



BOUWFYSICA
NEDERLANDS VLAAMSE BOUWFYSICA VERENIGING

Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen

Versie 2.23

23 maart 2018

Uitgegeven door de Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging

BOUWFYSICA 
NEDERLANDS VLAAMSE BOUWFYSICA VERENIGING

Met dank aan het Rijksvastgoedbedrijf



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 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.

Het handboek is een vervolg op de publicatie "Wettelijke Eisen en Richtlijnen voor Rijksgebouwen Bouwfysica" (WERRB). Dit is de tweede versie van het handboek. In deze versie zijn een groot aantal opmerkingen en aanvullingen verwerkt naar aanleiding van gebruikservaringen uit de afgelopen vier jaar (sinds juni 2011).

Aan de inhoudelijke invulling van het Handboek is een bijdrage geleverd door een groot aantal experts van onderstaande bureaus. Deze vakexperts hebben –belangeloos- deelgenomen in werkgroepen en de klankbordgroep. Tevens hebben diverse leden opgetreden als auteur voor tekstdelen. De NVBV wil langs deze weg haar erkentelijkheid en dank uitspreken voor iedereen die aan dit Handboek heeft bijgedragen! Door de inbreng van uren en kennis van deze bureaus is het Handboek voor een belangrijk deel mogelijk geworden. Het Rijksvastgoedbedrijf (voorheen Rijksgebouwendienst) heeft door een financiële bijdrage –naast de vakinhoudelijke inbreng- de organisatorische en redactionele werkzaamheden mogelijk gemaakt. Redactioneel is aan de huidige versie een belangrijke bijdrage geleverd door ir. J. (Jan) Geerts van BCD Advies te Diessen.





Disclaimer

De Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging stelt dit Handboek kosteloos 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. De vereniging aanvaardt echter op geen enkele wijze verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor 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.



Inhoud

Voorwoord	2	
Disclaimer	3	
Inhoud	4	
Inleiding	7	
1	Bouwprocesmanagement	9
1.1	Waarom een Programma van Eisen?	10
1.2	Concepten als bouwstenen	13
1.3	Communicatie	14
1.4	Risicomanagement	15
1.5	De praktijk	15
1.6	Bijlage, beschrijving van taken	16
2	Duurzaamheid	18
2.1	Duurzame ontwikkeling	18
2.2	Energie	19
2.2.1	Energieprestatie	21
2.2.2	Thermische isolatie	22
2.2.3	Luchtdoorlatendheid	22
2.2.4	Duurzame energie	22
2.3	Materiaalgebruik	24
2.3.1	Schaduwprijs	24
2.3.2	Toepassen van lage emissie bouwmaterialen	25
2.4	Definities	26
2.5	Relevante normen en documenten	26
3	Gebouwschil	28
3.1	Brandwerendheid	28
3.2	Hygrische kwaliteit	29
3.2.1	Oppervlaktecondensatie	29
3.2.2	Inwendige condensatie	30
3.3	Waterdichtheid	31
3.4	Thermische isolatie	32
3.5	Luchtdoorlatendheid	33
3.6	Toegankelijkheid	35
3.7	Uitvoerbaarheid	36
3.8	Arbeidsomstandigheden tijdens bouw	36
3.9	Definities	36
3.10	Relevante normen en documenten	37
4	Stedenbouwfysisch comfort	38
4.1	Windhinder	38
4.2	Windgevaar	40
4.3	Bezonnig en beschaduwing	40

4.4	Reflectie van (zon-) licht op de gevels van een gebouw	41
4.5	Waterberging	42
4.6	Buitenluchtkwaliteit	44
4.6.1	Schadelijke stoffen	44
4.6.2	Ontwerpoplossingen	46
4.7	Definities	46
4.8	Relevante normen en documenten	47
5	Visueel comfort	48
5.1	Daglichttoetreding	48
5.2	Uitzicht	49
5.3	Kunstlicht	50
5.4	Luminantieverdeling, zon- en helderheidsvering	51
5.5	Definities	51
5.6	Relevante normen en documenten	51
6	Thermisch comfort	53
6.1	Thermisch Binnenklimaat	53
6.2	Binnenmilieu-eisen	53
6.2.1	Operatieve temperatuur	53
6.2.2	ATG methode	54
6.2.3	Individuele temperatuurregeling	57
6.2.4	Temperatuurgradiënt	57
6.2.5	Vloertemperatuur	58
6.2.6	Stralingsasymmetrie	58
6.2.7	Luchtsnelheid	59
6.2.8	Luchtvochtigheid	60
6.3	Overige eisen	60
6.4	Definities	61
6.5	Relevante normen en documenten	62
7	Akoestisch comfort	63
7.1	Samenhang geluidsaspecten	63
7.2	Prestatie eisen kantooromgeving	64
7.2.1	Geluidsafname open kantoorvloeren	64
7.2.2	Geluidsafname open kantoorvloeren	66
7.2.3	Ruimteakoestiek	67
7.3	Richtlijnen overige akoestische aspecten	68
7.3.1	Achtergrondgeluidniveau van buitengeluid en installaties en omgevingslawaai	68
7.3.2	Geluidproductie ten gevolge van weersinvloeden	69
7.3.3	Geluidemissie naar omgeving	70
7.3.4	Trillingen en bouwlawaai	70
7.4	Definities	71
7.5	Relevante normen en documenten	71
8	Binnenluchtkwaliteit	73



