Binnenklimaatklasse	Gemiddelde dampdruk binnen (Pi) per jaar in Pascal	Soort gebouw/ bouwwerk
I Geringe vochtproductie	$1030 \leq p_i < 1080$	Opslagruimten
II Matige vochtproductie	$1080 \leq p_i < 1320$	Kantoorgebouwen, winkels (zonder luchtbevochtiging in de winter)
III Normale vochtproductie	$1320 \leq p_i < 1430$	Woningen, scholen, bejaardentehuizen en gebouwen met geringe luchtbevochtiging in de winter
IV Hoge vochtproductie	$p_i \geq 1430$	Wasserijen, zwembaden, zuivelfabrieken

Tabel 19 : Binnenklimaatklassen (bron: SBRCurnet infoblad 64 "Koudebruggen; inventarisatie van kritische plaatsen").

Daarnaast gaat er via een thermische brug relatief veel warmte verloren. Het aandeel van het warmteverlies door deze thermische bruggen op het totale warmteverlies wordt groter naarmate gebouwen beter worden geïsoleerd.

Of een uitwendige scheidingsconstructie voldoende kwaliteit heeft om oppervlaktecondensatie en warmteverlies tegen te gaan, kan bepaald worden aan de hand van de binnenoppervlaktetemperatuur-factor (f-factor).

Prestatieniveaus:

De minimale eis uit het Bouwbesluit is een f-factor ≥ 0.5. Deze eis is alleen gebaseerd op het voorkomen van oppervlaktecondensatie, niet het tegengaan van warmteverlies.

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	**Goed**	**Uitstekend**
f-factor woning	≥ 0,65	0,70	≥ 0,75
f-factor kantoor	≥ 0,50	0,60	≥ 0,70

Tabel 20 : minimaal vereiste f-factor

Bepalingsmethode:

NEN 2778 : "Vochtwering in gebouwen – Bepalingsmethoden".

Aanvulling(en):

Veel leveranciers beschikken over berekeningen die aantonen dat voldaan wordt aan de in het Bouwbesluit aangegeven f-factor. Ook bij de SBR-Referentiedetails wordt de f-factor gegeven.

4.6 Luchtdoorlatendheid

Een te bouwen bouwwerk heeft een zodanige luchtdoorlatendheid dat het warmteverlies, en daarmee het energieverbruik, als gevolg van infiltratie en exfiltratie wordt beperkt en tochtklachten worden voorkomen.

4.6.1 Luchtdoorlatendheid van een gebouw als geheel, Bouwbesluit en EPC

Beperking van de luchtdoorlatendheid is een beoordelingsaspect in het Bouwbesluit 2012.
In afdeling 5.1 Energiezuinigheid is onder andere artikel 5.4 “Luchtvolumestroom” opgenomen. In artikel 5.4 wordt gesteld dat de luchtdoorlatendheid van de thermische schil, bepaald volgens NEN 2686:1988/A2:2008 Luchtdoorlatendheid van gebouwen - Meetmethode, niet groter mag zijn dan 0,2 m^3/s ($q_{v;10} \leq 200$ dm^3/s bij 10 Pascal (Pa)). Deze eis wordt gesteld aan voor mensen verwarmde gebouwen. Voor gebouwen groter dan 500 m^3 geldt de eis per eenheid gebouw van 500 m^3.
Bij energieprestatieberekeningen moet gerekend worden met een $q_{v;10;spec}$ zoals aangegeven in NEN 8088-1. Deze waarde is veelal strenger dan bovengenoemde eis van het Bouwbesluit en is bedoeld om het energieverlies door infiltratie verder te beperken.

Opmerking: Voor de energieprestatie wordt gewerkt aan een nieuwe Nederlandse Technische Afspraak. In deze (NTA 8800) worden mogelijk ook nieuwe eisen geformuleerd. Zodra deze bekend zijn zullen ze in dit Handboek worden vermeld.

Bepalingsmethode:

Voor de meetmethode verwijst het Bouwbesluit naar

- NEN 2686:1988/A2:2008: “Luchtdoorlatend van gebouwen - meetmethode”.

Prestatieniveau:

De volgens NEN 2686 bepaalde karakteristieke luchtvolumestroom ten gevolge van infiltratie door de gebouwschil ($q_{v;10;kar}$ per m^2 gbo) mag niet groter zijn dan de specifieke luchtvolumestroom ($q_{v10;spec}$) zoals deze in de epc-berekening is aangehouden. In aanvulling hierop mag de volgens NEN 2686 bepaalde luchtvolumestroom van het totaal aan verblijfsgebieden, toiletruimten en badruimten ($q_{v;10}$) niet groter zijn dan 200 dm^3/s (conform de eisen van Het Bouwbesluit 2012).

Voor uitvoeringsaanbevelingen wordt verwezen naar SBR publicatie 360.13 ‘Luchtdicht bouwen’.

Aanvulling(en):

De eisen die het Bouwbesluit stelt laten relatief grote luchtverliezen toe. Dit past niet bij de huidige comfort- en energieprestatie-eisen. Ook is de Bouwbesluit eis ingehaald door de huidige bouwpraktijk. Toetsing aan de waarde die in de epc berekening is aangehouden is relevanter en zal in de regel maatgevend zijn.

Waarborging luchtdichtheid gebouwschil: Geadviseerd wordt om tijdens de opleveringsfase van het gebouw een luchtdoorlatendheidsmeting uit te laten voeren die voldoet aan de eisen die hieraan zijn gesteld in NEN 2686 “Luchtdoorlatendheid van gebouwen - Meetmethode”

Deze norm is overigens in feite niet toepasbaar bij het meten van grotere gebouwen omdat de werkingssfeer is beperkt tot gebouwen met een volume van 3000 m^3. In de praktijk wordt voor grote gebouwen vaak de BREEAM-methode aangehouden (NEN-EN 13829). Of gewoon de NEN 2686, maar dan excl. het 3000 m^3-criterium.

4.6.2 Luchtdoorlatendheid van de gevel

In aanvulling op de bovengenoemde eisen is het uit bouwfysisch oogpunt aan te raden om strengere eisen te stellen aan de luchtdoorlatendheid van de gevel bij bijvoorbeeld hogere gebouwen of gebouwen die aan de kust zijn gelegen.

Bij het afleiden van de richtlijnen van de Rijksgebouwendienst (nu RVB) werd als uitgangspunt de formulering uit de toenmalige (1984) NEN 1087 “Ventilatie van Woongebouwen” genomen:
“Als aanvaardbaar wordt beschouwd dat ten hoogste één aaneengesloten uur per jaar de hoeveelheid lucht die door naden en kieren naar binnen komt gelijk is aan of groter dan de gewenste hoeveelheid lucht voor ventilatie”.
Op basis daarvan zijn de eisen bepaald die in tabel 2 gesteld zijn onder “basis”. Deze eisen geven ook nu nog een goede basiskwaliteit.

De eisen worden uitgedrukt in $dm^3/s.m^2$ voor een geveldeel als geheel en in $dm^3/s.m$ voor de luchtdoorlatendheid van naden en kieren afzonderlijk. De luchtdoorlatendheidseisen worden strenger naarmate het gebouw hoger wordt. Op grotere hoogte is de windsnelheid immers groter. Dit wordt gerealiseerd door de toetsingsdruk afhankelijk te maken van de gebouwhoogte. De maximaal toelaatbare waarde voor de luchtdoorlatendheid in $dm^3/s.m^2$ en $dm^3/s.m$ blijft hetzelfde.

Hoewel de eisen zijn geformuleerd voor “gevels” zorgen ze voor een voldoende beperking van de luchtdoorlatendheid van de gebouwschil als geheel, omdat ervan wordt uitgegaan dat de aansluitingen tussen de gevel en het dak, c.q. de begane grondvloer gewoon dicht is. Voor die (en alle andere aansluitingen) kunnen de voor “naden” aangegeven grenswaarden worden gehanteerd. Voor open delen in daken (daklichten, glazen overkapping van ruimten) kunnen dezelfde eisen worden gehanteerd als voor de gevel worden toegepast.

Prestatieniveaus:

In Tabel 21 worden de waarden gegeven voor de toetsingsdrukken. Tot aan versie 2.23 van dit Handboek werden de toetsingsrukken gebruikt uit NEN 3661 van 1988. Er zijn geen nieuwere toetsingsdrukken die speciaal voor het beoordelen van luchtdoorlatendheid zijn afgeleid beschikbaar. In de praktijk (adviesbureaus, VMRG, enz.) worden inmiddels de toetsingsdrukken gebruikt zoals die zijn gegeven in NEN 2778. Deze norm (Vochtwering in gebouwen) gaat o.a. over “Waterdichtheid van gevels”. Hoewel de daarvoor opgenomen toetsingsdrukken natuurlijk primair voor beoordeling van de waterdichtheid zijn afgeleid, wordt ervan uitgegaan dat ze ook een goede basis vormen voor het beoordelen van de luchtdoorlatendheid van de gebouwschil.

Een dermate fijne verdeling als in NEN 2778 wordt gegeven is voor het beoordelen van de luchtdoorlatendheid minder relevant. Daarom zijn in de tabel lijnen aangegeven waarboven een vaste toetsingsdruk geldt. Voor alle situaties boven de eerste lijn geldt een toetsingsdruk van 150 Pa, boven de tweede 300 Pa en zo verder. Daarmee ontstaat een serie toetsingsdrukken die goed aansluit bij de productnormen voor Ramen en deuren, respectievelijk vliesgevels. Zie verderop (1.1.3).

In NEN 2778 worden, conform NEN-EN 1991-1-4+A1+C2:2011/NB:2011, de voor Nederland aan te houden windsnelheidsgebieden gegeven zoals hier gegeven in Figuur 9.

gebied I: Markermeer, IJsselmeer, Waddenzee, Waddeneilanden en de provincie Noord-Holland ten noorden van de gemeenten Heemskerk, Uitgeest, Wormerland, Purmerend en Edam-Volendam;

gebied II: het resterende deel van de provincie Noord-Holland, het vasteland van de provincies Groningen en Friesland en de provincies Flevoland, Zuid-Holland en Zeeland;

gebied III: het resterende deel van Nederland.

Hoogte dakrand boven maaiveld	WINDSNELHEIDSGEBIED							
	Gebied I			Gebied II			Gebied III	
	kust	onbebouwd	bebouwd	kust	onbebouwd	bebouwd	onbebouwd	bebouwd
8	330	240	150	250	170	150	150	150
10	340	260	150	270	190	150	150	150
15	380	310	180	300	220	150	170	150
20	410	340	230	320	250	180	200	150
25	430	370	270	340	280	210	220	170
30	450	400	300	350	300	240	230	200
35	470	420	330	360	320	260	250	210
40	480	440	360	370	340	280	260	230
45	490	450	380	380	350	300	280	250
50	500	470	400	390	360	320	290	260
55	510	480	420	400	380	330	300	270
60	520	500	440	410	390	350	310	280
65	530	510	460	410	400	360	320	290
70	540	520	470	420	410	370	330	300
75	550	530	490	430	420	380	330	310
80	560	540	500	430	430	400	340	320
85	560	550	520	440	440	410	350	330
90	570	560	530	440	440	420	360	340
95	580	570	540	450	450	430	360	350
100	580	580	550	460	460	430	370	360
110	590	590	570	470	470	450	380	370
120	610	610	600	490	490	470	390	380
130	620	620	610	500	500	480	400	390
140	640	640	630	510	510	500	410	410
150	650	650	650	520	520	510	420	420
160	660	660	660	530	530	520	430	430
170	670	670	670	540	540	540	440	440
180	680	680	680	560	550	550	450	450
190	690	690	690	560	560	560	450	450
200	700	700	700	570	570	570	460	460
225	720	720	720	590	590	590	480	480
250	740	740	740	600	600	600	490	490
275	760	760	760	620	620	620	510	510
300	770	770	770	640	640	640	520	520

Tabel 21: Toetsingsdrukken voor de luchtdoorlatendheid, afkomstig uit NEN 2778: 2015, met de klasse-indeling van dit Handboek met waarden van 150, 300, 450, 600 en >600 Pa, overeenstemmend met de klasse-indeling van de Europese productnormen.

Figuur 9: Indeling van Nederland in windgebieden conform NEN-EN 1991-1-4+A1+C2:2011/NB:2011

Ter plaatse van de grenzen van de windgebieden moet een continue overgang worden aangenomen overeenkomend met de volgende interpolatieregels:
- van een punt in gebied I, 5 km vanaf de grenslijn met gebied II naar de grenslijn zelf;
- van een punt in gebied II, 5 km vanaf de grenslijn met gebied III naar de grenslijn zelf.

Dus vanuit het gebied met de lagere waarde, vanaf 5 km voor de grenslijn over 5 km oplopend naar de hogere waarde van het aangrenzende gebied.

Locaties met terreincategorie “kust” voldoen naar figuur NB.4 uit NEN-EN 1991-1-4+A1+C2:2011/NB:2011 aan alle drie de voorwaarden uit de volgende omschrijving:

- Voor tenminste de helft van de windrichtingen in de desbetreffende sector geldt dat de afstand van het bouwwerk tot open water, met een strijklengte van ten minste 2 km, minder is dan tienmaal *de* bouwwerkhoogte. (Strijklengte is de ononderbroken afstand waarover de wind over het water kan waaien.)
- Het bouwwerk heeft een hoogte die ten minste tweemaal de gemiddelde hoogte is van de gebouwen en andere obstakels die zich in de desbetreffende sector tussen het bouwwerk en het open water bevinden.
- Het bouwwerk is niet gelegen in windgebied III.

Terreincategorie “kust” komt met name voor bij de Noordzeekust, aan de Waddenzee, het IJsselmeer en de Zeeuwse meren.

In Tabel 22 worden de eisen gegeven die aan de luchtdoorlatendheid bij de gegeven toetsingsdruk (Tabel 21) worden gesteld. De eisen zijn in beginsel afgeleid voor kantoren, maar kunnen ook voor andere voor de huisvesting van mensen bedoelde gebouwen worden gebruikt.

Geveldeel	**Kwaliteitsniveaus**			
	Basis	**Goed**	**Uitstekend**	**Eenheid**
De gevel als geheel				
Met te openen ramen[1)]	1,80	1,25	0,75	$dm^3/s \cdot m^2$ geveloppervlakte[(2)]
Zonder te openen ramen (vliesgevels)	0,50	0,40	0,30	$dm^3/s \cdot m^2$ geveloppervlakte [(2)]
Kieren bij bewegende delen[3)]				
Kierlengte $l_k \leq 0,6$ m/m²	2,5	1,75	1,00	$dm^3/s \cdot m$ kierlengte
Kierlengte $l_k > 0,6$ m/m²	$(0,6/l_k)*2,5$	$(0,6/l_k)*1,75$	$(0,6/l_k)*1,00$	$dm^3/s \cdot m$ kierlengte
Naden en geconcentreerde lekken				
Naden in en tussen gevelelementen en bij bouwkundige aansluitingen [4)]	0,14	0,11	0,085	$dm^3/s \cdot m$ naadlengte
Plaatselijk geconcentreerde lekken	0,50	0,40	0,30	dm^3/s per 100 mm
Ventilatieroosters				
Ventilatieroosters in gesloten toestand[5)]	$1,2.q_v$	$0,8.q_v$	$0,5.q_v$	$dm^3/s.m^1$

Tabel 22: Kwaliteitsniveaus maximaal toelaatbare luchtdoorlaat bij de toetsingsdruk (Tabel 21: Toetsingsdrukken voor de luchtdoorlatendheid, afkomstig uit NEN 2778: 2015, met de klasse-indeling van dit Handboek met waarden van 150, 300, 450, 600 en >600 Pa, overeenstemmend met de klasse-indeling van de Europese productnormen.).

1) Om te voorkomen dat een groot gesloten gevelvlak met daarin 1 klein te openen raam onder deze minder zware eis voor de hele gevel valt, wordt aanbevolen om de te openen delen zelf aan de minder zware eis en de gevel minus de oppervlakte van te openen delen aan de zwaardere eis te toetsen.

2) De oppervlakte van de gevel wordt bepaald t.o.v. het buitenoppervlak. De vereiste maximaal doorgelaten hoeveelheid is inclusief het verlies door kieren en naden en exclusief het verlies door roosters.

3) Maatgevend voor de luchtdoorlatendheidseis die aan kieren wordt gesteld is de totale lengte aan kieren gemiddeld over het bijbehorende buitenoppervlak van een representatief gevelgedeelte (per vertrek, per travee of per bouwlaag).

4) De luchtdoorlaat per m² blijft maatgevend. De waarde voor de luchtdoorlaat van de naden is normaal gesproken voldoende zoals aangegeven, alleen bij zeer veel naadlengte per m² in de gevel op zich gevel zal deze waarde niet streng genoeg zijn.

5) q_v is de luchtdoorlaat van het rooster (ventilatie) uitgedrukt in $dm^3/s.m^1$ roosterlengte bij een drukverschil van 1 Pa volgens NEN 1087:2001. In plaats van de hier aangegeven luchtdoorlaat kan ook de ventilatiehoeveelheid waarvoor het rooster is ontworpen worden aangehouden.

Bepalingsmethode:

- NEN 3660:1988 “Gevelvullingen - Luchtdoorlatendheid, stijfheid en sterkte – Beproevingsmethoden”
- NEN 2686:1988/A2:2008: “Luchtdoorlatend van gebouwen - meetmethode”

- NEN EN ISO 9972: 2015: “Thermische eigenschappen van gebouwen - Bepaling van de luchtdoorlatendheid van gebouwen - Overdrukmethode”

De laatste twee normen beschrijven de meetmethode voor het bepalen van de luchtdoorlatendheid van de gebouwschil als geheel (opblaasproef). Voor het bepalen van de luchtdoorlatendheid van een representatief deel van de gevel van een groter gebouw, kan achter dat geveldeel een schot worden geplaatst dat goed wordt afgedicht tegen de omringende constructie, zodat alleen dat gedeelte van de gevel wordt beproefd.

Aanvulling(en):

Aanwijzingen voor “Luchtdicht Bouwen”worden o.a. gegeven in SBR publicatie 360.13 (2013) “Luchtdicht bouwen, theorie - ontwerp - praktijk” ISBN 978.905.367.5007.

Waarborging luchtdichtheid gebouwschil: Geadviseerd wordt om tijdens de uitvoering en in de opleveringsfase metingen zoals hierboven beschreven uit te voeren op een representatief geveldeel, inclusief de aansluiting op andere bouwcomponenten.

4.6.3 Eisen voor ramen, deuren, vliesgevels en andere gesloten gevels

De Europese normen NEN-EN 12207:2016 (ramen en deuren) en NEN-EN 12152:2002 (vliesgevels) geven een classificatie t.a.v. luchtdoorlatendheid voor productkeuze.

De beproevingsmethode voor ramen en deuren is vastgelegd in NEN-EN 1026:2016, die voor vliesgevels in NEN-EN 12153:2000.

NEN-EN 12207:2016 gaat uitsluitend over ramen en deuren. Niet over de gevel als geheel. NEN-EN 12152:2002 gaat over vliesgevels. Beide normen bieden daarmee een basis om producten die gebruikt worden om een gevel als geheel samen te stellen te classificeren en daar kwaliteits-verklaringen aan te verbinden.

Naast vliesgevels zijn er uiteraard ook nog andere typen geheel gesloten gevels: elementengevels, gevels met kozijnen zonder te openen delen, vaste geveldelen met naden, zoals bij houtskeletbouw. Aanbevolen wordt om hiervoor ook de eisen voor vliesgevels te hanteren.

Prestatieniveaus:

De luchtdoorlatendheidsklassen zijn uitgedrukt via een relatie tussen toetsingsdruk en doorgelaten luchthoeveelheid.

Gevels met te openen ramen
De eisen voor de luchtdoorlatendheid zoals die zijn gegeven in 1.1.2 (Tabel 22) gelden voor de gevel als geheel. Welke klasse ramen en deuren conform NEN-EN 12207 nodig is om aan deze overall eis te voldoen hangt af van het percentage ramen en deuren t.o.v. de totale geveloppervlakte, te beschouwen per vertrek of ruimte.
Alleen in bijzondere gevallen, zoals bij schuifpuien, bestaat de gevel voor 100% uit ramen en deuren.

In Figuur 10, de klasse indeling van NEN-EN 12207, zijn de toetsingsdrukken en de toegelaten luchtdoorlaat uit 1.1.2 voor de gevel als geheel ingetekend.

Figuur 10: Kwaliteitsklassen voor ramen en deuren conform NEN-EN 12207 met ingetekend de kwaliteitsniveaus voor de “gevel met te openen ramen” als geheel.

Voor een gevel die voor 100% uit ramen en deuren bestaat blijkt alleen de hoogste klasse van NEN-EN 12207 (class 4) conform de eisen van 1.1.2 (Tabel 1) te voldoen voor een deel van de eisen.

150 Pa -> Class 4 voldoet voor de kwaliteitsniveaus basis en goed (x)
300 Pa -> Class 4 voldoet voor de kwaliteitsniveaus basis (x)
450 en 600 Pa -> geen van de klassen voldoet (∆)

Voor de kwaliteitsniveaus goed en uitstekend voor 300 Pa en alle kwaliteitsniveaus van 450 Pa en hoger kan niet worden volstaan met het aangeven van een gewenste klasse volgens NEN-EN 12207. Indien men voor die situaties eisen wil stellen aan ramen en deuren zullen aan de fabrikant of leverancier afzonderlijke eisen moeten worden gesteld, waarbij de gewenste luchtdoorlatendheid in de vorm van een maximaal doorgelaten luchthoeveelheid bij een opgegeven drukverschil wordt aangegeven.
Omdat een gevel zelden voor 100% uit te openen delen (ramen of deuren) bestaat en de luchtdoorlatendheidseis geldt voor de gevel als geheel, ligt de situatie in de praktijk vaak wat anders.

Voor een gevel die bijvoorbeeld voor 50% uit ramen en deuren bestaat en verder geheel dicht is, mogen de ramen en deuren tweemaal zoveel lucht doorlaten, terwijl dan nog steeds aan de overall eisen van 1.1.2. (tabel 2) wordt voldaan (zie Figuur 11).

Figuur 11: Kwaliteitsklassen voor ramen en deuren conform NEN-EN 12207 met ingetekend de vereiste kwaliteitsniveaus voor een “gevel die maar voor 50% uit ramen en deuren bestaat en voor de andere 50% dicht is”. De aangegeven volumestroom betreft uitsluitend de ramen en deuren. Voor de gevel als geheel blijven de waarden van tabel 2 gelden.

Daaruit volgen de benodigde klassen voor de ramen en deuren conform NEN-EN 12207.

150 Pa -> Class 3 voor basis (o) en Class 4 voor uitstekend (x)
300 en 450 Pa -> Class 4 voor basis en goed (x)
600 Pa -> Class 4 voor basis (x).
Voor het kwaliteitsniveau uitstekend bij 300 en 450 Pa en voor de niveaus goed en uitstekend bij 600 Pa toetsingsdruk (∆) is Class 4 niet voldoende en moeten afzonderlijke eisen worden gesteld.

De juiste toe te passen klasse (NEN-EN 12207) voor ramen en deuren moet worden bepaald op basis van de voor het betreffende project geldende verhouding “ramen en deuren vs dicht”. In veel gevallen zal de hier getoonde grafiek voor 50% open en 50% dicht al voldoende informatie geven.

N.B.
Voor kieren, naden en geconcentreerde lekken blijven de eisen van 1.12 (Tabel 22) gewoon gelden. De overall eis betreft vooral het beperken van energieverlies en daarbij mag met het percentage ramen en deuren worden gerekend.

In het algemeen zal aan de eisen van 1.1.2 (Tabel 22) van dit Handboek voor de kieren afzonderlijk vanzelf worden voldaan bij het toepassen van de bovengenoemde klassen.
Als voorbeeld: de maximaal toegestane doorlaat van kieren in puien van klasse 4 bedraagt bij de toetsingsdruk van 150 Pa ca. 1 m^3/h.m ofwel ca. 0,28 dm^3/s.m. Daarmee voldoen de kieren aan de eis voor het basisniveau tot aan een kierlengte van 5,4 m per m^2 gevel aan de waarde van tabel 2 (2,5 dm^3/s.m) en voor uitstekend tot aan 2,15 m/m^2. Dat betekent dat in de praktijk de kieren op zich vrijwel nooit maatgevend zullen zijn en dat alleen naar de doorlaat per m^2 behoeft te worden gekeken bij het kiezen van een bepaalde klasse uit de productnorm NEN-EN 12207, zoals ook is gedaan in Figuur 10. Alleen bij zeer grote kierlengten per m^2 gevel moet men de luchtdoorlatendheid van de kieren op zich afzonderlijk beschouwen.

De afzonderlijke eis voor geconcentreerde lekken betreft met name behaaglijkheid (voorkomen van tocht). Daar heeft het aandeel van de ramen en deuren in de geveloppervlakte niets mee te maken.

Gevels zonder te openen ramen (vliesgevels en andere geheel gesloten gevels).

Figuur 12: Kwaliteitsklassen voor ramen en deuren conform NEN-EN 12152 met ingetekend de kwaliteitsniveaus voor de “gevel zonder te openen ramen” (vliesgevel) als geheel. Ook aanbevolen als kwaliteitsaanduiding voor andere geheel gesloten gevels.

Voor gevels zonder te openen ramen (vliesgevels) moeten de volgende kwaliteitsklassen conform NEN-EN 12152 worden gekozen:
150 Pa -> Class A1 voor basis en A2 voor goed en uitstekend
300 Pa -> Class A2 voor basis, Class A3 voor goed en Class A4 voor uitstekend
450 Pa -> Class A3 voor basis, Class A4 voor goed.
600 Pa -> Class A4 voor basis
Voor uitstekend bij 450 Pa en voor goed en uitstekend bij 600 Pa zullen afzonderlijke eisen moeten worden gesteld zoals ook hiervoor beschreven bij “Gevels met te openen ramen”.

Omdat er heel veel gevels geleverd kunnen worden die aan Class A3 of beter voldoen wordt aanbevolen om ook voor de lagere toetsingsdrukken uit te gaan van minimaal Class A3.

Hierbij wordt nog aangetekend dat de luchtdoorlatendheid per geveloppervlakte (linker as in tabel 2) maatgevend is. De luchtdoorlatendheid van de naden dient zodanig te zijn dat aan de eis per m^2 wordt voldaan.

Te openen delen in vliesgevels worden beoordeeld conform NEN-EN 12207.

4.7 Geluidswering

De geluidswering van de gevel moet waarborgen dat geluid van buiten niet tot hinder voor de gebouwgebruikers zal leiden.

Geluiden van buiten kunnen binnen als storend worden ervaren. Met name geldt dit wanneer de bron van het geluid vanaf de werkplek niet visueel waarneembaar is. Om hinder te voorkomen dient de gevel voldoende geluid te weren.

Vanuit het Bouwbesluit worden er alleen eisen gesteld aan de geluidwering van de uitwendige scheidingsconstructie van:

- Woningen.
- Kinderdagverblijven.
- Scholen.
- Bedgebieden in kinderopvang en gezondheidszorg.

Vanuit het Bouwbesluit wordt er een onderscheid naar geluidsbron gemaakt. De bronnen industrielawaai, weglawaai, spoorweglawaai en luchtvaartlawaai worden onderscheiden. Andere bronnen, zoals bijvoorbeeld scheepvaart, laad en losplaatsen of schoolpleinen blijven buiten beschouwing. Voor een goed binnenklimaat is het van belang alle mogelijke geluidsbronnen mee te nemen in de bepaling van de geluidswering. De benodigde geluidwering van de gevel wordt bepaald door de geluidbelasting buiten en het gewenste geluidniveau binnen (zie ook 7.5.1). De geluidwering moet altijd minimaal 20 dB(A) bedragen.

Prestatieniveaus:

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	**Goed**	**Uitstekend**
Karakteristieke geluidswering uitwendige scheidingsconstructie	Geluidsbelasting - 40 dB	Geluidsbelasting - 35 dB	Geluidsbelasting - 30 dB

Tabel 23 : Criteria voor de karakteristieke geluidswering van de uitwendige scheidingsconstructie.

Aanvullingen:

De geluidswering dient gebaseerd te zijn op de daadwerkelijk optredende geluidsbelastingen.

Bepalingsmethode:

NEN 5077: “Geluidwering in gebouwen”.

4.8 Brandwerendheid

In geval van brand moet veilig gevlucht kunnen worden en de omvang van de brand moet beperkt worden om verdere schade aan de omgeving en het milieu te minimaliseren.

Over het algemeen is de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (WBDBO) tussen compartimenten 30 of 60 minuten. De verschillende brandoverslagtrajecten worden berekend en er wordt nagegaan of brandwerende voorzieningen (zoals brandwerend glas) moeten worden getroffen. Het betreft bijvoorbeeld een uitslaande brand op een bepaalde verdieping en de afstand tot een hoger gelegen raam. Aan de gevel en het dak worden eisen gesteld t.a.v. de brandwerendheid. Indien een gebouw verdeeld is in brandcompartimenten dan kunnen de gevel en het dak een rol spelen om de benodigde brandscheiding te realiseren. Ook de opbouw van de gevelconstructie zelf (ter plaatse van de compartimentscheidende vloer) is daarbij van belang. Verder kunnen er risicovolle brandoverslagtrajecten zijn naar omringende gebouwen, die maatregelen vereisen. In dat geval vragen raamopeningen aandacht in het ontwerp.

Naast brandoverslag dienen de gevel- en dakdetails ook geanalyseerd te worden op branddoorslagtrajecten. De details worden dan voorzien van brandwerende materialen om dit tegen te gaan. Vaak is deze eis gecombineerd met de vereiste akoestische ontkoppelingen en dienen deze materialen ook een bepaalde akoestische kwaliteit te bezitten. In het Bouwbesluit zijn eisen opgenomen waaraan de materialen aan het oppervlak va de gebouwschil moeten voldoen met betrekking tot ‘vliegvuur’ en de bijdrage tot de brandvoortplanting.

Tenslotte bestaat de mogelijkheid dat de gevel en het dak onderdeel zijn van de hoofddraagconstructie (hiervoor zijn eisen opgenomen van 30, 60, 90 of 120 minuten brandwerendheid, zie Bouwbesluit). Ook dan moeten er maatregelen worden getroffen om het bezwijken van de constructie ten gevolge van brand tegen te gaan door deze constructie afdoende te beschermen. Er moet rekening mee gehouden worden dat een instortende constructie een andere hoofddraagconstructie ‘mee kan slepen’.

Soms vormt een te goede brandweerstand een bezwaar, bijvoorbeeld als een glazen vliesgevel voor een gebouw is ontworpen. De constructieve eisen zorgen voor dik en gelaagd glas. Indien dit niet snel genoeg bezwijkt bij brand gaat de spouw fungeren als brand- en rookkanaal.

Prestatieniveaus:

WBDBO: 30 (vluchtweg) of 60 minuten (brandcompartimenten).

Bepalingsmethode:

NEN 6068: “Bepaling van de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen ruimten”

4.9 Definities

- **Brandwerendheid**: Tijd die een constructie nodig heeft om een brand tegen te houden.
- **f-factor**: factor die wordt berekend bij toepassing van de ter plaatse voorgeschreven waarde van de overgangsweerstand R_i, met behulp van de formule: $f_{ri} = (\theta_{s;i} - \theta_e)/(\theta_i - \theta_e)$.
- **Inwendige condensatie**: wanneer warme lucht, die relatief veel waterdamp bevat, in een constructie afkoelt, zal waterdamp op zeker moment condenseren. Dit kan ontstaan door dampdiffusie of convectie.
- **Thermische brug (koudebrug)**: een gedeelte in een geïsoleerde constructie waar een grotere warmtetransmissie plaatsvindt dan in de rest van de constructie.
- **Oppervlaktecondensatie**: wanneer warme lucht, die relatief veel waterdamp bevat, in contact komt met een oppervlak met een lagere temperatuur, zal de waterdamp op dit koude oppervlak condenseren.

4.10 Relevante normen en documenten

- NEN 1068: (2012) "Thermische isolatie van gebouwen – Rekenmethode".
- NEN 2686: (1988/A2:2008) “Luchtdoorlatendheid van gebouwen – Meetmethode”.
- NEN 2778: (1991/A4:2011) “Vochtwering in gebouwen – Bepalingsmethoden”.
- NEN 6068: (2008/C1:2011) “ Bepaling van de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen ruimten”.
- NEN-EN 13187: (1998) "Thermische eigenschappen van gebouwen – Kwalitatieve detectie van thermische onregelmatigheden in de gebouwschil – Infraroodmethode”.
- NPR 2652: (2008) “Vochtwering in gebouwen - Wering van vocht van buiten en wering van vocht van binnen - Voorbeelden van bouwkundige details”.
- SBR-praktijkboek Bouwfysica. SBR-publicatie Luchtdicht Bouwen.
- SBR-referentiedetails.

5 Visueel comfort

5.1 Daglichttoetreding

Daglichttoetreding op de werkplek en het niveau van het daglicht is belangrijk voor het functioneren van mensen. De gewaarwording van daglicht bepaalt de biologische stimulatie. Gebrek aan daglicht kan leiden tot slaapstoornissen, concentratiegebrek en depressies.

Daglichtfactor

De kwaliteit van daglichttoetreding kan worden bepaald aan de hand van de te realiseren daglichtfactor. De daglichtfactor is de verhouding tussen de verlichtingssterkte op een punt in het vertrek ten opzichte van de horizontale verlichtingssterkte in het vrije veld. In de berekeningen wordt uitgegaan van een CIE-bewolkte hemel (CIE overcast sky). In formulevorm geldt:

$$DF=E_{ruimte}/E_{vrije\ veld} \times 100\%$$

Waarin:

- DF = daglichtfactor [%]
- E = (horizontale) verlichtingssterkte [lux]

Lichtreflectiefactoren

Bij de bepaling van de daglichtfactor mogen ten hoogste de volgende lichtreflectiefactoren van de ruimteafwerking in rekening worden gebracht:

- Wanden: 0,5.
- Plafond: 0,7.
- Vloer: 0,1.