8.1	Basiseisen t.b.v. het handboek	73
8.2	Voorkomen van vervuiling- en verontreinigingsbronnen	75
8.2.1	Toepassen van emissiearme materialen	75
8.2.2	Beperken verontreinigingen ventilatievoorzieningen	76
8.3	Adequate verse luchttoevoer	78
8.4	Individuele beïnvloeding van luchtkwaliteit	79
8.5	Borging van prestaties	81
8.6	Definities	81
8.7	Relevante normen en documenten	81
	Naschrift	83

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 voor Gebouwen.

De Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging (NVBV) heeft als gevolg daarvan 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.

Aan de gebruikers van dit handboek werd 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 uitvragen. De bouwfysische kwaliteit is integraal benaderd, zoals bijvoorbeeld 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 belangrijker 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 vooral 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 zijn huisvestingsbehoefte te formuleren. Dit is echter niet praktisch voor ontwerptrajecten. Naast een gezond en comfortabel binnenmilieu geeft dit handboek 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 (bijvoorbeeld directieniveau).

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 deze 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 kleurindeling 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.

Vooraf dit laatste aspect wordt onderschat. De relatie tussen binnenmilieu en arbeidsproductiviteit wordt vaak wel vermoed, maar niet 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 goedge maakt 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 wel 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 risicomangement.

Aanvulling(en):

Opmerking: Er zijn diverse onderzoeken verricht naar productiviteit en binnenklimaat.

Binnenmilieuaspect ⁽¹⁾	Greencalc	Senter-novem	TNO	Boerstr a	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 operationele temperatuur	0,5-1,5%	-	-	3-7%	7%
Voldoende verse luchttoevoer	0,5 -1,5%	1,5%	-	1-2%	1-2%
Vermijden van 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:

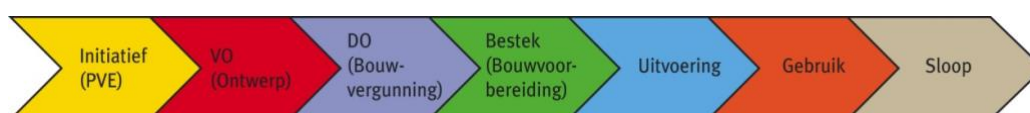
Bij Klimaattechniek passen wij al jaren warmtewielen toe vanwege de voordelen t.o.v. andere warmteterugwinsystemen. Daarbij hebben we wel altijd geëist dat warmtewielen op de juiste wijze werden toegepast. Dat betekent dat afvoer- en toevoerventilatoren aan de juiste kant zitten, dat er een spoelsectie 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.

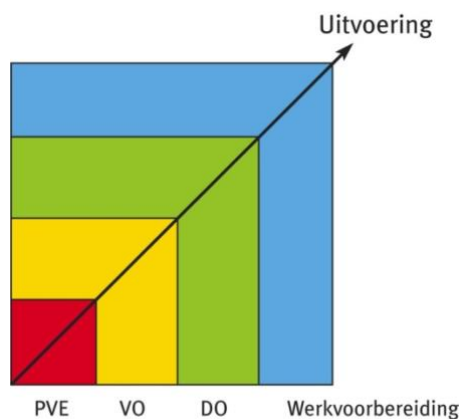
In verschillende spreekwoorden en gezegden wordt het belang van 'eerst nadenken en dan doen' benadrukt.

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).



Output van een fase is input voor de volgende fase

Figuur 1 : Fasen in het bouwproces.



In de loop van het proces wordt steeds meer informatie toegevoegd

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 'groeve' PvE als startdocument voor de adviseurs (architect, constructeur, bouwfysicus, installatieadviseur).

De afgelopen 10 jaar zijn er veel ontwikkelingen geweest rond het formuleren van een PvE. Er is 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 hem- 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:** Ga na of de toekomstige gebruiker eisen of wensen heeft met betrekking tot beheer en onderhoud. In een benadering op basis van Life Cycle Costs (LCC) kunnen deze aspecten ook financieel worden gewaardeerd.
- **Bouwregelgeving:** Ga na welke regelgeving van belang is voor het project. De Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) vraagt om vergunningenmanagement om een succesvolle bouwaanvraag te realiseren.
- **Duurzaam bouwen:** Leg de ambities op het gebied van duurzaam bouwen vast. 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 hoe 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 omgevingschade. 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.