Het doel van deze voorwaarde is dat na oplevering aanpassingen aan de kleur van de vloer en wanden kunnen worden gedaan. Indien hogere reflectiefactoren gehanteerd worden, zal bij een keuze voor donkerdere kleuren van vloer en wanden, niet langer voldaan worden aan de tijdens de ontwerpfase berekende daglichtfactoren.

Glaseigenschappen

Voor een kwalitatief goede daglichttoetreding worden de volgende glaseigenschappen vereist:

- Ra_{glas} (kleurweergave-index): ≥ 80%; ter voorkoming van een sombere en storende daglichtkleur.
- $L_{r,bi}$ (reflectiefactor glas binnen): ≤ 15%; ter voorkoming van storende reflecties en spiegelingen, vooral tijdens donkere dagen in het winterseizoen.

Prestatieniveaus:

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	**Goed**	**Uitstekend**
werkplek langdurig verblijf (in de gevelzone)	≥ 2 %	≥ 3 %	≥ 5 % (1)
werkplek langdurig verblijf (ongeacht afstand tot gevel)	≥ 0,9 %	≥ 1 %	≥ 2 %
Werkplek kortdurend verblijf	≥ 0,1 %	-	-

Tabel 24 :Prestatieniveaus voor de gemiddelde daglichtfactor (DF) op de werkplek

Nb.: De prestatie wordt gemeten op een horizontaal vlak op een hoogte van 800 mm.

(1) Er zijn meer criteria die een goed verlichtingsniveau bepalen. Er is nog niet eenduidig vastgesteld of DF ≥ 5% de juiste waarde is.

Bepalingsmethode:

- Ontwerpfase: berekenen met behulp van daglichtsimulatieprogramma's bij een CIE-bewolkte hemel. Hierbij moet de uiteindelijk toe te passen LTA in de berekening meegenomen worden. Standaard waarde is LTA = 60%.
- Gebruiksfase: meten conform DIN 5034-5 “Daylight in Interiors”.

Aanvulling(en):

Een werkplek voor langdurig verblijf is een werkplek waar concentratietaken en beeldschermtaken elkaar afwisselen.

- Een werkplek voor kortdurend verblijf is een werkplek waar personen in de regel niet langer dan 2 uur verblijven.
- De gevelzone betreft de zone 1500 mm vanuit de gevel of vanuit een atrium, indien dit atrium daglicht ontvangt.
- Met de gemiddelde daglichtfactor wordt het gemiddelde op de werkplek bedoeld. Hierbij dient een rekengrid van 100 x 100 mm gedefinieerd te worden.
- De werkplek betreft het gehele vertrek, met uitzondering van een randstrook van 300 mm.

Genoemde getalswaarden voor de daglichtfactor zijn o.a. ontleend aan SBR-publicatie “Daglicht in het ontwerp van utiliteitsgebouwen”, waarbij de volgende kwalificaties worden benoemd bij de aangegeven daglichtfactoren:

- 0,9 % voldoende daglicht voor langdurig verblijf;
- 2 % minimaal nodig voor kantoorvertrek;
- 3 % minimaal nodig voor min of meer permanente verblijfsplek;
- 5 % voldoende voor een dagverlichte werkplek.

5.2 Uitzicht

Contact met de buitenomgeving vanuit de werkplek heeft een belangrijke psychisch invloed op het welbevinden. Hierbij dient gedacht te worden aan herkenning van beelden, waarnemen van buitenklimaat, oriëntatievermogen in een gebouw, groen en dergelijke.

Net als voor de daglichteisen moet ‘uitzicht’ op werkplekniveau worden beoordeeld. Werkplekken voor langdurig verblijf moeten uitzicht naar de omgeving bieden. Bij werkplekken voor kortdurig verblijf is uitzicht niet strikt noodzakelijk.

Elementen die de kwaliteit van het uitzicht bepalen zijn:

- Waarnemen van het weer;
- Waarnemen van de omgeving buiten;
- Bij uitzicht op binnengebieden: het kunnen waarnemen van beweging
- Gevoel voor ruimtelijkheid;
- Waarnemen van natuurlijke elementen, zoals groen en bomen;
- Privacy.

Prestatieniveaus:

	Kwaliteitsniveau		
	basis	**goed**	**uitstekend**
Werkplek; langdurend verblijf	uitzicht naar buiten of binnengebieden	uitzicht naar buiten	uitzicht naar buiten
werkplek; kortdurend verblijf	uitzicht niet noodzakelijk	uitzicht naar buiten of binnengebieden	uitzicht naar buiten

Tabel 25 : Prestatieniveaus voor uitzicht.

Aanvulling(en):

- Uitzicht naar buiten: hiervan is sprake als er een vrij en direct uitzicht is naar buiten, waarbij wordt uitgekeken op landschap (niet alleen de hemelkoepel) of objecten inclusief gebouwen dichtbij en veraf.
- Uitzicht naar binnengebieden: bij uitzicht op een atrium, binnenplaats, binnentuin of binnenplein dient deze te zijn voorzien van enige aankleding, zoals groenvoorziening, plantenbakken, meubilair, kunstvoorwerpen en dergelijke.

5.3 Kunstlicht

Voor het uitvoeren van werkzaamheden (visuele prestatie) is een minimaal verlichtingsniveau met daarbij behorende goede kleurweergave op de werkplek vereist.

De benodigde lichtintensiteit (in lux) op de werkplek is afhankelijk van het type werk dat in de ruimte verricht wordt. De onderstaande eisen per soort werkzaamheid worden gegeven in de Nederlandse norm (NEN-EN 12464-1).

De kleurweergave-index, (Ra [-]), is de objectieve maat voor de kleurweergave van een lichtbron. Aan de hand hiervan kan worden beoordeeld of de kleuren van de omgeving, voorwerpen en mensen voldoende natuurlijk en realistisch worden weergegeven. De maximale maat voor de kleurweergave is Ra = 100.

Prestatieniveaus:

soort ruimte, taak of activiteit	**verlichtingssterkte op werkplek [lux]**	**Ra [-]**
archiveren, kopiëren, e.d.	300	80
schrijven, typen, lezen, gegevensverwerking e.d. werken met een cad systeem conferentie- en vergaderzaal	500	80
technisch tekenen	750	80
receptiebalie	300	80
Archieven (algemene verlichting)	200	80

Tabel 26 : Eisen aan de verlichtingssterkte (E_m) op het werkvlak.

Gelijkmatigheidsindex Op het werkvlak (bureaublad) ≥ 75%.

De gelijkmatigheid is de verhouding van de minimum verlichtingssterkte tot de gemiddelde verlichtingssterkte op een oppervlak.

Bepalingsmethode:

- In de ontwerpfase op basis van berekeningen, met richtwaarden uit de NEN-EN 12464-1.
- In de gebruiksfase meten conform NEN 1891 “Binnenverlichting – Meetmethoden voor verlichtingssterkten en luminanties”.

Aanvulling(en):

De kunstverlichting dient in elke ruimte tenminste afzonderlijk aan- of uitgeschakeld te kunnen worden en dient bij voorkeur per stramien of ruimte regelbaar te zijn en/of dimbaar te zijn en in delen aan en uit te schakelen.

5.4 Luminantieverdeling, zon- en helderheidswering

Wanneer er te veel contrast is tussen de verschillende kijkvlakken dan heeft dit grote invloed op het visueel comfort van de kantoormedewerker. Dit leidt tot eisen aan de verdeling van luminanties (helderheden). De toetreding van daglicht en zonnestraling mogen voor de gebruikers geen hinder veroorzaken door te grote helderheidverschillen, verblinding, reflectie of directe zoninstraling.

Luminantie is de maat voor wat mensen als helderheid ervaren en wordt uitgedrukt in Cd/m^2. In de NEN-EN 12464 is er een verschil gemaakt tussen kijkvlakken waar een werknemer naar kijkt, te weten:

- Taakvlak: de directe werkplek, bijvoorbeeld het computerscherm of het toetsenbord.
- Directe omgeving: de onderdelen die te zien zijn voor de werknemer wanneer deze werkzaam is, bijvoorbeeld de wand tegenover de werkplek.
- Periferie: de onderdelen die zichtbaar zijn wanneer de medewerker rondkijkt in de ruimte, bijvoorbeeld de deur, het raam en de wand achter de werkplek.

De verblijfsruimten dienen te worden voorzien van afdoende middelen om zon- en daglicht te kunnen temperen om zo min mogelijk hinder van helderheidverschillen, verblinding, spiegeling, reflectie of directe zoninstraling te veroorzaken. Dit vraagt om een zorgvuldige keuze van soort en richting verlichtingsarmaturen en om een diffuse algemene verlichting. Speciale aandacht dient uit te gaan naar werkplekken met beeldschermgebruik (toepassen lage luminanties), waarbij het mogelijk moet zijn het daglicht te kunnen temperen (dag-lichtregeling).

Prestatieniveaus:

- De maximale luminantieverhouding (taak, directe omgeving, periferie) moet niet meer zijn dan 1:10:30 (SBR Praktijkboek gezonde gebouwen).
- Direct zonlicht op de werkplek moet kunnen worden geweerd.

Bepalingsmethode:

- In de ontwerpfase op basis van berekeningen, met richtwaarden uit de NEN-EN 12464-1.
- In de gebruiksfase meten conform NEN 1891 “Binnenverlichting – Meetmethoden voor verlichtingssterkten en luminanties”.

5.5 Definities

- Daglichtfactor: verhouding tussen de verlichtingssterkte op een punt in het vertrek ten opzichte van de horizontale verlichtingssterkte in het vrije veld.
- Kleurweergave-index: objectieve maat voor de kleurweergave van een lichtbron.
- Luminantie: maat voor wat mensen als helderheid ervaren.

5.6 Relevante normen en documenten

- DIN 5034-5: (2010-11) “Daylight in Interiors”.
- NEN 1891: (1994) “Binnenverlichting - Meetmethoden voor verlichtingssterkten en luminanties”.
- NEN-EN 12464: (2003) “Licht en verlichting – Werkplekverlichting”.
- SBR-publicatie “Daglicht in het ontwerp van utiliteitsgebouwen”.

6 Thermisch comfort

6.1 Thermisch Binnenklimaat

Het thermisch binnenklimaat (temperatuur) op de werkplek heeft invloed op het comfort en de productiviteit van de werknemers. Thermische behaaglijkheid is het oordeel in hoeverre men het thermisch binnenklimaat comfortabel vindt. Bij een slecht thermisch binnenklimaat zijn er klachten als te koud, te warm, sterk wisselende temperaturen, tocht, asymmetrische koudestraling of warmtestraling, koude voeten, te warme voeten, te grote temperatuurgradiënt (temperatuurverschil) tussen hoofd en voeten. De productiviteit van mensen kan dan meer dan 10% lager zijn ten opzichte van een acceptabel binnenklimaat. (bron: Boerstra A.C, Leijten J.L., Binnenmilieu en productiviteit: eindelijk harde cijfers, Verwarming & Ventilatie pp. 393-397, juni 2003).

De luchttemperatuur, stralingstemperatuur, luchtsnelheid en luchtvochtigheid bepalen het thermisch binnenklimaat. Samen met het activiteitenniveau en de kledingisolatie beïnvloeden zij de thermische behaaglijkheid. Te onderscheiden zijn algemene thermische behaaglijkheid en lokale thermische behaaglijkheid.

- Beoordeling van de algemene thermische behaaglijkheid speelt met name voor de zomersituatie.
- Lokale of plaatselijke thermische (on)behaaglijkheid treedt op als slechts een deel van het lichaam te sterk afkoelt of opwarmt. Koude voeten bij een lage vloertemperatuur of te veel warmtestraling door stralingspanelen zijn daarvan voorbeelden. Lokale thermische (on)behaaglijkheid speelt vooral in de winter.

6.2 Binnenmilieu-eisen

Het voldoen aan wettelijke minimumeisen biedt geen garantie voor een goed binnenmilieu. De wettelijke eisen zijn minimumeisen waaraan in elk geval moet worden voldaan. In dit hoofdstuk wordt een classificatie van binnenmilieueisen gegeven. Deze is ontleend aan het Arbo-informatieblad en is gebaseerd op de methodiek uit het Praktijkboek Gezonde Gebouwen (cahier R2), NEN-EN-ISO 7730:2005 en NEN-EN 15251:2007. Er geldt:

- Klasse A = uitstekend
- Klasse B = goed
- Klasse C = basis

In ISSO publicatie 74 (2014) worden echter 4 kwaliteitsklassen gehanteerd. Zie bij paragraaf 1.2.2. Daar vormt in feite klasse D de “basis” (minimaal verwachtingspatroon), klasse C is wat standaard gehanteerd kan worden en wat “basis plus” genoemd kan worden klasse B (verhoogd verwachtingspatroon) is in feite “goed”, terwijl A gekenschetst kan worden als “uitstekend”

De eisen in dit hoofdstuk hebben verder betrekking op alle kantoorwerkplekken en daarmee overeenkomende situaties. Er wordt geen onderscheid gemaakt in cellenkantoren, kantoortuinen, vaste werkplekken, flexibele werkplekken zoals bij innovatieve kantoorconcepten, vergaderruimten en aanlandplekken die voor korte tijd gebruikt worden.

6.2.1 Operatieve temperatuur

De temperatuur in ruimten dient niet te hoog en niet te laag te zijn.

De grenswaarden voor de ruimtetemperaturen worden uitgedrukt in operatieve temperatuur, die is samengesteld uit de lucht- en gemiddelde stralingstemperatuur. Deze waarde is een maat voor het gecombineerde effect op de thermische behaaglijkheid. Grenswaarden voor de operatieve temperatuur staan in Tabel 27.

Hinderlijke verschillen tussen de thermische condities in het gebouw moeten worden voorkomen, zodat voor alle gebruikers een gelijkwaardig en gelijkmatig comfort bestaat.

Indien tussen naastliggende ruimten verschillende ontwerptemperaturen worden gehanteerd, kan dit tot thermische comfortklachten leiden. Deze situatie is een aandachtspunt in het ontwerp.

Richtwaarden thermische behaaglijkheid in de kantoorsituatie (statische situatie conform Fanger):

		Kwaliteitsniveau		
		basis (klasse C)	**goed (klasse B)**	**uitstekend (klasse A)**
		activiteit: voornamelijk zitten (1,2 met)		
operatieve temperatuur	winter (1,0 clo)	19-25° C	20-24° C [1)]	20-24° C + IB [2)]
	zomer (0,5 clo)	22-27° C	23-26° C [1)]	23-26° C + IB [2)]

Tabel 27 : Grenswaarden ruimtetemperatuur zomer en winter, voor kantoor / vergaderruimte.

[1)] Naregeling per vertrek

[2)] IB = mogelijkheid voor individuele beïnvloeding van de temperatuur.

Binnen deze grenzen, afgeleid van een -0,5 < PMV < 0,5, is globaal 90% van de gebouwgebruikers tevreden met het thermisch binnenklimaat (PPD = 10). Zie 6.2.2.

PMV = predicted mean vote volgens Fanger; PPD = predicted percentage of dissatisfied.

Bepalingsmethode:

- NEN-EN-ISO 7730:2005 “Klimaatomstandigheden - Analytische bepaling en interpretatie van thermische behaaglijkheid door berekeningen van de PMV en PPD-waarden en lokale thermische behaaglijkheid”.

Opmerkingen:

Deze richtwaarden kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt voor de beoordeling van temperatuursimulatieberekeningen, waarbij de temperatuur jaarlijks maar een bepaald aantal uren buiten het aangegeven gebied mag liggen, of bij een eerste beoordeling van een praktijkgeval. Voor het stellen van eisen in een p.v.e. wordt aanbevolen de hierna gegeven temperatuurgrenzen te gebruiken. Deze zijn vastgelegd in ISSO 74 “Thermische behaaglijkheid” (2014).

6.2.2 Beoordeling binnentemperatuur volgens ISSO 74 (2014)

Door een goed samenspel van gebouw, gebouwinstallaties, regelingen en het te verwachten gebruik van het gebouw moet tijdens de gebruiksuren een acceptabel/goed binnenklimaat worden gerealiseerd.

Aan de in ISSO publicatie 74 “Thermische Behaaglijkheid” (2014) gegeven eisen liggen met name de Adaptieve Temperatuur Grenswaarden ten grondslag. Daarbij wordt rekening gehouden met de adaptatie van de gebouwgebruikers aan wisselingen in buiten- en binnenklimaat. De kwaliteitsklassen zijn ingedeeld op basis van het “voorspelde percentage ontevredenen”. In afwijking van de eisen in de overige paragrafen van dit handboek zijn er voor het thermisch binnenklimaat 4 kwaliteitsklassen gedefinieerd (Tabel 28).

Prestatieniveaus:

Klasse	Voorspeld percentage ontevredenen PD	Toepassing
A	Max. 5%	Hoog verwachtingspatroon met mogelijkheid van persoonlijke beïnvloeding. Kies dit kwaliteitsniveau bijvoorbeeld als sprake is van nieuwbouw op een A-locatie
B	Max. 10%	Verhoogd verwachtingspatroon. Kies dit kwaliteitsniveau als sprake is van reguliere nieuwbouw of bijvoorbeeld als referentieniveau bij metingen in relatief nieuwe, bestaande gebouwen
C	Max. 15%	Standaard verwachtingspatroon. Kies dit kwaliteitsniveau als sprake is van renovaties of bijvoorbeeld als referentieniveau bij metingen in oudere gebouwen
D	Max. 25%	Minimaal verwachtingspatroon. Kies dit kwaliteitsniveau in bijzondere situaties, bv. als referentieniveau bij metingen in monumenten

Tabel 28: Klasse-indeling kwaliteit binnenklimaat, afhankelijk van het percentage ontevredenen.

Als ontevredenen geldt het percentage personen dat anders scoort dan -1, 0 of +1 op de bekende, door vrijwel alle onderzoekers gehanteerde 7-puntschaal, zoals die ook is gegeven in ISSO 74.

+3 Heet
+2 Warm
+1 Enigszins warm
0 Neutraal
-1 Enigszins koel
-2 Koel
-3 Koud

Fanger heeft op basis van experimenten met proefpersonen een verband afgeleid tussen activiteitsniveau van de mensen, de gedragen kleding, de klimaatomstandigheden en de “Predicted Mean Vote (PMV)”. Bij eenzelfde binnenklimaat “stemmen” mensen niet op dezelfde waarde uit de tabel. Door persoonlijke kenmerken is er een grote spreiding. Daarom is (zo mogelijk) individuele naregeling van het binnenklimaat aan te bevelen.

Fanger heeft ook een verband afgeleid tussen de PMV en het “Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)”, zie Figuur 13.

Figuur 13: Het voorspelde percentage ontevredenen (PPD) als functie van de PMV (fig. 2.2 ISSO 74)

Duidelijk is te zien dat bij een PMV = 1,0 het percentage ontevredenen al bedraagt PPD = 27%. Dat komt door de spreiding in de “Personal Vote”. Een flink aantal mensen beoordeelt het klimaat al als “warm” i.p.v. “” enigszins warm”. De kwalificatie die bij een personal vote van +2 hoort.

Uit de figuur is ook te zien, dat als het streven is om 90% van de aanwezigen tevreden te stellen (PPD = 10%) het binnenklimaat moet zorgen voor - 0,5 < PMV < + 0,5.

Bepalingsmethode:

- ISSO 74: “Thermische behaaglijkheid” (2014)
- ISSO 32: “Uitgangspunten temperatuursimulatieberekeningen” (2010)

Aanvulling(en):

<u>α en β grenzen afhankelijk van gebouw, installatie en gebruik</u>

Voor de verschillende klassen gelden binnentemperatuurgrenzen (operatieve temperatuur) die afhankelijk zijn van de "running mean outdoor temperature", θ_{rm} in °C. Daarbij wordt er verschil gemaakt tussen "gebouwen met te openen ramen en geen actieve koeling" (α-grenzen) en "gebouwen met volledige airconditioning" (β-grenzen). Wat onder deze twee "gebouwtypen" moet worden verstaan is afhankelijk van een aantal zaken: activiteitenniveau, eventueel kledingvoorschrift, aanwezigheid van te openen ramen, aanwezigheid van actieve koeling, enz. zie Figuur 14.

Figuur 14: Stroomschema ter bepaling van de te hanteren temperatuurgrenzen (α of β).
De verwijzingen in de figuur slaan op de betreffende figuren c.q. paragrafen in ISSO 74.

In Figuur 15 wordt een samenvatting gegeven van de bij de verschillende kwaliteitsklassen en “gebouwtypen” (α of β) te hanteren temperatuurgrenzen.

Figuur 15: Eisen (grenzen) voor de operatieve temperatuur binnen, in relatie tot de running mean outdoor temperature (zie ISSO 74), met aanvullend een weersafhankelijke setpointindicatie.

De klasse A-grenzen zijn niet apart aangegeven in deze afbeelding omdat ze gelijk zijn aan de grenzen van klasse B. Bij klasse A geldt als aanvullende eis dat er een mogelijkheid is tot persoonlijke beïnvloeding van het binnenklimaat (regeling).

Om onevenredig grote installaties en onnodig energiegebruik te voorkomen is het verstandig om tijdens en vlak na (één tot twee dagen) een hittegolf gedurende een paar uur per dag een overschrijding van de β-bovengrenzen (horizontale lijnen rechts in de grafiek) toe te laten. Een hittegolf wordt hier gedefinieerd als meerdere dagen met een running mean outdoor temperature van meer dan 22 °C.

In het programma van eisen moet dit punt, als men hiervan wil uitgaan, expliciet worden opgenomen. Primair gelden de temperatuurgrenzen zoals die in de figuur zijn gegeven.

<u>Enkele aandachtspunten bij de thermische behaaglijkheidsberekeningen:</u>

- Behaaglijkheidsberekeningen dienen te worden uitgevoerd conform de uitgangspunten van ISSO 74 en ISSO 32. Berekeningen dienen te zijn uitgevoerd met een dynamisch temperatuursimulatieprogramma dat voldoet aan de keurmerkeisen van ISSO.
- Indien een kantoor **gebouw/klimaattype α** heeft, dan dient:
  - elk representatief gevelelement ter breedte van een 2-persoonsvertrek (vaak “kantoor-moduulmaat” 3,6 m) ten minste een regelbaar te openen deel (raam, klep, rooster, of gelijkwaardig) te bevatten waarvan de opening op meerdere fixeerstanden (incl. kierstand) of traploos instelbaar is;
  - de effectieve doorlaat van deze opening minimaal 0,5 m^2 te zijn per moduul. In verband met eventuele aanpassing van vertrekken (verplaatsen van wanden) is het zinvol om per travee (vaak 1,8 m) een te openen deel aan te brengen. De effectieve doorlaat A_{eff} dient te worden bepaald conform par. 5.4.3 van NEN 1087. Hierbij wordt A_{eff} bepaalt uit de netto doorlaat van de opening: $A_{eff} = A_{netto} \times J(\psi)$; ISSO 74 houdt verder een minimale netto doorlaat aan van Aeff = 0,15 m^2.

- meer dan 90% van de gebruikers geen "dress code" te hebben en zodoende de mogelijkheid hun kleding af te stemmen op het weer en op het binnenklimaat (clo-waarde tussen 0,5 en 1,0)
- de temperatuur individueel regelbaar te zijn tussen 20 à 24°C (winter) en bij actieve koeling tussen 23°C à T_{atg} (zomer).
- Indien een **kantoor gebouw/klimaattype β** heeft, dan:
- dienen compenserende maatregelen te worden getroffen voor een betere waardering van het binnenklimaat door gebruikers:
- Als eis voor de regelbaarheid van de temperatuur geldt ± 2°C per vertrek, met een reactietijd van minimaal 1°C per half uur.
- Deze eis geldt voor 90% van de werktijd.
- Ook is de regelbaarheid van de zontoetreding (door van binnenuit bedienbare zonwerende voorzieningen aan de buitenzijde) een vereiste. Met zonwerend glas kan niet altijd voldoende zonwering bereikt worden. Daarnaast blijft sowieso (aan de binnenzijde) een lichtwering nodg.
- wordt een zwaardere klasse voor de kwaliteit van de binnenlucht vereist (zie hoofdstuk “luchtkwaliteit”).
- Dient actieve koeling minimaal in staat te zijn de warmtetoevoer van ventilatielucht te compenseren met de volgende parameters:
- > 45 m^3/h per persoon,
- $T_{e,max}$ = 35°C en
- $T_{inblaas}$ ≤ 25°C:
- 85 W per persoon (voelbare warmte).

Verder geldt:

- Berekeningen dienen te zijn gebaseerd op uurlijkse gemiddelde waarden van het buitenklimaat van het referentieklimaatjaar uit NEN 5060 met 5% overschrijdingskans. Voor gebouwen waar toekomstbestendigheid voor strengere klimaateisen een belangrijk issue is, kan in afwijking hiervan bijvoorbeeld het referentieklimaatjaar uit NEN 5060 met 1% of 2% overschrijdingskans worden overwogen. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze klimaatjaren onderling verschillen qua luchttemperatuur en zonbelasting. De keuze van het klimaatjaar met 1% overschrijdingskans leidt daardoor niet per definitie tot een beter thermisch binnenklimaat als het klimaatjaar met 2% overschrijdingskans.
- Om oververhitting ten gevolge van de luchtverversing door luchtbehandeling in warme zomers te voorkomen, dient tot een buitenluchttemperatuur van 35°C de inblaasluchttemperatuur niet hoger te worden dan 25°C.
- Voor de beglazing moeten betrouwbare gegevens gehanteerd worden die de werkelijkheid zoveel mogelijk benaderen (geen schatting, maar bijv. door de leverancier gespecificeerde waarden, gebaseerd op metingen of berekeningen). Zonwerende eigenschappen van voorzieningen die niet bij de oplevering aanwezig zijn, mogen niet worden meegenomen in de ATG-beoordeling.
- Voor materiaalgegevens zoals warmtegeleidingscoëfficiënten, warmtecapaciteit, dichtheid en absorptie van zonne-energie dient te worden uitgegaan van genormeerde of algemeen geaccepteerde waarden (NEN 1068, ISSO 21, SBR 9).
- In de “0-stand” voor naregeling (dus zónder naregeling) moet aan de klimaateisen kunnen worden voldaan.
- Een gebruiksduur van 8 uur (van 8.00-12.00 uur en van 13.00-17.00 uur) als er geen andere gegevens bekend zijn. Anders rekenen met de reële gebruikstijd, ook al i.v.m. de toekomstbestendigheid van hetgebouw..
- Er mag worden afgeweken van de interne warmtelasten conform ISSO 32 mits dit goed is onderbouwd (bijvoorbeeld een lager verlichtingsvermogen dan 11,5 W/m^2).

Opmerking

Thermische behaaglijkheid is een relatief complexe materie. Hier zijn alleen de eisen weergegeven met een zeer beknopte toelichting. Voor verdere definities, berekening van θ_{rm}, enz. zie ISSO 74.

6.2.3 Individuele temperatuurregeling

Prestatieniveaus:

Klasse aanduiding voor het kwaliteitsniveau van de individuele temperatuurregeling per werkplek of vertrek en reactietijd van de instelling/verstelling

Klasse	**kwaliteitsniveau**	individuele temperatuurregeling per werkplek of vertrek en reactietijd van de instelling/verstelling
A	Uitstekend	± 2,0°C regeling per werkplek met een reactietijd van minimaal 1°C per half uur
B	Goed	Geen individuele regeling per werkplek, maar regeling (± 2,0°C) per vertrek met maximaal 6 werkplekken, met een reactietijd van minimaal 1°C per half uur
C	Basis	Geen regeling die voldoet aan de voorwaarden bij klasse A of B

Tabel 29: Klasse indeling individuele temperatuurregeling en reactietijd.

Bepalingsmethode:

- Meting conform NEN-EN-ISO 7726/7730

Toelichting

Gebouwgebruikers waarderen het binnenklimaat beter als zij daar zelf invloed op kunnen uitoefenen. Een te openen raam of vergelijkbare voorziening is één van de mogelijkheden om deze invloed te realiseren, maar ook het individueel kunnen (bij)regelen van de luchttemperatuur in het vertrek verbetert de waardering. Voorwaarde is wel dat de reactietijd beperkt dient te zijn.

6.2.4 Temperatuurgradiënt

Voor kantooractiviteiten in de leefzone van een verblijfsruimte, bepaald conform NEN 1087, moet onder ontwerpcondities gedurende de gebruikstijd in zowel winter- als zomerperiode het temperatuurverschil tussen enkels en hoofd beperkt blijven.

De meetpunten liggen voor:

- zittende personen op 0,1 en 1,1 m boven de vloer en
- staande personen op 0,1 en 1,7 m boven de vloer.

Prestatieniveaus

	kwaliteitsniveau		
	basis (klasse C)	**goed (klasse B)**	**uitstekend (klasse C)**
Verticale temperatuurgradiënt [°C]	< 4	< 3	< 2

Tabel 30: Grenswaarden verticaal verschil in luchttemperatuur tussen hoofd en enkels (resp. 1,1 en 0,1 m boven de vloer (bron NEN-EN-ISO 7730).

Bepalingsmethode:

- Meting conform NEN-EN-ISO 7726/7730

6.2.5 Vloertemperatuur

Voor kantooractiviteiten in de leefzone (verblijfszone) van een verblijfsruimte, moet gedurende de gebruikstijd de vloertemperatuur binnen grenzen liggen: niet te hoog (te warme voeten) en niet te laag (koude voeten).

Bij vloerverwarmingssystemen en in zones waar men weinig vertoeft zijn oppervlaktetemperaturen tot 29°C toelaatbaar en eveneens in sanitaire ruimten en buiten de leefzone. De leefzone (waar personen kunnen zich bevinden) sluit een strook van 1,0 m uit langs de gevel.

Gedurende maximaal 50 uur per winter mag de oppervlaktetemperatuur beneden de 19°C liggen, waarbij de temperatuur van 19°C uiterlijk 3 uur na aanvang van de gebruikstijd moet worden bereikt.

Bij gerede twijfel of oppervlaktecondensatie optreedt, dienen berekeningen van oppervlaktetemperaturen van vloeren uitgevoerd te worden. Bij vloerverwarming worden oppervlaktetemperaturen conform ISSO 49 aangehouden. Indien noodzakelijk moet een berekening met een dynamisch rekenmodel worden uitgevoerd.

Prestatieniveaus:

	kwaliteitsniveau		
	basis (klasse C)	**goed (klasse B)**	**uitstekend (klasse A)**
Vloertemperatuur [°C]	17 - 30	19 - 28	21 - 26

Tabel 31: Grenswaarden vloertemperatuur gebaseerd op ISSO 74 (2014), zie ook figuur 4.

Opgemerkt wordt dat het Rijksvastgoedbedrijf voor klasse B een maximale vloertemperatuur van 26°C hanteert, gelijk aan klasse A.

Figuur 16: Relatie vloertemperatuur en percentage ontevredenen volgens ISSO 74 (2014), met daarin ingetekend de drie kwaliteitsklassen.

Bepalingsmethode:

- Meting conform NEN-EN-ISO 7726/7730

6.2.6 Stralingsasymmetrie

Voor kantooractiviteiten in de verblijfszone van een verblijfsruimte, dient bij de verschillende kwaliteitsklassen te worden voldaan aan de volgende condities:

- De horizontale stralingsasymmetrie ten gevolge van ramen of andere koude verticale oppervlakken moet kleiner zijn dan de maximum grenswaarde (ten opzichte van een klein verticaal vlak, 0,6 m boven de vloer).
- De verticale stralingsasymmetrie ten gevolge van een (ver)warm(d) plafond moet kleiner zijn dan de maximum grenswaarde (ten opzichte van een klein horizontaal vlak, 0,6 m boven de vloer).
- In geval van klimaatsystemen, zoals plafondkoelsystemen, betonkernactivering (BKA), e.d., die functioneren door middel van warme plafonds, koude wanden (ook glasvlakken), koude plafonds en/of warme wanden, geldt als maximum grenswaarde de waarden genoemd in de volgende tabel. Deze waarde wordt gemeten ten opzichte van een klein verticaal (voor wanden) of horizontaal (voor plafonds/vloeren) vlak, 0,6 meter boven de vloer.

Prestatieniveaus:

	kwaliteitsniveau		
	basis (klasse C)	**goed (klasse B)**	**uitstekend (klasse A)**
Warm plafond	< 8	< 6,5	< 5
Koude wand (glas)	< 14	< 12,5	< 11
Koud plafond	< 16	< 15	< 14
Warme wand	< 35	< 30	< 25

Tabel 32: Grenswaarden stralingstemperatuurasymmetrie, afgeleid uit ISSO 74 (2014).

Bepalingsmethode:

NEN-ISO 7726: “Ergonomie van de thermische omgeving - Instrumenten voor het meten van fysische grootheden”

6.2.7 Luchtsnelheid

Voor kantooractiviteiten in de verblijfszone van een verblijfsruimte en daarmee gelijk te stellen activiteiten, moet onder ontwerpcondities gedurende de gebruikstijd worden voldaan aan de volgende condities:

- voor zowel de winter- als de zomerperiode moet de gemiddelde luchtsnelheid kleiner zijn dan de grenswaarde zoals die bepaald kan worden uit onderstaande grafieken (Figuur 5).

De Draught Rate (DR), een maat voor het "voorspelde percentage ontevreden gebruikers van de ruimte" wordt bepaald uit de (gemeten) turbulentiegraad (T_u) van de luchtsnelheid. De T_u geeft aan in hoeverre de momentane luchtsnelheid varieert rond de gemiddelde luchtsnelheid. De T_u en de luchttemperatuur bepalen samen de maximaal toelaatbare gemiddelde luchtsnelheid volgens de grafieken "Snelheidscriteria volgens NEN-EN-ISO 7730", zoals die zijn overgenomen uit ISSO 74 (2014), zie Figuur 17.