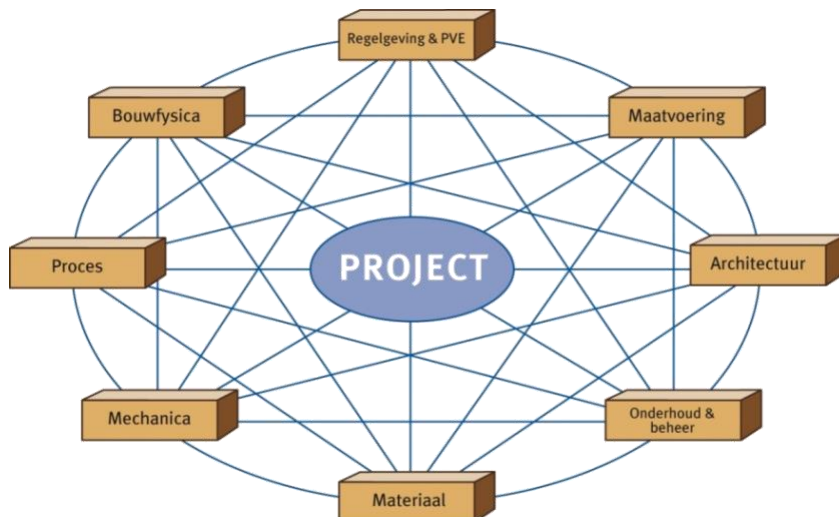
Deze aandachtsgebieden dienen op elkaar te worden afgestemd (integraal ontwerpen). Alle onderwerpen zijn aan elkaar gerelateerd (zie Figuur 3). Een PvE moet compleet zijn ingericht, maar dat is niet het doel van het handboek, dat gaat alleen over bouwfysische aspecten

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 hoeft te resulteren in betere integrale kwaliteit.

Het totale PvE is zoals gezegd een sturingsinstrument. Als afsluiting van elke ontwerpfasen (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 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 in het vastgelegd) 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 en georganiseerd te worden om teleurstellingen te voorkomen.



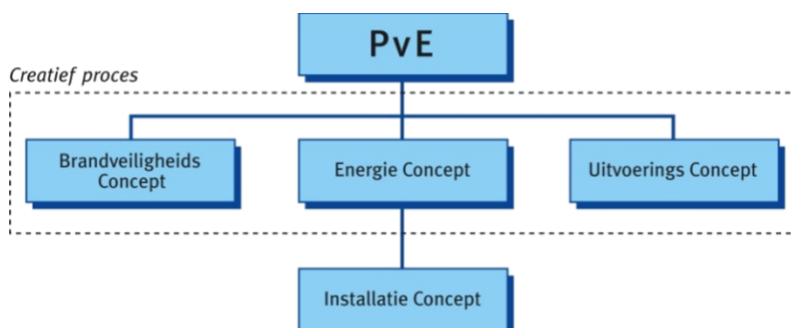
Figuur 3 : Bouwstenen voor een goed project.

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 het optimale 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 hoe gecompartmenteerd, gesignaleerd en gevluht moet worden. Betrek een specialist Fire Safety Engineering in het ontwerpteam.
- **Energieconcept:** Op basis van het PvE dienen door de bouwfysisch adviseur energieconcepten te worden opgesteld. Maak aan de opdrachtgever duidelijk wat de voor- en nadelen van elk concept zijn en maak dan op basis van een multicriteria-analyse (MCA) een bewuste keuze. 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 van 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 hun 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):

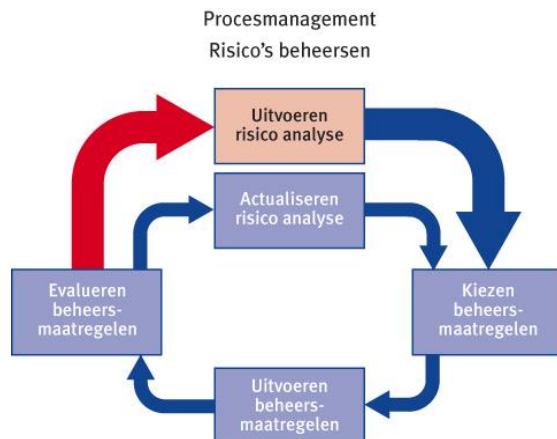
Voor het ontwerp- en later het uitvoeringsteam is het van belang dat er een professionele en inhoudelijke bouwprocesmanager wordt aangesteld. De bouwprocesmanager dient ervoor te zorgen dat in het ontwerptraject alle partijen evenwichtig en op het juiste moment aan bod komen. De bouwprocesmanager legt 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” en leg dit goed vast in een 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. Niet alleen geen kosten, deze worden vaak onderschat, maar ook 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 bouwaanvraag nauwelijks overeenkomen met de uitvoeringsstukken en vervolgens wordt er weer anders gebouwd en geïnstalleerd. Het is dus ook niet vreemd dat het percentage ontevreden veel hoger is dan 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 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 ontwerpsteam 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 ontwerpsteam 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. Tabel 2 is door de NVBV ontwikkeld, de DO-fase en de besteksfase zijn niet weergegeven.