Figuur 17: Toelaatbare gemiddelde luchtsnelheden als functie van luchttemperatuur en turbulentie-intensiteit bij drie kwaliteitsklassen (ISSO 74 tabel 2.11; gebaseerd op NEN-EN-ISO 7730)

Prestatieniveaus:

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	**Goed**	**Uitstekend**
Maximaal toegestane DR-waarde	≤ 25%	≤ 20%	≤ 15%

Tabel 33: Classificatie hinderpercentage door tocht, uitgedrukt in Draught Rating (DR-waarde) overeenkomende met het percentage gehinderden

Voor het bepalen van de grenswaarde voor de toelaatbare luchtsnelheid uit de grafieken van Figuur 17 kan men wat betreft de turbulentie-intensiteit T_u uitgaan van de volgende waarden (ISSO 74): Clean rooms T_u < 10%; kantoorruimten met mechanische ventilatie T_u = 40 - 60%. Daarmee komt de toelaatbare luchtsnelheid voor de genoemde kantoorruimten bij 22 °C voor klasse B op ca. 0,15 m/s.

N.B. Bij geopende voorzieningen voor zomerventilatie t.b.v. warmteafvoer gelden deze eisen niet.

Bepalingsmethode:

- NEN-EN-ISO 7730: "Klimaatomstandigheden - Analytische bepaling en interpretatie van thermische behaaglijkheid door berekeningen van de PMV en PPD-waarden en lokale thermische behaaglijkheid" (2005)

6.2.8 Luchtvochtigheid

In verblijfsruimten geldt een maximale relatieve vochtigheid (RV) om overmatige transpiratie tegen te gaan.

Acceptabel is wanneer dit in 90% van de kantoortijd gerealiseerd wordt.

Prestatieniveaus:

	Relatieve luchtvochtigheid (RV):
In verblijfsruimten	geen ondergrens ofwel de relatieve vochtigheid volgt uit de absolute vochtigheid van de buitenlucht. Soms wordt als ondergrens nog r.v. ≥ 30% gehanteerd, maar die kan niet worden gemotiveerd vanuit door de gebouwgebruikers waargenomen behaaglijkheid.
In verblijfsruimten	≤ 70%

Tabel 34: Eisen aan de relatieve luchtvochtigheid.

Bepalingsmethode:

- meten

Aanvulling(en):

Voor ruimten met apparatuur gelden specifieke eisen (fabrikant). Voor archieven gelden eveneens strengere eisen.

6.3 Overige eisen

Bouwbesluit

In het Bouwbesluit staan geen eisen die het thermisch comfort rechtstreeks aansturen.

Wel stelt het Bouwbesluit voor nieuwbouw minimumeisen aan de thermische isolatie van gevels, vloeren en daken. Conform artikel 5.3 van het Bouwbesluit geldt voor uitwendige scheidingsconstructies van een nieuw gebouw een volgens NEN 1068 bepaalde warmteweerstand van tenminste 3,5 / 4,5 / 6,0 m²K/W voor respectievelijk de vloer / gevel / dak. De warmtedoorgangscoëfficiënt van ramen mag ten hoogste 2,2 W/m^{2}K bedragen en gemiddeld maximaal 1,65 W/m^{2}K. Dit komt neer op minimaal dubbelglas met coatings en gasvulling (HR^{++}-glas). Ook vraagt het aandacht voor de thermische isolatie van de kozijnen. Bij verbouw stelt het Bouwbesluit een eis voor de thermische isolatie van minimaal 1,3 m^{2}K/W, maar geen eisen ten aanzien van temperatuur, tocht of andere thermisch comfort aspecten. Bij het vervangen van isolatielagen is een warmteweerstand van minimaal 2.5 / 1,3 / 2,0 m^{2}K/W vereist voor respectievelijk vloer / gevel / dak.

Artikel 3.49 van het Bouwbesluit stelt dat de toevoerluchtsnelheid van verse lucht in de leefzone niet meer dan 0,2 m/s mag zijn, bepaald volgens NEN 1087, om tochtoverlast tegen te gaan. Deze eis geldt alleen voor voorzieningen ten behoeve van de basisventilatie.

Arbowet

Artikel 3, lid 1 van de Arbeidsomstandighedenwet (Arbowet) stelt dat de werkgever ernaar moet streven de arbeidsomstandigheden zo goed mogelijk te maken, tenzij dit redelijkerwijs niet haalbaar is. De Arbo-wet stelt geen specifieke eisen ten aanzien van het thermisch binnenklimaat op de werkplek.

ARBO-besluit

Artikel 6.1 van het Arbobesluit stelt minimumeisen aan het thermisch binnenklimaat op de werkplek:

„Rekening houdend met de aard van de werkzaamheden die door de werknemers worden verricht en de fysieke belasting die daar het gevolg van is, veroorzaakt de temperatuur op de arbeidsplaats geen schade aan de gezondheid van de werknemers. Normaliter doet zich deze situatie in de kantooromgeving niet voor.

Arboregelingen

Er is geen Arbobeleidsregel specifiek over thermisch binnenklimaat. Wel bevat arbobeleidsregel 6.1 diverse bepalingen aangaande hitte- en koudebelasting. Normaliter doet zich deze situatie in de kantoren niet voor.

6.4 Definities

- Absolute luchtvochtigheid: Hoeveelheid waterdamp in een bepaalde hoeveelheid lucht, uitgedrukt in gram water per m3 lucht.
- Buitentemperatuur (gewogen gemiddelde), de “running mean outdoor temperature (θ_{rm}): wordt gebruikt bij het bepalen van de adaptieve temperatuurgrenzen. Langs de x-as staat θ_{rm} deze waarde wordt bepaald uit het gemiddelde van het dagmaximum en dagminimum van de voorafgaande dagen, zie ISSO 74 (2014).
- Draught Rating (DR-waarde): Het percentage ontevredenen, gehinderd door tocht, te bepalen volgens NEN-EN-ISO 7730. Voor de bepaling van de DR moet de turbulentie-intensiteit (T_u) van de luchtsnelheid worden gemeten. De T_u betreft de mate van schommeling van de ware luchtsnelheid rond de gemiddeld gemeten luchtsnelheid. De turbulentie-intensiteit en de temperatuur bepalen de toelaatbare gemiddelde luchtsnelheid.
- Gebruikstijd: Periode dat het kantoorvertrek wordt gebruikt voor de functie waarvoor het is bedoeld.
- Leefzone: (NEN 1087): Deel van het verblijfsgebied waarin wordt voldaan aan de gestelde ontwerpcriteria ten aanzien van comfort, dat zich bevindt binnen een hoogte vanaf de vloer tot 1,8 m hoogte, afstand vanuit de uitwendige scheidingsconstructie van 1,0 meter en afstand vanuit de inwendige scheidingsconstructie van 0,2 meter.
- Metabolisme: Activiteitenniveau.
- Relatieve luchtvochtigheid: De relatieve luchtvochtigheid geeft aan hoeveel procent waterdamp zich ten opzichte van de maximale hoeveelheid waterdamp in de lucht bevindt bij een bepaalde temperatuur en luchtdruk.
- Stralingsasymmetrie (warmte): Het op één punt in een ruimte waargenomen verschil tussen ontvangen warmtestraling vanuit verschillende richtingen. Volgens NEN-ISO 7726 is de stralingsasymmetrie het verschil tussen de vlakstralingstemperatuur van twee tegenovergestelde zijden van een klein vlak. Wanneer iemand door koude- of warmtestraling aan één zijde veel sterker afkoelt of juist wordt verwarmd dan aan de andere, dan is sprake van stralings(temperatuur)asymmetrie.
- Stralingstemperatuur (gemiddelde): De uniforme Oppervlaktetemperatuur van een denkbeeldige zwarte omhulling waarmee een gebouwgebruiker dezelfde hoeveelheid stralingswarmte zou uitwisselen als in de werkelijke niet-uniforme omgeving waarin die gebouwgebruiker zich bevindt. De gemiddelde stralingstemperatuur van een binnenruimte wordt in de praktijk vaak globaal vastgesteld door de gemiddelde waarde te bepalen van de (gewogen) oppervlaktetemperaturen van wanden, vloer en plafond.
- Temperatuur (lucht): de temperatuur van de lucht in de ruimte. Dit is de temperatuur die een afgeschermde thermometer meet.
- Temperatuur (operatieve) T_{oper}: Waarde, samengesteld uit de lucht- en de gemiddelde stralingstemperatuur, die een maat is voor het gecombineerd effect op de thermische behaaglijkheid. Een meer wetenschappelijke definitie luidt: 'De uniforme Temperatuur van een denkbeeldige zwarte omhulling waarmee een gebouwgebruiker dezelfde hoeveelheid stralings- en convectiewarmte zou uitwisselen als in de werkelijke niet-uniforme omgeving waarin die gebouwgebruiker zich bevindt.
- Temperatuur (oppervlakte): De temperatuur die heerst aan het oppervlak van een vast lichaam.

- Temperatuur (vlakstraling): de uniforme temperatuur van een ruimte waarvoor de invallende straling op een zijde van een klein vlakje dezelfde is als in een niet uniforme omgeving. Het beschrijft de straling in één richting.
- Thermische behaaglijkheid: Die toestand waarin de mens tevreden is over zijn thermische omgeving en geen voorkeur heeft voor een warmere of koudere omgeving. Het is het oordeel in hoeverre men het thermisch binnenklimaat comfortabel vindt.
- Tocht: ongewenste afkoeling van een deel van het lichaam ten gevolge van een luchtstroming. Tocht is vooral voelbaar aan lichaamsdelen die niet door kleding zijn bedekt, bijvoorbeeld het hoofd, de enkels en de nek.

6.5 Relevante normen en documenten

- AI 24: binnenmilieu.
- Handboek Binnenmilieu van de RIVM.
- ISSO 21: (1994) Berekening van het energiegebruik voor klimatisering en verlichting van kantoorgebouwen.
- ISSO 32: (2010) Uitgangspunten temperatuursimulatieberekeningen.
- ISSO 49: (2004) Kwaliteitseisen vloer- en wandverwarming en vloer- en wandkoeling.
- ISSO 74: (2014) Thermische behaaglijkheid.
- ISSO: Kleintje Binnenklimaat.
- NEN 1068/A2: (2016) Thermische isolatie van gebouwen – Rekenmethoden.
- NEN 1087: (2001) Ventilatie van gebouwen - Bepalingsmethoden voor nieuwbouw.
- NEN 5060: (2008) Hygrothermische eigenschappen van gebouwen – Referentieklimaatgegevens.
- NEN-EN-ISO 7730: (2005) Klimaatomstandigheden - Analytische bepaling en interpretatie van thermische behaaglijkheid door berekeningen van de PMV en PPD-waarden en lokale thermische behaaglijkheid.
- NEN-ISO 7726: (2001) Ergonomie van de thermische omgeving - Instrumenten voor het meten van fysische grootheden.
- NPR-CR 1752: (1999) Ventilatie van gebouwen - Ontwerpcriteria voor de binnenomstandigheden.
- NEN-EN 15251: (2007) Binnenmilieu gerelateerde input parameters voor ontwerp en beoordeling van energieprestatie van gebouwen voor de kwaliteit van binnenlucht, het thermisch comfort, de verlichting en akoestiek (Engels)
- Praktijkboek Gezonde Gebouwen (cahier R2).
- SBR 9: Eigenschappen van bouw- en isolatiematerialen.

7 Akoestisch comfort

Een goed akoestisch comfort dient de volgende doelen:

- Goede speechprivacy (beschermen van vertrouwelijk informatie).
- Goede spraakverstaanbaarheid/akoestiek.
- Tegengaan van hinder door geluiden van buitenaf (van binnen of buiten het gebouw).

7.1 Samenhang geluidsaspecten

Ten behoeve van een goed akoestisch comfort zullen de verschillende geluidsaspecten op elkaar afgestemd dienen te worden. Denk hierbij onder andere aan de geluidsisolatie tussen ruimten, de geluidsafname in ruimten en de ruimteakoestiek.

Meerdere geluidsaspecten hebben invloed op ieder van de drie doelen van een goed akoestisch comfort. In Figuur 18 is de invloed zichtbaar gemaakt die geluidsisolatie tussen ruimtes en het achtergrond geluidniveau hebben op speechprivacy.

Figuur 18 : Speechprivacy tussen verschillende ruimten. Af te lezen is bijvoorbeeld dat bij een geluidisolatie van 52 dB en een achtergrondgeluidniveau in de ontvangstruimte van 30 dB(A) een goede speechprivacy is bereikt. (Let op: In plaats van $D_{nT;A}$ wordt hier $D_{nT;A;k}$ gehanteerd)

<u>Speechprivacy</u>

Het gebruik van de speechprivacy als criterium heeft als voordeel dat in een rumoerige omgeving niet een overdreven goede wand, en in een erg stille omgeving niet een te slechte wand wordt gekozen.

Voor het stemvolume kan aangehouden worden:

- normaal: 55-60 dB(A).
- verhoogde stemvolume: 65 dB(A).
- luid: 70 dB(A).

Achtergrond geluidniveau

In kleinere kantoren is een achtergrondgeluidniveau (bijvoorbeeld ruis van installaties) van 35-40 dB(A) gewenst, maar zeker niet hoger dan 40 dB(A) omdat dit door de gebruikers over het algemeen als hinderlijk wordt ervaren. Een lager niveau dan 35 dB(A) is echter evenmin wenselijk omdat dan eisen aan de geluidisolatie van de scheidingsconstructie zodanig hoog worden dat hier met normale verplaatsbare scheidingswanden niet aan kan worden voldaan.

In een open kantoorlandschap is een ruisachtig installatiegeluidniveau van circa 40 dB(A) normaal gesproken zonder meer aanvaardbaar, omdat door de gebruikers zelf een geluidniveau wordt veroorzaakt dat naar verwachting 40-45 dB(A) zal bedragen. Een aanmerkelijk lager niveau is zelfs niet gewenst omdat dan de maskering van gesprekken vermindert en dus de akoestische privacy ook minder is. Een gesprek is over het algemeen niet verstaanbaar indien het niveau van het gesprek circa 10 dB onder het achtergrondniveau ligt. Bij een achtergrondgeluidniveau van bijvoorbeeld 45 dB(A) betekent dit dus dat het niveau van het gesprek lager dient te zijn dan 35 dB.

7.2 Geluidsisolatie tussen besloten ruimten

Onder de geluidisolatie van een scheidingsconstructie wordt verstaan de mate waarin de aan één zijde van de scheidingsconstructie opvallende geluidenergie weer wordt afgestraald aan de andere zijde van de scheidingsconstructie.

Er kan onderscheidt gemaakt worden in luchtgeluid- en contactgeluid-isolatie.

Aan de geluidisolatie van vertrekscheidende constructies worden in het algemeen hogere eisen gesteld dan aan die van gangwandconstructies, omdat gangen als akoestisch minder kritische (verkeers) ruimten zijn te kwalificeren. Bovendien wordt de geluidisolatie van een gangwand in het algemeen beperkt door de aanwezigheid van een deur.

Indien in een ruimtescheidende constructie over meer dan 40 % van het oppervlak doorzichtglas wordt toegepast, zal door het zicht op de naastgelegen activiteiten doorgaans een beperktere speechprivacy geaccepteerd worden. Een reductie van 2 dB van de geluidisolatie is in dergelijke situaties acceptabel en ook realiseerbaar. Genoemde getalswaarden zijn gestoeld op basis van praktijkervaringen.

In de volgende tabel worden de prestatie-eisen ten behoeve van het akoestisch comfort in de besloten werkomgeving aangeduid.

Prestatieniveau:

	Minimaal/maximaal geluiddrukniveau richting gegeven ruimte	Akoestische richtlijnen besloten ruimten		
		Categorie 1	Categorie 2	Categorie 3
		hoge speechprivacy(1)	verhoogde speechprivacy(2)	besloten werkplek/ concentratieplek (1-4 pers.)
a	luchtgeluiddrukniveauverschil naar verblijfsruimten ($D_{nT,A}$ in dB)	> 45	> 42	> 39
b	luchtgeluiddrukniveauverschil naar verkeersruimten ($D_{nT,A}$ in dB)	> 33	> 33	> 27
c	luchtgeluiddrukniveauverschil naar verblijfsruimten via wand met deur ($D_{nT,A}$ in dB)		> 33	> 33
d	luchtgeluiddrukniveauverschil naar sanitair ($D_{nT,A}$ in dB)	> 48	> 48	> 48
e	luchtgeluiddrukniveauverschil naar overige ruimten ($D_{nT,A}$ in dB)	> 45	> 42	> 39
f	contactgeluiddrukniveau naar verblijfsruimten ($L_{nT,A}$ in dB) (incl. vloerafwerking)	< 57	< 57	< 57
g	contactgeluiddrukniveau naar verkeersruimten ($L_{nT,A}$ in dB) (incl. vloerafwerking)	< 67	< 67	< 67
h	contact-geluiddrukniveau voor huurders- of gebruikersscheiding ($L_{nT,A}$ in dB) (incl. vloerafwerking)	< 48	< 48	< 48

Tabel 35 : Prestatie-eisen voor de geluidisolatie van scheidingsconstructies.

(1) Ruimten met hoge speechprivacy als gevolg van de functie, met een min of meer vaste structuur van ruimtescheidingen (bijvoorbeeld in vergadercentra).
(2) Ruimten met verhoogde speechprivacy als gevolg van de functie in een flexibele werkomgeving (mede gerelateerd aan hetgeen realiseerbaar is met flexibele scheidingsconstructies).

Bepalingsmethode:

- NEN 5077: (2006)+C3: (2012) nl “Geluidwering in gebouwen - Bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidniveaus veroorzaakt door installaties en nagalmtijd”
- NEN-EN-ISO 16032: “Acoustics - Measurement of sound pressure level from service equipment in buildings - Engineering method”.

Aanvulling(en)

- In Tabel 35 worden de vereiste geluidisolatie-eisen nader aangeduid. Hierbij wordt een referentie-nagalmtijd van 0,5 s gehanteerd.
- In het handboek is gekozen voor het hanteren van de grootheden $D_{nT,A}$ en $L_{nT,A}$ op basis van NEN 5077: 2006 incl. C3: 2012. Deze grootheden vervangen I_{lu}, respectievelijk I_{co}.
- Onder de verkeersruimte wordt verstaan een besloten ruimte, bedoeld voor het bereiken van een andere ruimte. In een verkeersruimte dienen zodoende geen bureaus te staan. De verkeersruimte dient goed op tekening aangegeven te worden.

7.3 Geluidsafname open werkplekken

De speechprivacy in open werkplekken is afhankelijk van de afstand tussen bron en ontvanger, akoestische afwerkingen en het heersende achtergrondgeluidniveau.

Een op normale toon gevoerd gesprek heeft een niveau van circa 55-60 dB(A) op 1 m afstand. Op grotere afstand van de spreker daalt dit niveau. In het vrije veld (buiten) is de afname 6 dB(A) per afstandsverdubbeling. In een open kantoorlandschap zonder geluidswerende voorzieningen zoals schermen is een afname van 5 dB(A) per afstandsverdubbeling het maximaal haalbare.

Op 15 m afstand is er sprake van bijna 4 afstandsverdubbelingen en dus een verzwakking van 20 dB(A). Dit resulteert in een geluidniveau van 35 – 40 dB(A). Dit is doorgaans gelijk aan het heersende achtergrondniveau, waardoor een gesprek op 15 m nog verstaanbaar is. In situaties zonder geluidswerende voorzieningen betekent dit dat tot afstanden van 15 - 30 m gesprekken gehoord en deels verstaan kunnen worden.

Bij een situatie tussen werkplek-clusters met andersoortige activiteiten is een grotere afname wenselijk. Met verdiepingshoge tussenschermen en open ‘gangwanden’ is een afname van maximaal 8 a 9 dB(A) per afstandsverdubbeling haalbaar.

Prestatieniveau:

	Minimaal/maximaal geluiddrukniveau richting gegeven ruimte	Akoestische richtlijnen open ruimten	
		Categorie 4	Categorie 5
		open geclusterde werkplek (4-8 pers.)	open overlegplek callcenter
a	luchtgeluiddrukniveauverschil naar verblijfsruimten ($D_{nT,A}$ in dB)	> 39	> 39
b	luchtgeluiddrukniveauverschil naar verkeersruimten ($D_{nT,A}$ in dB)	> 27	> 27
c	luchtgeluiddrukniveauverschil naar verblijfsruimten via wand met deur ($D_{nT,A}$ in dB)	> 33	> 33
d	luchtgeluiddrukniveauverschil naar sanitair ($D_{nT,A}$ in dB)	> 48	> 48
e	luchtgeluiddrukniveauverschil naar overige ruimten ($D_{nT,A}$ in dB)	> 33	> 33
f	contactgeluiddrukniveau naar verblijfsruimten ($L_{nT,A}$ in dB) (incl. vloerafwerking)	< 57	< 57
g	contactgeluiddrukniveau naar verkeersruimten ($L_{nT,A}$ in dB) (incl. vloerafwerking)	< 67	< 67
h	contactgeluiddrukniveau voor huurders- of gebruikersscheiding ($L_{nT,A}$ in dB) (incl. vloerafwerking)	< 48	< 48

Tabel 36 : Richtlijnen voor de geluidreductie tussen open kantoren en aangrenzende ruimten.

Bepalingsmethode:

- NEN 5077: (2006)+C3: (2012) nl “Geluidwering in gebouwen - Bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidniveaus veroorzaakt door installaties en nagalmtijd”

Aanvulling(en):

STI-waarde

Vooralsnog is in het Handboek afgezien van een kwalificatie van de spraakdiscretie in open ruimten in de vorm van een Speech Transmission Index (STI-waarde). In de definitie van de STI kan indien gewenst de maskering van het achter-grondgeluidsniveau worden opgenomen, met en zonder aanwezigheid van mensen. Voor de STI-waarde als maat voor spraakverstaanbaarheid dan wel spraakdiscretie kan een van de twee onderstaande tabellen worden gehanteerd. De tabellen komen uit verschillende normen. Er is nog geen overeenstemming over de te hanteren waarden.

Spraakverstaanbaarheid	**STI [-]**	**Spraakdiscretie**
Uitstekend	> 0,75	Geen
Goed	0,60 – 0,75	Laag
Acceptabel	0,45 – 0,60	Normaal
Matig	0,35 – 0,45	Hoog
Slecht	< 0,30	zeer hoog

Tabel 37 : STI-waarden en bijbehorende beoordeling van spraakverstaanbaarheid. De waarden zijn afkomstig uit de NEN-EN-ISO 9921:2003 annex F.

De vertaling naar spraakdiscretie (en afleiding) is een interpretatie. Het verdient aanbeveling om de STI-waarden te combineren met onderlinge afstand tussen bron en ontvanger, zoals dat in NEN-EN-ISO 3382-3:2012 en wordt gedaan met de parameters rD (distraction distance) en rP (privacy distance).

Spraakdiscretie	**STI [-]**
Geen	> 0,50
geen, maar minder afleiding	0,20 – 0,50
goed en geen afleiding	< 0,20

Tabel 38 : STI-waarden en bijbehorende beoordeling van spraakdiscretie (en afleiding). De waarden zijn afkomstig uit de NEN-EN-ISO 3382-3:2012 en.

Inrichting open kantoorruimten

De aangehouden richtlijnen voor de categorieën waarbinnen de open kantoorruimten zijn ingepast (in praktische zin) leiden tot de navolgende aanbevelingen, ook gericht op de bedrijfsmatige organisatie:

- De werkzaamheden (op het gebied van concentratie en geluidproductie) van bij elkaar te situeren personen dienen zoveel mogelijk gelijksoortig te zijn.
- Besprekingen van 4 of meer personen dienen bij voorkeur niet in de open kantoorruimte te worden uitgevoerd.
- Het aantal werkplekken in een open werkgebied moet bij voorkeur tot een groepsgrootte van maximaal 4 tot 8 personen beperkt te blijven.
- Geluidproducerende activiteiten en apparaten dienen separaat te worden ondergebracht dan wel met geluidsabsorberende wanden/schermen afgeschermd te worden van de werkplekken.
- De looproutes dienen bij voorkeur afgeschermd te worden van de werkplekken middels kasten of wanden met een hoogte van circa 1,4 m.
- Alle bureaugroepen in de open werkruimte kunnen van elkaar afgeschermd worden met geluidsabsorberende schermen. Deze dienen tenminste 400 mm boven het bureaublad uit te steken, maar niet veel hoger, zodat het visuele contact tussen medewerkers gehandhaafd blijft.
- Grote open werkplekken dienen te worden voorzien met een plafondafwerking met een hoge geluidabsorptie ($\alpha_w \geq 0,85$) ter vermijding van reflecties via het plafond.

7.4 Ruimteakoestiek

Een goede akoestische beleving wordt ondersteund door een bij de functie van de ruimte passende nagalmtijd.

In de volgende tabel wordt de maximum nagalmtijd weergegeven. Het gaat hier om de nagalmtijd, gemiddeld over de octaafbanden met middenfrequenties van 250 t/m 2000 Hz. Onderscheid wordt gemaakt in ingerichte en niet-ingerichte ruimten. In niet-ingerichte ruimten zijn wel scheidingswanden, vloerbedekking en plafonds aanwezig.

Daarnaast dienen hinderlijke flutterecho's vermeden te worden om een goede ruimteakoestiek te kunnen realiseren.

Prestatieniveau:

	Soort ruimte	Maximale nagalmtijd (T in s)					
		Besloten ruimten				Open ruimten	
			Categorie 1	Categorie 2	Categorie 3	Categorie 4	Categorie 5
		Concentratie cellen / belplekken	hoge speechprivacy (1)	verhoogde speechprivacy (2)	besloten werkplek (1-4 pers.)	open geclusterde werkplek (4-8 pers.)	open overlegplek callcenter
k	ingerichte ruimte	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
	niet-ingerichte ruimte	0,6	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6

Tabel 39 : Richtlijnen voor de nagalmtijd voor kantoorfuncties.

(1) Ruimten met hoge speechprivacy als gevolg van de functie, met een min of meer vaste structuur van ruimtescheidingen (bijvoorbeeld in vergadercentra).
(2) Ruimten met verhoogde speechprivacy als gevolg van de functie in een flexibele werkomgeving (mede gerelateerd aan hetgeen realiseerbaar is met flexibele scheidingsconstructies).

Bepalingsmethode:

- NEN 5077: (2006)+C3: (2012) nl "Geluidwering in gebouwen - Bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidniveaus veroorzaakt door installaties en nagalmtijd"

Aanvulling(en):

Gekozen is voor een gemiddelde nagalmtijd van 250 – 2000 Hz. Deze is gerelateerd aan de normaal gesproken aanwezige geluidproductie in kantooromgevingen en de relatief eenvoudige configuraties van dergelijke omgevingen. Voor ruimten ≤ 25 m^2, geldt daarnaast een eis voor de 125 Hz octaafband die maximaal 1,2 maal de gemiddelde nagalmtijd bedraagt.

7.5 Richtlijnen overige akoestische aspecten

7.5.1 Achtergrondgeluidniveau van buitengeluid en installaties

Het achtergrondgeluidniveau bepaalt mede het akoestisch comfort.

In de volgende tabel worden het maximale equivalente achtergrondgeluidniveau weergegeven ten gevolge van buitengeluid (L_{Aeq}) en ten gevolge van de technische installaties ($L_{i,A}$). Deze laatste getalswaarde dient eveneens aangehouden te worden als richtlijn voor de in de ruimten aanwezige apparatuur.

Het maximale equivalente achtergrondgeluidniveau van de technische installaties betreft het totaal aan installatiegeluid van alle continu in werking zijnde installaties. Voor niet continue bronnen, bijvoorbeeld liften en sanitair/vuilwaterafvoer, geldt de eis per bron, gemeten conform NEN5077:2006 + C3 (dus o.b.v. $L_{IA;max}$).

Prestatieniveaus:

	Bron	Besloten ruimten			Open ruimten	
		Categorie 1	Categorie 2	Categorie 3	Categorie 4	Categorie 5
		hoge speechprivacy(1)	verhoogde speechprivacy(2)	besloten werkplek/ concentratieplek (1-4 pers.)	open geclusterde werkplek (4-8 personen)	open overlegplek callcenter
i	geluiddrukniveau t.g.v. buitengeluid (industrie-, spoor-, weg-, luchtvaartlawaai) (L_{Aeq} in dB)	< 35	< 40	< 40	< 40	< 45
j	installatie-geluiddruk-niveau (L_{IA} in dB)	< 35	< 35	< 35	< 40	< 40

Tabel 40 : Richtlijnen voor het achtergrondgeluidniveau van buitengeluid en installaties.

(1) Ruimten met hoge speechprivacy als gevolg van de functie, met een min of meer vaste structuur van ruimtescheidingen (bijvoorbeeld in vergadercentra).
(2) Ruimten met verhoogde speechprivacy als gevolg van de functie in een flexibele werkomgeving (mede gerelateerd aan hetgeen realiseerbaar is met flexibele scheidingsconstructies).

Bepalingsmethode:

- NEN 5077: (2006)+C3: (2012) nl “Geluidwering in gebouwen - Bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidniveaus veroorzaakt door installaties en nagalmtijd”

7.5.2 Toeslag tonaal geluid

Voor de toetsing van geluid moet ook rekening gehouden worden met bijzondere kenmerken in het geluid, die vanwege hun karakter als extra hinderlijk worden beschouwd. Vaak is dit tonaal en/of impulsachtig geluid.

Indien op de beoordelingslocatie tonaal en/of impulsachtig geluid waargenomen wordt, moet een toeslag van 5 dB(A) op het gemeten equivalente geluidsniveau ($L_{Aeq\ 31,5\text{-}20kHz}$) toegepast worden. Deze toeslag is gebaseerd op de NPR 3438 – “Ergonomie - Geluidhinder op de arbeidsplaats - Bepaling van de mate van verstoring van communicatie en concentratie”.

7.5.3 Geluidproductie ten gevolge van weersinvloeden

Geluidproductie door de gevel/luifel (zoals kraken, tikken, fluitgeluiden of tonale geluiden) ten gevolge van weersinvloeden (windbelasting, temperatuurwisselingen en bezonning) dient te worden voorkomen.

Uitzondering kan worden gemaakt voor de navolgende geluidvormen mits aan de hierna genoemde voorwaarden wordt voldaan.

- Geluid van regen en hagel op gevel- respectievelijk dakdelen dient in kantoren en andere werk- respectievelijk verblijfsruimten (rekening houdend met de diverse indelings-mogelijkheden en uitgaande van een standaarddiepte van 5,4 m en een nagalmtijd van 0,5 s) de 45 dB(A) niet te overschrijden (maximale geluidniveaus).
- Windgeluiden met een ruisachtig karakter bij windsnelheden tot circa 5 m/s (gemeten op 10 m hoogte vrije veld meteostation) dienen in binnenruimten het achtergrondgeluidniveau ten gevolge van verkeer en/of technische installaties of een geluidniveau van circa 35 dB(A) niet te overtreffen.

Prestatieniveaus:

- Geluidniveau ten gevolge van regen ≤ 45 dB(A).
- Geluidniveau ten gevolge van wind (ruis) ≤ circa 35 dB(A).

Bepalingsmethode:

- NEN 5077: (2006)+C3: (2012) nl “Geluidwering in gebouwen - Bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidniveaus veroorzaakt door installaties en nagalmtijd”

7.5.4 Geluidemissie niet inpandige installaties

Als er installaties aan de buitenzijde van een gebouw geplaatst worden (bijvoorbeeld op het dak) dan dienen deze installaties geen geluidoverlast te veroorzaken. Dit geldt zowel naar de omgeving toe als naar de eigen binnenruimten.

Ter beperking van de geluidoverlast door technische installaties naar de omgeving, worden in het kader van de Wet milieubeheer eisen gesteld. De hieronder benoemde prestatieniveaus gelden voor de geluidsbelasting op de eigen gevels.

Prestatieniveaus:

- $L_{A\,eq}$ ≤ 55 dB(A) bij te openen delen.
- $L_{A\,eq}$ ≤ 60 dB(A) zonder te openen delen.

Bepalingsmethode:

- NEN-EN-ISO 16032

7.5.5 Trillingen en bouwlawaai

Voor de bouwfase dient hinder naar en schade aan de omgeving te worden ingeschat.

Schade aan gebouwen, hinder voor personen in gebouwen alsmede storingen aan apparatuur ontstaan als gevolg van trillingen dienen te worden vermeden. Voor de grenswaarden en beoordelingsmethoden wordt aangesloten bij de SBR meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen deel A (Schade aan gebouwen), deel B (Hinder voor personen in gebouwen) en deel C (Storing aan apparatuur).

Bepaling vindt plaats aan de hand van technische specificaties. De te hanteren meetmethode wordt omschreven in de Richtlijnen van de SBR.

Inzake geluidniveaus ten gevolge van bouwactiviteiten in het eigen gebouw kan het volgende worden aangehouden:

- Het enige wettelijk voorgeschreven maximaal toelaatbaar geluidniveau op de werkplek heeft relatie met het optreden van blijvende gehoorschade en heeft betrekking op geluidniveaus van 80 dB(A) en hoger, gemiddeld over een werkdag.
- Daarnaast worden voor kantoorwerkzaamheden uit het oogpunt van comfort wel richtlijnen en aanbevelingen gegeven, maar geen wettelijk voorgeschreven toelaatbaar niveau. De richtlijnen zoals het Arbo Informatieblad AI-7 'Kantoren' geven aan dat gestreefd dient te worden naar een equivalent geluidniveau van 45 dB(A) gedurende de arbeidstijd met name voor concentratie bij beeldschermgebruik.
- Bekend is dat bij geluidniveaus boven de 55 dB(A) het voeren van telefoongesprekken wordt gehinderd. In het algemeen worden onderstaande prestatieniveaus voor kantoorwerkzaamheden aangehouden (geen wettelijke status):

Prestatieniveaus:

Vertrek	**Equivalent niveau continu dB(A)**	**Equivalent niveau ≤ 1 uur per dag dB(A)**
Kantoor	45	55

Tabel 41 : Toelaatbare niveaus in kantoren ten gevolge van bouwactiviteiten.