	Vraagstelling	Producten adviseur	Adviseursrol		
			Bouwfysica	Akoestiek	Brandveiligheid
Masterplan, locatiekeuze	<ul style="list-style-type: none"> • Gebiedsontwerp • Bouwvolumes, • Hoogtelijnen, • Verdeling van functies. 	Richtinggevend advies en vaststellen randvoorwaarden plan t.a.v.: Windhinder; Bezoning, beschaduwng, lichthinder; Luchtkwaliteit omgeving; Energievraagprofiel; Geluidprofiel; Brandveiligheid; Evt. bodemkwaliteit, afwatering, biodiversiteit.	Advies –indien nodig- op basis van berekeningen: Windhinderprofiel (do's en don'ts); Bezoning gebouw en beschaduwng 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 gebouvvolumes 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	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretieren 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	Inventariseren risico externe geluidsbelastingen. Inventariseren risico geluidsafstraling. Vastleggen van uitgangspunten en aandachtspunten m.b.t. akoestische aspecten.	Vastleggen van uitgangspunten en aandachtspunten m.b.t. brandveiligheid.

			aandachtspunten m.b.t. bouwfysische aspecten. Suggesties voor inspelen met het gebouw op de externe en interne omstandigheden.	Suggesties voor inspelen met het gebouw op de externe en interne omstandigheden.	
	Maken structuurontwerp; Stedenbouwkundig-architectonisch plan; Hoofdvorm bebouwing; Hoofdindeling bebouwing; Maken beeldkwaliteitplan; Onderzoek bebouwingcapaciteit; 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 Beleningen 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 taken.

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 duurzaamheidsprestatie 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 de RGD is in dit kader een methode ontwikkeld voor Functioneel Controleren, Inregelen en Beproeven (FCIB) van 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, lokale 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.
 - Stroom / netwerken in het gebied (water, lucht, voedsel, energie) met de functies in het gebied.
 - De gebruikers en de bewoners met de stroom / netwerken en de functie door samenwerking en samenhang.

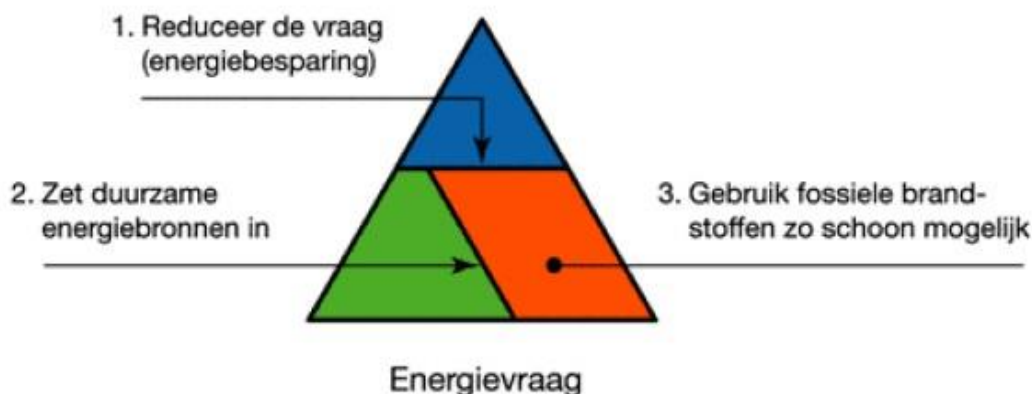
2.2 Energie

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.

De Trias Energetica is 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 1.1.4.
- 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 komt doordat ze meestal relatief duur zijn, maar ook door andere beperkingen zoals bijvoorbeeld van ruimtelijke of technische aard of het gebruik van grondstoffen.

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: Agentschap NL]. Het verdient de voorkeur hierbij zoveel mogelijk aan te sluiten bij het werkelijke gebruik.

Voor energieneutrale gebouwen krijgt de Trias 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](http://www.rvo.nl/sites/default/files/Infoblad_Trias_Energetica_en_energieneutraal_bouwen-juni_2013.pdf).