Bepalingsmethode:

- NEN-EN-ISO 16032: "Meting van geluiddrukniveaus van gebouwinstallaties".

7.6 Definities

- Speechprivacy: geeft aan in welke mate een gesprek dat in een ruimte wordt gevoerd in een aangrenzend vertrek of een nabije omgeving hoorbaar of verstaanbaar is.

7.7 Relevante normen en documenten

- NEN 5077: (2006)+C3: (2012) nl "Geluidwering in gebouwen - Bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidniveaus veroorzaakt door installaties en nagalmtijd".
- NEN-EN-ISO 9921: (2003) "Ergonomie - Beoordeling van spraakverstaanbaarheid".
- NEN-EN-ISO 16032: (2004) "Meting van geluiddrukniveaus van gebouwinstallaties".
- SBR meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen deel A.
- Arbo Informatieblad AI-7 'Kantoren'.

8 Binnenluchtkwaliteit

Een goede binnenluchtkwaliteit is van belang zodat:

- **personen geen nadelige gezondheidseffecten ondervinden.**
- **personen zo optimaal mogelijk kunnen presteren.**
- **geen schade optreedt aan goederen of processen.**

Minimale luchtverversingseisen in gebouwen zijn vastgelegd in het Bouwbesluit. Deze hebben ten doel om de gezondheid voor mensen te waarborgen. Het Bouwbesluit waarborgt daarmee niet de optimale omstandigheden om goed te kunnen presteren. Evenmin waarborgt het dat er geen schade optreedt aan goederen of processen. Dit kunnen redenen zijn om hogere eisen in een PvE te hanteren dan de wettelijke ondergrens. Dit handboek geeft prestatierichtlijnen om een optimaal binnenklimaat te realiseren. Tevens worden hiermee storingen en onderhoudskosten geminimaliseerd. De richtlijnen kunnen als volgt onderverdeeld worden:

- Voorkomen van vervuiling door:
  - Vaak voorkomende oorzaken te beperken.
  - toepassen van emissiearme materialen.
  - aparte ruimten voor vervuilende apparaten en/of processen.
  - goede ventilatievoorzieningen.
- Adequate verse luchttoevoer.
- Individuele beïnvloedingsmogelijkheden voor luchtkwaliteit.
- Borging van prestaties.

8.1 Basiseisen t.b.v. het handboek

Voor het bereiken van de doelstelling van een gezond binnenmilieu op basis van een goede luchtkwaliteit wordt de filosofie gevolgd dat:

1. Vervuilingsbronnen -zoveel mogelijk- worden voorkomen,
2. Vervuiling -indien mogelijk- via natuurlijke weg wordt afgevoerd,
3. Maatregelen ter verbetering zo efficiënt mogelijk functioneren.

Deze filosofie is vergelijkbaar met de geachte achter de Trias Energetica (zie hoofdstuk 2.2).

Ten behoeve van het binnenmilieu kunnen hieruit de volgende aandachtspunten worden afgeleid:

- De kwaliteit van het binnenmilieu dient er op gericht te zijn bij een acceptabel comfortniveau de productiviteit van mensen in het gebouw te verhogen en het ziekteverzuim te verlagen.
- Deze kwaliteit dient in het gebouw daar gerealiseerd te worden waar lucht wordt ingeademd en ten aanzien van irriterende agentia, waar personen in contact komen met de omringende lucht.
- In zones binnen het gebouw waar slechts kortstondig personen aanwezig zijn of alleen tijdens bijzondere situaties (bijv. hoog in een ruimte) kan met een lagere luchtkwaliteit worden volstaan.
- Door een effectief en efficiënt ventilatiesysteem worden onvermijdelijke verontreinigingen van de binnenlucht afgevoerd. Bij voorkeur worden natuurlijke principes toegepast, die tot een energiezuinige en robuuste luchtuitwisseling leiden door toepassing van fysische stromingsprincipes zoals thermische trek, benutting van winddruk, luchtstroming van licht vervuild naar zwaar vervuild en dergelijke.
- De verspreiding en menging van vervuiling dient zo veel mogelijk te worden voorkomen, bijvoorbeeld door toepassing van luchtdichte scheidingsconstructies, overdrukprincipe en dergelijke.
- Het ventilatiesysteem moet eenvoudig en robuust van opzet zijn, waardoor reinigen en onderhoud gemakkelijk kunnen plaatsvinden en het risico op verstoringen gering is.
- De manier waarop toe- en afvoervoorzieningen voor ventilatielucht worden ontworpen bepaalt in sterke mate de effectiviteit van de luchtverversing. Door slimme ontwerpkeuzes kan een hoge luchtkwaliteit met een lage luchthoeveelheid worden behaald.

De debieten en regeling van het ventilatiesysteem dienen gericht te zijn op het beoogde doel van luchtkwaliteit, dus voorkomen moet worden dat voor personen wordt geventileerd als deze niet aanwezig zijn of voor emissies van bouwmaterialen e.d. als deze niet voorkomen. Door zogenaamd vraaggestuurd ventileren is een goede luchtkwaliteit te realiseren, ook in een energiezuinig ontwerp. Het voorkomen van onnodig ventileren beperkt tevens kosten, slijtage, onderhoud en geluidhinder.

NEN-EN 15251 bevat richtlijnen voor een goed binnenklimaat. In de bijlagen van de norm wordt een methode beschreven waarmee de capaciteit van een ventilatiesysteem kan worden ontworpen. Hierbij wordt een verband gelegd tussen het aantal verwachte ontevreden gebouwgebruikers en de toegepaste ventilatiedebieten. De ventilatiecapaciteit wordt afhankelijk gesteld aan de verontreiniging door mensen (op basis van CO_2-belasting) en verontreiniging door de materialen en componenten in het gebouw. Dit is uitgedrukt in vier kwaliteitsniveaus.

Het Bouwbesluit stelt in artikel 3.29 eisen aan de ventilatiecapaciteit voor een kantoorfunctie bepaald volgens NEN 1087. Voor een verblijfsgebied en een verblijfsruimte geldt een ventilatiecapaciteit ≥ 6,5 dm^3/s per persoon.

Prestatieniveaus:

Categorie	Omschrijving
I	Een hoog ambitieniveau, wordt aanbevolen voor ruimten die gebruikt worden door zeer gevoelige en vatbare personen zoals gehandicapten, zieken, jonge kinderen en ouderen.
II	Een gemiddeld ambitieniveau voor gebruik in nieuwbouw en renovaties
III	Een acceptabel ambitieniveau voor gebruik in bestaande gebouwen
IV	Waarden die niet voldoen aan de criteria voor de categorieën I t/m III. Deze categorie is alleen acceptabel voor gebruik gedurende een tijdelijk gedeelte van een jaar

Tabel 42 : Indeling in 4 categorieën luchtkwaliteit voor gebouwen (NEN-EN 15251).

Bepalingsmethode:

NEN-EN 15251: Ventilation for buildings - Calculation methods for energy losses due to ventilation and infiltration in commercial buildings.

Aanvulling(en):

In dit handboek wordt geen verdeling gemaakt naar nieuwe of bestaande gebouwen. Het is immers voor de gezondheid en functionaliteit van de gebruiker niet relevant of de activiteit in een bestaand of nieuw gebouw gebeurt. Wel is het relevant om een onderscheid te maken naar gebruikers:

- extra of normaal vatbaar voor luchtverontreinigingen en
- (eventueel) verminderd vatbaar dankzij specifieke persoonsbescherming en
- naar de duur van het verblijf.

Bij de formulering van prestatie-eisen is (in de norm) van een aantal standaard gebruiksituaties uitgegaan voor een kantooromgeving. Dit leidt tot de volgende omschrijving van categorieën:

- ruimten met bijzondere hoge eisen aan de luchtkwaliteit (conform NEN-EN 15251 komt dit overeen met 15 % ontevredenen);
- ruimten met een standaard luchtkwaliteit, bedoeld voor langdurig verblijf (langer dan 2 uur per dag) (conform NEN-EN 15251 komt dit overeen met 20 % ontevredenen);
- ruimten met een lagere luchtkwaliteit, bedoeld voor kortdurig verblijf van personen (conform NEN-EN 15251 komt dit overeen met 30 % ontevredenen);
- ruimten met specifieke eisen, die primair niet bedoeld zijn voor het verblijf van personen, zoals techniek, opslag, e.d.

8.2 Voorkomen van vervuiling- en verontreinigingsbronnen

8.2.1 Vaak voorkomende oorzaken te beperken

Beperk de risico's van vervuiling door vaak voorkomende oorzaken te vermijden of alleen toe te passen als de risico's voor de binnenluchtkwaliteit goed omschreven zijn en zijn afgedekt met maatregelen om luchtvervuiling te voorkomen.

Een vaak voorkomende oorzaak is recirculatie van ventilatielucht. Dit moet worden vermeden en is ook niet (meer) nodig omdat er warmteterugwinning uit de afvoerlucht mogelijk is. Bij toepassing van warmterugwinapparatuur (met name warmtewielen) moet extra aandacht worden besteed aan een correctie uitvoering om kortsluiting tussen de afvoier en toevoerlucht en vervuiling te voorkomen. Bevochtiging van de toevoerlucht moet met stoom plaatsvinden om besmetting met legionella bacterieën te voorkomen.

Tijdens de levering, opslag en montage van bouwdelen en met name onderdelen van het ventilatiesysteem dient zorg te worden gedragen dat deze zo min mogelijk vervuilen en schoon worden opgeleverd. Bij gefaseerde oplevering en tijdens de (af)bouw) worden maatregelen genomen om te voorkomen dat gerede onderdelen vervuilen door werkzaamheden elders in het gebouw.

Regelmatig schoonmaken van het gebouw beperkt de blootstelling aan ongewenste stoffen en resulteert daarmee in minder gezondheidsklachten. De systematiek van de Vereniging Schoonmaak Research (VSR) geeft hiervoor goede richtlijnen. Verlangd wordt dat niet alleen het schoonmaakbeleid hierop gericht is, maar ook het ontwerp van de huisvesting en dienstverlening zodat ook de gebruikers hieraan bij kunnen dragen.

8.2.2 Toepassen van emissiearme materialen

De interieurmaterialen zijn voldoende emissiearm zodat verontreinigingen voorkomen worden. Ze geven tijdens de gebruiksfase alleen in beperkte mate vluchtige organische stoffen af, nauwelijks semivluchtige organische stoffen en verwaarloosbare hoeveelheden kankerverwekkende stoffen. Ook verspreiden ze geen overmatige hoeveelheden (fijn)stof of glas- en steenwolvezels.

Bij de keuze van materialen dient rekening te worden gehouden met de emissie van schadelijke stoffen die de gezondheid kunnen aantasten. Hierbij dient ook rekening te worden gehouden met bijzondere omstandigheden als bijvoorbeeld brand.

Bij toepassing van producten en bouwmaterialen (zoals lijmen, kitten, verf, etc.) die een hoge begin-emissie kennen, worden deze zoveel mogelijk buiten het gebouw toegepast of opgeslagen, totdat de emissie een acceptabele lage waarde heeft. Als dit niet mogelijk is, dient in het gebouw in de beginperiode een aangepast (hoger) ventilatieregime te worden toegepast om de vervuilingen zo snel mogelijk af te voeren.

Prestatieniveaus:

De materiaaleisen zoals gesteld in NEN-EN 15251 (annex C) voor low-polluting en very low-polluting buildings worden als volgt aangehouden:

- Categorie I: Eisen voor very low-polluting buildings;
- Categorie II: Eisen voor low-polluting buildings;
- Categorie III/IV: Geen eisen aan bouw- en inrichtingsmaterialen.

Bepalingsmethode:

- NEN-EN 15251: Ventilation for buildings - Calculation methods for energy losses due to ventilation and infiltration in commercial buildings.

Aanvulling(en):

Het voldoen aan de eisen dient te worden aangetoond door het overleggen van emissielabels, keurmerken, e.d.. Op basis van een testrapport door een gecertificeerd laboratorium (conform NEN-EN-ISO_IEC 17025:2005) kan voor specifieke producten of materialen een gelijkwaardigheid aan genoemde emissielabels worden aangetoond. Keurmerken en richtlijnen die de ontwerper kunnen helpen om aan de bovenstaande eisen te voldoen zijn: AgBB, GUT, Blauer Engel, KOMO (formaldehyde), Emicode (lijmen).

8.2.3 Aparte ruimten voor vervuilende apparaten of processen

8.2.4 Goede ventilatievoorzieningen

Hiervoor worden de volgende functionele eisen vastgelegd:

- **Het ventilatiesysteem (mechanisch dan wel natuurlijk) voert lucht toe van een hoge kwaliteit. Het ventilatiesysteem is dus zo ontworpen en uitgevoerd dat de ventilatielucht onderweg (bijvoorbeeld vanaf het buitenlucht aanzuigrooster tot aan het inblaasrooster in de ruimte) niet onnodig verontreinigd raakt (door stof, vezels, microbiologische agentia, e.d.).**
- **Op locaties waar sprake is van vervuilde buitenlucht zorgt het ventilatiesysteem voor reiniging (bijv. filtering) van deze lucht alvorens deze in de ruimte wordt toegevoerd.**
- **De locatie van de aanzuiging van verse buitenlucht (of ventilatievoorzieningen ten behoeve van natuurlijke ventilatie) wordt zodanig gekozen dat vervuiling door lokale bronnen (bijv. luchtafblaas van verschillende bronnen en emissies van dakbedekking) zo veel mogelijk voorkomen wordt.**

Het gekozen systeem voor luchtverversing dient op bovenstaande eisen te worden ontworpen, uitgevoerd en onderhouden. Middels een kwaliteitsborgingsysteem (commissioningplan) wordt aangetoond dat een blijvende functionele prestatie is geborgd. Het ontwerp, de uitvoering en het onderhoud dient gericht te zijn op het bereiken van de functionaliteit bij minimale luchthoeveelheden en een minimaal energiegebruik.

Op basis van (momentane) controlemetingen wordt de werking van het systeem gecontroleerd en periodiek bijgesteld.

Prestatieniveaus:

Categorie I en II:

- Het mechanisch ventilatiesysteem is ontworpen en uitgevoerd conform de eisen uit VDI 6022 en ISSO-publicatie 55.3.
- De selectie van de filters heeft plaatsgevonden conform NEN-EN 13779 (annex A3) op basis van de beoogde binnenluchtkwaliteit (indoor air quality, IDA) en de lokale kwaliteit van de buitenlucht (outdoor air quality, ODA).
- Er vindt geen luchtbevochtiging plaats, tenzij benodigd voor opslag of productie.
- Er is geen inwendige isolatie van kanalen toegepast.
- De luchtdichtheid van de kanalen dient te voldoen aan klasse B van NEN-EN 12237.
- Voorzieningen voor natuurlijke luchttoevoer geven geen emissies, geuren of andere luchtverontreinigingen aan de toevoerlucht af, zijn goed bereikbaar voor inwendige inspectie en reiniging en zijn handmatig afsluitbaar.

Categorie III/IV:

Voor deze categorie worden geen eisen gesteld.

Bepalingsmethode(n):

- VDI 6022.
- ISSO-publicatie 55.3.
- NEN-EN 13779: “Ventilation for non-residential buildings - Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems”.
- NEN-EN 12237: “Ventilation for buildings - Ductwork - Strength and leakage of circular sheet metal ducts”.

Aanvulling(en):

De selectie van de filters dient plaats te vinden conform NEN-EN 13779 (annex A3) op basis van de beoogde binnenluchtkwaliteit (indoor air quality, IDA) en de lokale kwaliteit van de buitenlucht (outdoor air quality, ODA). De klassen voor de buitenlucht (ODA1 tot en met ODA 3) sluiten aan bij de klassen A, B en C zoals genoemd in het hoofdstuk stedenbouwfysica. De karakterisering van de luchtkwaliteit is strenger dan in de NEN-EN 13779. Daarmee wordt invulling gegeven aan het ambitieniveau voor wat betreft de luchtkwaliteit (en gezondheid/arbeidsproductiviteit) in overheidsgebouwen.

De luchtkwaliteit ter plaatse van het gebouw wordt bepaald op basis van de Regeling beoordeling luchtkwaliteit, zoals vastgelegd in de Wet Milieubeheer. Daarin spelen naast de achtergrondconcentratie (gemiddelde luchtkwaliteit voor wegverkeer en industriële bronnen in 1 km^2-vlakken) ook lokale omstandigheden (zoals wegverkeersintensiteit, rijgedrag en weglayout) een rol. De luchtkwaliteit kan eenvoudig worden bepaald met een zogenaamde CAR-berekening.

Door het karakteriseren van de concentraties fijnstof (PM10) en stikstofdioxide (NO_2) wordt in de Nederlandse situatie goed inzicht gegeven in de totale luchtkwaliteit. Deze zijn maatgevend voor de beoordeling. Gezien de strengere klasse-indeling worden daarmee ook de gezondheidsrisico’s van zeer fijn stof (PM2,5) voldoende beheerst. In de komende jaren zal dit zeer fijne stof de rol van PM10 naar verwachting gaan vervangen en wordt de karakterisering van de buitenlucht aangepast.

Klasse	**kwaliteit**	**[PM10] in µg/m³**	**[NO_2] in µg/m³**
A (ODA 1)	goed	< 20	< 20
B (ODA 2)	redelijk	20 – 30	20 – 30
C (ODA 3)	basis	30 - 40	30 – 40

Tabel 43 : Buitenluchtkwaliteit.

Situaties met een luchtkwaliteit die slechter is dan de 40 µgr/m^3 in bovenstaande tabel komen nauwelijks voor in Nederland, zeker niet vanaf 2015, als Nederland moet voldoen aan de Europese regelgeving voor luchtkwaliteit. In voorkomende gevallen zijn extra aandacht voor luchtkwaliteit en aanvullende maatregelen nodig.

De onderstaande tabel geeft de (minimaal) aanbevolen filterklasse om een bepaalde luchtkwaliteit te halen, afhankelijk van de buitenluchtkwaliteit (bron: NEN-EN 13779). Natuurlijke toevoer van ventilatielucht is bij klasse II (= standaard luchtkwaliteit) beperkt tot locaties met een lage tot acceptabele verontreiniging van de buitenlucht (kwaliteitsklasse A). Natuurlijke ventilatie kan altijd worden toegepast bij klasse III en IV.

Buitenlucht kwaliteit	Binnenluchtkwaliteit		
	I (IDA 1)	**II (IDA 3)**	**III en IV**
A (ODA 1)	F9	F7	Geen
B (ODA 2)	F7+F9 (2 secties)	F5+F7 (2 secties)	Geen
C (ODA 3)	F7+GF+F9 (3 secties)	F5+F7 (2 secties)	Geen

Tabel 44 : Filterselectie op basis van buitenlucht- en binnenluchtkwaliteit.

Gebouwen, die zijn gesitueerd in gebieden met een beperkte buitenluchtkwaliteit (kwaliteitsklasse C), dienen bij binnenluchtkwaliteitsklasse II op lichte overdruk (2 tot 5 Pa) te worden gehouden ten opzichte van de buitenlucht om infiltratie van vervuilde buitenlucht tegen te gaan. Bij binnenluchtkwaliteitsklasse I wordt aanbevolen om hiervan reeds uit te gaan bij gebieden met buitenluchtkwaliteitsklasse B.

Ten aanzien van het buitenluchtaanzuigrooster gelden de volgende eisen:

- De locatie van het buitenluchtaanzuigrooster (zowel bij een natuurlijke als een mechanische toevoer) dient zodanig te zijn dat invloed van bronnen van luchtvervuiling (bijv. luchtafblaas, rookgas-afvoer en verkeer) en warmte (bijv. van dakvlak) wordt geminimaliseerd.
- Het buitenluchtrooster dient geplaatst te worden conform de eisen NEN-EN 13779 (annex A2).
- Het buitenluchtaanzuigrooster dient het binnendringen van neerslag (regen, sneeuw), ongedierte, e.d. te voorkomen.

8.3 Adequate verse luchttoevoer

Hiervoor gelden de volgende functionele eisen:

- **Het ventilatiesysteem (mechanisch dan wel natuurlijk) zorgt tijdens de gebruikstijd en bij aanwezigheid van personen, op ruimteniveau voor voldoende (effectieve) toevoer van verse lucht, zodanig dat bio-effluenten van gebruikers en emissies (van o.a. materialen en apparatuur) voldoende worden verdund en afgevoerd.**
- **Het ventilatiesysteem (mechanisch dan wel natuurlijk) zorgt binnen gebruikstijd maar bij afwezigheid van personen, op ruimteniveau voor voldoende verse luchttoevoer zodanig dat emissies (van o.a. materialen en apparatuur) voldoende worden verdund en afgevoerd.**

Voor kantoor- en bijeenkomstgebouwen geeft de huidige regelgeving minimale eisen voor de capaciteit van de luchtverversing. Deze capaciteiten dienen altijd aanwezig te zijn, tenzij op overtuigende wijze een gelijkwaardigheid (t.b.v. het bevoegd gezag wordt aangetoond).

Om geurhinder en gezondheidklachten te voorkomen is het raadzaam ook eisen te stellen aan het gebruik van de voorzieningen. Met als uitgangspunt de functionele eisen en prestatie-indicatoren is het goed denkbaar dat met afwijkende regelregimes en ventilatieconcepten toch het doel wordt bereikt. Het uitgangspunt is dus niet de hierna genoemde debieten, maar een -zo mogelijk kwantitatieve- onderbouwing van het concept.

De effectiviteit van het ventilatiesysteem is dus sterk afhankelijk van het gekozen inrichtingsconcept (beperking van verontreinigende bronnen) en het ventilatieconcept (de ventilatie efficiency):

- Indien in het inrichtingsconcept voldoende aandacht is gegeven aan het beperken van verontreinigende bronnen (conform paragraaf 8.2.1) mag worden uitgegaan van lagere luchthoeveelheden per m² gebouwoppervlakte.
- Indien in het ventilatieconcept gekozen wordt voor een systeem met een hogere ventilatie efficiency mag worden uitgegaan van lagere luchthoeveelheden per aanwezige persoon.

- Dit betekent dat tijdens het gebruik de toegevoerde ventilatiedebieten kunnen worden gehalveerd (of meer) om verspilling tegen te gaan en een energiezuinig gebouw te realiseren.

Buiten de gebruikstijd van het gebouw gelden geen ventilatie-eisen. De luchtkwaliteit moet voldoende zijn tijdens de openstelling voor werknemers en bezoekers. Denkbaar is dat buiten normale gebruikstijden gedeelten van het gebouw worden geventileerd voor incidenteel gebruik of overwerk. De keuze of buiten gebruikstijd met een lage capaciteit wordt geventileerd om emissies af te voeren (bijv. in combinatie met nachtkoeling e.d.) of dat het gebouw voor openingstijd 'klaar gezet wordt' in de gebruikscondities wordt aan de uitvoerder/beheerder van de voorzieningen overgelaten.

Prestatieniveaus:

As bewijsvoering dient (behalve de vervuilingsgraad van bronnen, conform paragraaf 8.2.1) door berekeningen te worden aangetoond welke ventilatie efficiency met het gekozen systeem wordt bereikt. Als uitgangspunt voor de te hanteren debieten geldt de NEN-EN 15251. In onderstaande tabel wordt een voorbeeldberekeningen gegeven.

m2 verblijfsgebied pp	8	m2 FNO								
Ventilatie-efficiency = 1		**Very low-polluting buildings**			**Low polluting buildings**			**Non low-polluting buildings**		
			l/s	m3/h		l/s	m3/h		l/s	m3/h
Categorie I		lucht pp	10	36	lucht pp	10	36	lucht pp	10	36
% ontevredenen	15	lucht/m2	0,5	14	lucht/m2	1	29	lucht/m2	2	58
ppm CO2>buitenlucht	350	totaal per persoon		**50**	totaal per persoon		**65**	totaal per persoon		**94**
		totaal /m2		**6,3**	totaal /m2		**8,1**	totaal /m2		**11,7**
			l/s	m3/h		l/s	m3/h		l/s	m3/h
Categorie II		lucht pp	7	25,2	lucht pp	7	25,2	lucht pp	7	25,2
% ontevredenen	20	lucht/m2	0,35	10	lucht/m2	0,7	20	lucht/m2	1,4	40
ppm CO2>buitenlucht	500	totaal per persoon		**35**	totaal per persoon		**45**	totaal per persoon		**66**
		totaal /m2		**4,4**	totaal /m2		**5,7**	totaal /m2		**8,2**
			l/s	m3/h		l/s	m3/h		l/s	m3/h
Categorie III		lucht pp	4	14,4	lucht pp	4	14,4	lucht pp	4	14,4
% ontevredenen	30	lucht/m2	0,3	9	lucht/m2	0,4	12	lucht/m2	0,8	23
ppm CO2>buitenlucht	800	totaal per persoon		**23**	totaal per persoon		**26**	totaal per persoon		**37**
		totaal /m2		**2,9**	totaal /m2		**3,2**	totaal /m2		**4,7**
Ventilatie-efficiency = 2		**Very low-polluting buildings**			**Low polluting buildings**			**Non low-polluting buildings**		
			l/s	m3/h		l/s	m3/h		l/s	m3/h
Categorie I		lucht pp	5	18	lucht pp	5	18	lucht pp	5	18
% ontevredenen	15	lucht/m2	0,5	14	lucht/m2	1	29	lucht/m2	2	58
ppm CO2>buitenlucht	350	totaal per persoon		**32**	totaal per persoon		**47**	totaal per persoon		**76**
		totaal /m2		**4,1**	totaal /m2		**5,9**	totaal /m2		**9,5**
			l/s	m3/h		l/s	m3/h		l/s	m3/h
Categorie II		lucht pp	3,5	12,6	lucht pp	3,5	12,6	lucht pp	3,5	12,6
% ontevredenen	20	lucht/m2	0,35	10	lucht/m2	0,7	20	lucht/m2	1,4	40
ppm CO2>buitenlucht	500	totaal per persoon		**23**	totaal per persoon		**33**	totaal per persoon		**53**
		totaal /m2		**2,8**	totaal /m2		**4,1**	totaal /m2		**6,6**
			l/s	m3/h		l/s	m3/h		l/s	m3/h
Categorie III		lucht pp	2	7,2	lucht pp	2	7,2	lucht pp	2	7,2
% ontevredenen	30	lucht/m2	0,3	9	lucht/m2	0,4	12	lucht/m2	0,8	23
ppm CO2>buitenlucht	800	totaal per persoon		**16**	totaal per persoon		**19**	totaal per persoon		**30**
		totaal /m2		**2,0**	totaal /m2		**2,3**	totaal /m2		**3,8**

Tabel 45 : Voorbeeldberekeningen van ventilatiedebieten op basis van NEN-EN 15251.

Bepalingsmethode:

- Ventilatie eisen conform EN 15251:2006

8.4 Individuele beïnvloeding van luchtkwaliteit

Er is voor gebouwgebruikers voorzien in adequate mogelijkheden ter beïnvloeding van de incidentele verse luchttoevoer, waarmee het mogelijk is incidentele verhoogde luchtvervuiling efficiënt af te voeren.

Bij de omschreven functionele eis wordt opgemerkt dat spuiventilatie ook bedoeld kan zijn om warmte versneld af te voeren en hiermee de ruimtetemperatuur te beïnvloeden.

Daarnaast wordt opgemerkt dat een voorziening in de vorm van 'te openen geveldelen' -al dan niet via een dubbele gevel, atrium, e.d.- bijdraagt in de tevredenheid van gebruikers. Behalve het toevoeren van buitenlucht gaan deze voorzieningen gevoelens van beslotenheid tegen en brengen een sensatie van het buitenklimaat in het gebouw teweeg, hetgeen door gebruikers vaak positief wordt gewaardeerd.

Desalniettemin laat deze formulering van de eisen de mogelijkheid open om in specifieke situaties een oplossing te realiseren die bijvoorbeeld gebaseerd is op een mechanische ventilatievoorziening.

Prestatieniveaus:

		Kwaliteitsniveau			
		I	**II**	**III**	**IV**
capaciteit [$dm^3/s.m^2$]	verblijfsgebied	6,0	6,0	-	-
	verblijfsruimte	3,0	3,0	-	-
Spuivoorziening	travee breedte [m]	3,60	3,60	3,60	geen
	regelbaar	ja	ja	nee	geen
vrijelijk te openen		ja	nee	nee	nee

Tabel 46 : Prestatie niveaus voor spuiventilatie in 4 categorieën.

		Kwaliteitsniveau		
		Basis	**Goed**	**Uitstekend**
capaciteit [$dm^3/s.m^2$]	verblijfsgebied	-	≥ 6,0	≥ 6,0
	verblijfsruimte	-	≥ 3,0	≥ 3,0
Spuivoorziening	travee breedte [m]	Nvt	3,60	3,60
	regelbaar	Nvt	nee	ja
vrijelijk te openen		Nvt	nee	ja

Tabel 47 : Prestatieniveaus voor spuiventilatie in 3 klassen.

Bepalingsmethode:

- Berekenen volgens NEN 1087.
- Toetsen op tekening.

Aandachtspunten:

Bediening:

De spuivoorzieningen moeten eenvoudig door de gebruiker kunnen worden bediend. Deze bediening voorziet in een traploze regeling of in een regeling met ten minste drie standen, waarvan één (windvaste) kierstand.

Belemmerende buitencondities:

De volgende buitencondities kunnen een belemmering vormen voor het vrijelijk openen van ramen:

- Geluidbelasting op de gevel van meer dan 60 dB.
- Gebouwhoogte van meer dan 30 m.
- Luchtverontreiniging van de buitenlucht (zie paragraaf 7.3.2) overeenstemmend met kwaliteitsklasse C (ODA 3).

Bij buitencondities die een belemmering vormen voor het vrijelijk openen van ramen, dienen bij kwaliteitsniveau ‘uitstekend’ in aanvulling op de aanwezigheid van te openen ramen tevens voorzieningen te worden getroffen om de individuele beïnvloeding te waarborgen dan wel wordt op basis van gelijkwaardigheid (bijvoorbeeld mechanische spuiventilatie) voorzien in deze eis.

Bij categorie II kan bij buitencondities die een belemmering vormen voor het vrijelijk openen van ramen, worden uitgegaan van een mechanische spui(ventilatie) als alternatief voor de aanwezigheid van te openen delen in de gevel. Een eventuele mechanische spuiventilatie dient echter wel door gebruikers bedienbaar te zijn per maximaal 4 werkplekken of per 3,6 meter gevelbreedte.

De kwaliteit en overige prestatiecondities van de toegevoerde lucht dienen te worden gerealiseerd op het punt waar de lucht een verblijfsgebied ingaat.

Berekening:

De capaciteit van de voorzieningen wordt bepaald conform NEN1087. Voor het bepalen van de capaciteit op verblijfsruimteniveau dient uit te worden gegaan van gesloten binnendeuren (geen ventilatie via twee gevels).

Categorie III:

- Een voorziening per travee van 3,60 m, waarbij geen voorzieningen hoeven te worden getroffen voor ‘vrijelijk te openen’.

Categorie IV:

- Geen eisen.

8.5 Borging van prestaties

Tijdens de gebruiksfase vindt periodieke monitoring plaats voor luchtkwaliteitparameters die niet rechtstreeks tot gebruiksklachten leiden. Om tijdens de gebruiksfase tevredenheid over de luchtkwaliteit te realiseren worden de volgende activiteiten opgenomen in het gebouwbeheersplan:

De bediening van voorzieningen dient gebruiksvriendelijk te zijn en aan te sluiten op intuïtieve verwachtingen over deze systemen van doorsnee gebouwgebruikers.

Prestatieniveaus:

Meldpunt voor en opvolging van gebruiksklachten over geurhinder, mufheid, bedomptheid en gerelateerde symptomen, zoals hoofdpijn, irritaties aan luchtwegen en slijmvliezen, en dergelijke.

Periodiek gebruikerstevredenheid onderzoek (elke 5 jaar) met voldoende grote steekproef naar de beleving van het binnenmilieu.

Periodieke metingen van niet-waarneembare luchtverontreinigingen, zoals fijnstof, VOC’s, microbiologische verontreiniging en veelvoorkomende chemische verontreinigingen (bijvoorbeeld formaldehyde en dergelijke).

Bepalingsmethode:

- Controle van gebouwbeheersplan.

8.6 Definities

-

8.7 Relevante normen en documenten

- AI 24: ‘Binnenmilieu’ (SDU).
- Breeam-NL: (2010) beoordelingsrichtlijn Nieuwbouw, versie 2.0.
- Cahier R2 Praktijkboek Gezonde gebouwen.
- Handboek Binnenmilieu RIVM.
- ISSO-publicatie 55.3: Legionellapreventie in klimaatinstallaties.
- NEN 1087: Ventilatie van gebouwen - Bepalingsmethoden voor nieuwbouw.
- NEN-EN 12237: Ventilatie van gebouwen - Luchtleidingen - Sterkte en lekdichtheid van ronde dun-wandige metalen.
- NEN-EN 13779: Ventilatie voor utiliteitsgebouwen - Prestatie-eisen voor ventilatie- en luchtbehandelingssystemen; Regeling beoordeling luchtkwaliteit uit de Wet Milieubeheer.
- NEN-EN 15251: Binnenmilieu gerelateerde input parameters voor ontwerp en beoordeling van energieprestatie van gebouwen voor de kwaliteit van binnenlucht, het thermisch comfort, de verlichting en akoestiek.
- NPR-CR 1752: Ventilatie van gebouwen – Ontwerpcriteria voor de binnenomstandigheden.
- VDI 6022: Hygienic requirements for ventilating and air-conditioning systems and air-handling units.
- Voorstel Binnenluchtkwaliteiteisen Rijksgebouwendienst 2010+, Fase 2 rapport, 2e concept d.d. 21 februari 2011, BBA Binnenmilieu.