2.2.1 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	Minimaal 25% beter dan Bouwbesluit	Minimaal 50 % beter dan Bouwbesluit

Tabel 3 : Prestatieniveaus voor de energieprestatiecoëfficiënt.

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".

Wettelijke eisen EPC vanaf 1 januari 2015

Per 1 januari 2015 is de EPC-eis aan de energieprestatie van gebouwen aangescherpt en aangepast in het Bouwbesluit. De aanpassing betekent een aanscherping van de eis van 20% tot 50%. Voor woningen geldt een EPC-eis van 0,4. De EPC voor utiliteitsgebouwen hangt af van de gebruiksfunctie volgens onderstaande tabel:

EPC-eis	2014	2015
Bijeenkomstfunctie	2,0	1,1

Celfunctie	1,8	1,0
Gezondheidszorgfunctie met bedgebied	2,6	1,8
Gezondheidszorgfunctie anders dan met bedgebied	1,0	0,8
Kantoorfunctie	1,1	0,8
Logiesfunctie in logiesgebouw	1,8	1,0
Onderwijsfunctie	1,3	0,7
Sportfunctie	1,8	0,9
Winkelfunctie	2,6	1,7
Woningen en Woongebouwen	0,6	0,4

Tabel 4 : Minimumeisen EPC volgens Bouwbesluit.

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 ($E_{p;tot}$) en het berekende toelaatbare energiegebruik ($E_{p;adm;tot}$) ten hoogste 1.0 bedragen.

2.2.2 Thermische isolatie

2.2.3 Luchtdoorlatendheid

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

- Thermische isolatie.
- Luchtdoorlatendheid.
- Energieprestatie.

Thermische isolatie en luchtdoorlatendheid worden beschreven in het hoofdstuk "Gebouwschil".

2.2.4 Duurzame energie

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 zonnecellen 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 5 : 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:

- Basis: In het Bouwbesluit zijn voornamelijk geen eisen opgenomen met betrekking tot het gebruik van duurzame energie.
- Goed: door toepassing van duurzame energietechnieken wordt de CO₂-uitstoot van het gebouw gereduceerd met ten minste 10% ten opzichte van de referentiesituatie zonder duurzame energieopwekking. (Dit is conform BREEAM.)
- Uitstekend: door toepassing van duurzame energietechnieken wordt de CO₂-uitstoot van het gebouw gereduceerd met ten minste 20% ten opzichte van de referentiesituatie zonder duurzame energieopwekking. (Dit is conform BREEAM.)

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	Goed	Uitstekend
Toepassing duurzame energie	0 %	10 %	20 %

Tabel 6 : 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 (Publicatienummer 2DENB1013).

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 bepalingmethode 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, terrestisch
- (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 somming geaggregeerd tot één indicator. De weegfactoren en weegmethode (schaduwrijzen) 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 7 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 10 % lager dan de referentiewaarde volgens Breeam-NL ¹⁾	Milieubelasting van de gebruikte materialen ten minste 30 % lager dan referentiewaarde volgens Breeam-NL ¹⁾

Tabel 7 : 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/m² 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:

- Spaanderplaten, MDF, vezelplaten, houtwolplaten, 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 gezondheidslabel kan worden overlegd.

- Verlijmdede 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 gezondheidslabel kan worden overlegd,
- Parketvloeren en verlijmdede 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 gezondheidslabel kan worden overlegd.
- Veerkrachtige, stoffen (textiel) of gelamineerde vloerbedekkingen, zoals vinyl, linoleum, kurk, rubber, tapijten, vloerlaminat, 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 gezondheidslabel 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 gezondheidslabel 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.

	Klasse prestatieniveau		
	Basis	Goed	Uitstekend
Lage emissie bouwmaterialen	Nvt	Wel toegepast, niet aantoonbaar	Toegepast en aantoonbaar

Tabel 8 : Prestatieniveaus lage emissie van materialen.

Bepalingsmethode:

Overleggen van de betreffende certificaten.

2.4 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.

2.5 Relevante normen en documenten

- Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken (Stichting Bouwkwaliiteit, 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 Gebouwschil

Veel eisen in dit handboek hebben een relatie met de gebouwschil. Een aantal belangrijke kwaliteitseisen aan de gebouwschil komt echter niet aan bod en worden daarom in dit hoofdstuk besproken.

De volgende aspecten komen bij de gebouwschil aan de orde:

- Geluidwering.
- Brandwerendheid.
- Ventilatie.
- Daglichttoetreding en uitzicht.
- Hygrische kwaliteit (koudebruggen, inwendige condensatie).
- Waterdichtheid.
- Thermische isolatie.
- Luchtdoorlatendheid.
- Toegankelijkheid.
- Uitvoerbaarheid.
- Arbeidsomstandigheden (veiligheid).
- Duurzaamheid.

Het betreft dus een groot aantal eisen uit verschillende invalshoek. Een ontwerp dat aan alle eisen voldoet is daarom vaker 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 te leveren om (bouwtechnische 'details' van de) gebouwschil te verbeteren. Voorbeelden van oplossingen zijn te vinden in de SBR-Referentiedetails.

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

3.1 Brandwerendheid

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

Aan de gevel en het dak worden vaak eisen gesteld om de vereiste brandwerendheid te realiseren. Indien een gebouw verdeeld is in brandcompartimenten dan kunnen de gevel en het dak een rol spelen om de benodigde brandscheiding te realiseren. 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 uitlaande brand op een bepaalde verdieping en de afstand tot een hoger gelegen raam. Ook de opbouw van de gevelconstructie zelf (ter plaatse van de compartimentscheidende vloer) is van belang. Verder kunnen er risicovolle brandoverslagtrajecten zijn naar omliggende 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 schiloppervlak moeten voldoen met betrekking tot 'vliegvluur' en de bijdrage tot de brandvoortplanting.

Tenslotte bestaat de mogelijkheid dat de gevel en het dak onderdeel zijn van de hoofdconstructie (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 hoofdconstructie '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"

3.2 Hygrische kwaliteit

3.2.1 Oppervlaktecondensatie

Uit gezondheidsoverwegingen dient de kans op het ontstaan van oppervlaktecondensatie en allergenen op een uitwendige scheidingsconstructie tegengegaan te worden.

Oppervlaktecondensatie wordt tegengegaan door de uitwendige scheidingsconstructie (schil) voldoende thermische kwaliteit te geven. Daarnaast is de kans op het optreden van oppervlaktecondensatie mede afhankelijk van de vochtproductie/dampspanning in een gebouw. Er wordt onderscheid gemaakt in vier klimaatklassen, onderverdeeld naar dampspanning. Deze klimaatklassen zijn een maat voor de kans op oppervlaktecondensatie. In Tabel 9 zijn de

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

binnenklimaatklassen gedefinieerd.

Tabel 9 : Binnenklimaatklassen (bron: SBRCurnet infoblad 64 "Koudebruggen; inventarisatie van kritische plaatsen").

Of een uitwendige scheidingsconstructie voldoende kwaliteit heeft om oppervlaktecondensatie 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 .

	binnenklimaatklasse			
	1	2	3	4
f-factor	$\geq 0,50$	$\geq 0,50$	0,55 tot 0,70	$\geq 0,70$

Tabel 10 : 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 f-factor. Ook de SBR-Referentiedetails utiliteitsbouw zijn op dit aspect beoordeeld.

3.2.2 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 damp-remmende laag in de constructie opgenomen. De analyse dient meestal rekenkundig ondersteund te worden met een dampdiffusieberekening middels programma's zoals Glaser, Match, 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. Zie voor meer informatie: NPR 2652, SBR-Referentiedetails, SBR-praktijkboek Bouwfysica en SBR-publicatie Luchtdicht bouwen.

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 11a-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 11a : 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 11b : 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 11c : 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. $\varrho_c \cdot d$
steenachtig, niet vorstbestendig	50. $\varrho_o \cdot d$
hout, organische materialen	30. $\rho_m \cdot d$
niet vochtbestendig verlijmd plaatmateriaal	50
niet capillaire folie, bij kans op lekkage naar binnen	100
isolatiematerialen	500

Tabel 12 : Toelaatbare hoeveelheid vocht.

Toename door inwendige condensatie met:

- c kritisch watergehalte [m³ / m³]
- o maximaal watergehalte [m³ / m³]
- ρ_m de soortelijke massa van het materiaal [kg/m³]
- d dikte van de materiaallaag [m]

Bepalingsmethode:

Dampdiffusieberekening (Glaser, Match, 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 tegengegaan door luchtdicht te bouwen.

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

3.3 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 bepalingmethoden 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 gevelement wordt een 'kast' gebouwd die op onderdruk wordt gezet. Vervolgens wordt gedurende een bepaalde tijd een bepaalde hoeveelheid water tegen de gevel gespreid. 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.

3.4 Thermische isolatie

De warmteweerstand van de gebouwschil moet zodanig zijn dat warmteverliezen in de winterperiode worden beperkt, zonder dat in de zomerperiode teveel warmte wordt vastgehouden.

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

- 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
Dichte delen	$R_{c;vloer} \geq 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ $R_{c;gevel} \geq 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ $R_{c;dak} \geq 6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_{c;vloer} \geq 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ $R_{c;gevel} \geq 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ $R_{c;dak} \geq 7,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_{c;vloer} \geq 6,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ $R_{c;gevel} \geq 6,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ $R_{c;dak} \geq 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen en deuren	$U_{\text{maximaal}} \leq 2,20 \text{ W/m}^2$ $U_{\text{gemiddeld}} \leq 1,65 \text{ W/m}^2$	$U_{\text{maximaal}} \leq 1,65 \text{ W/m}^2$ $U_{\text{gemiddeld}} \leq 1,20 \text{ W/m}^2$	$U_{\text{maximaal}} \leq 1,20 \text{ W/m}^2$ $U_{\text{gemiddeld}} \leq 0,8 \text{ W/m}^2$

Tabel 13 : 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.

3.5 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.

In Tabel 14 zijn waarden gegeven voor de luchtdoorlatendheid van gevels afhankelijk van het soort gevel-deel. Voor de luchtdoorlatendheid verwijzen wij naar de toetsingsdrukken uit NEN 3661 versie 1988 zoals opgenomen in onderstaande tabel. De aangegeven hoogten hebben betrekking op de hoogte van de dakrand van het gebouw boven het maaiveld.

Klasse	Gebouwhoogte [m]	Toetsingsdruk [Pa]
B 15	15	75
B 40	40	150
B 100	100	300
K 15	15	300
K 40	40	300
K 100	100	450

Tabel 14 : Toetsingsdrukken voor de luchtdoorlatendheid conform NEN 3661.

Klasse K dient te worden toegepast in de volgende gebieden:

- de provincie Noord-Holland;
- het Waddengebied;
- het IJsselmeergebied;
- een zone van 2,5 km vanaf het Noordzeestrand

Klasse B dient te worden toegepast in het overige gebied van Nederland.

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 Luchtdoorlatendheid van gebouwen – Meetmethode, niet groter mag zijn dan $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ($q_{V,10} \leq 200 \text{ dm}^3/\text{s}$ bij 10 Pascal (Pa)). Deze eis wordt gesteld aan voor mensen verwarmde gebouwen.

Prestatieniveaus:

Geveldeel	Kwaliteitsniveaus
-----------	-------------------

	Basis	Goed	Uitstekend	Eenheid
De gevel als geheel				
Met te openen ramen	1,80	1,44	1,15	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$ geveloppervlakte ⁽¹⁾
Zonder te openen ramen	0,50	0,40	0,30	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$ geveloppervlakte ⁽¹⁾
Kieren bij bewegende delen²⁾				
Kierlengte $\leq l_k$ 0,6 m/m ²	2,5	2,0	1,5	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$ kierlengte
Kierlengte $> l_k$ 0,6 m/m ²	$(0,6/l_k)*2,5$	$(0,6/l_k)*2,0$	$(0,6/l_k)*1,5$	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$ kierlengte
Naden en geconcentreerde lekken				
Naden in gevelelementen en bij bouwkundige aansluitingen	0,14	0,11	0,09	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$ naadlengte
Plaatselijk geconcentreerde lekken	0,50	0,40	0,30	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ per 100 mm
Ventilatie-roosters				
Ventilatie-roosters in gesloten toestand ⁽³⁾	Av/10	Av/15	Av/20	m ³ /s

Tabel 15 : Prestatieniveaus luchtdoorlatendheid.

(1) 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.

(2) 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).

(3) Av is de netto ventilatieopening in m² volgens de uitgangspunten van NPR 1088: 1999 nl.

Bepalingsmethode:

- NEN 2686: (1988)/A2: (2008): "Luchtdoorlatend van gebouwen - meetmethode".
- NEN 3661: (1988) nl "Gevelvullingen - Luchtdoorlatendheid, waterdichtheid, stijfheid en sterkte – Eisen."
- NEN 8088-1+C1(2012)/C2 (2014) nl "Ventilatie en luchtdoorlatendheid van gebouwen - Bepalingsmethode voor de toevoerluchttemperatuur gecorrigeerde ventilatie- en infiltratieluchtvolumestromen voor energieprestatieberekeningen - Deel 1: Rekenmethode"
- SBR publicatie 360.13 (2013) "Luchtdicht bouwen theorie - ontwerp – praktijk" ISBN 978.905.367.5007.

Aanvulling(en):

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"

De luchtdoorlatendheid kan, conform hetgeen gesteld is in NEN 8088-1, voor gerealiseerde gebouwen op basis van een conform NEN 2686 worden bepaald. In geval de specifieke

luchtvolumestroom die wordt doorgelaten bij 10 Pa, $q_{v10;spec}$, op basis van meting is vastgesteld, wordt deze waarde voor de berekening van de luchtstroom door infiltratie gebruikt.

Opmerkingen Arjan Pleysier (Deerns, dd. 14 mei 2016):

- De toetsingsdrukken uit Tabel 14 zijn, mijns inziens, bedoeld als de drukken waarbij de eisen in tabel 15 gehaald dienen te worden. De norm NEN 3661:1998 is (deels) vervangen is door de NEN-EN 12207 en NEN-EN 12152. De praktijk die ik ken is dat bij veel gebouwen waar een hoge ambitie geldt met betrekking tot de luchtdichtheid de hoogste toetsingsdruk wordt gehanteerd.
- De eisen die uit de waarden in Tabel 14en

Geveldeel	Kwaliteitsniveaus			
	Basis	Goed	Uitstekend	Eenheid
De gevel als geheel				
Met te openen ramen	1,80	1,44	1,15	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$ geveloppervlakte ⁽¹⁾
Zonder te openen ramen	0,50	0,40	0,30	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$ geveloppervlakte ⁽¹⁾
Kieren bij bewegende delen²⁾				
Kierlengte $\leq l_k$ 0,6 m/m ²	2,5	2,0	1,5	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$ kierlengte
Kierlengte $> l_k$ 0,6 m/m ²	$(0,6/l_k)*2,5$	$(0,6/l_k)*2,0$	$(0,6/l_k)*1,5$	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$ kierlengte
Naden en geconcentreerde lekken				
Naden in gevelelementen en bij bouwkundige aansluitingen	0,14	0,11	0,09	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$ naadlengte
Plaatselijk geconcentreerde lekken	0,50	0,40	0,30	$10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ per 100 mm
Ventilatieroosters				
Ventilatieroosters in gesloten toestand ⁽³⁾	Av/10	Av/15	Av/20	m ³ /s

- Tabel 15 volgen leiden bij de hoogste toetsingsdrukken tot waarden die hoger zijn dan de klasse-aanduiding in de NEN-EN 12207 (voor ramen en deuren) en NEN-EN 12152 (vliesgevels). Aanbevolen wordt om de eisen uit de tabellen te vertalen naar de eisen zoals opgenomen in de NEN-EN 12207 (voor ramen en deuren) en NEN-EN 12152 (vliesgevels).

Voorbeeld met te openen ramen:

De eis luchtdoorlaat $< 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3(\text{s}\cdot\text{m}^2 \text{ geveloppervlak})$ bij 400 Pa, dit betekent:

- 5,18 m³(h.m² geveloppervlak) bij 400 Pa, =>
- 2,06 m³(h.m² geveloppervlak) bij 100 Pa, =>
- 0,44 m³(h.m² geveloppervlak) bij 10 Pa

De eis voor de gevel als geheel is zodoende hoger dan hoort bij de hoogste klasse 4 van EN 12207.

Voorbeeld zonder te openen ramen:

De eis luchtdoorlaat $< 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3(\text{s}\cdot\text{m}^2 \text{ geveloppervlak})$ bij 400 Pa, dit betekent:

- 1,08 m³(h.m² geveloppervlak) bij 400 Pa, =>
- 0,43 m³(h.m² geveloppervlak) bij 100 Pa, =>
- 0,092 m³(h.m² geveloppervlak) bij 10 Pa

De eis voor de gevel als geheel is hoger dan hoort bij de hoogste klasse A4 van NEN-EN 12512.

Voorbeeld kieren bij bewegende delen:

De eis luchtdoorlaat is $< 0,08 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3(\text{s} \cdot \text{m}' \text{ kierlengte})$ bij 400 Pa, dit betekent:

- $0,288 \text{ m}^3(\text{h} \cdot \text{m}' \text{ kierlengte})$ bij 400 Pa, =>
- $0,114 \text{ m}^3(\text{h} \cdot \text{m}' \text{ kierlengte})$ bij 100 Pa (met $n = 2/3$, conform EN 12207; vaak ook $n=0,61$)

De eis volgens het handboek is dan 6,5 maal zo streng als de bovengrens van klasse 4 volgens de EN 12207. Volgens de VMRG-kwaliteitseisen is met beweegbare delen in de gevel, bij toepassing van dubbele kierdichting een luchtdoorlatendheid van $0,15 \text{ m}^3(\text{h} \cdot \text{m}' \text{ kierlengte})$ bij 10 Pa haalbaar.

Voorbeeld naden in vliesgevels etc. en plaatsen waar elementen op elkaar aansluiten (dus in gevels zonder te openen ramen):

De eis luchtdoorlaat $< 0,002 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3(\text{s} \cdot \text{m}^1 \text{ naadlengte})$ bij 400 Pa, dit betekent:

- $0,0072 \text{ m}^3(\text{h} \cdot \text{m}^1 \text{ naadlengte})$ bij 400 Pa, =>
- $0,0029 \text{ m}^3(\text{h} \cdot \text{m}^1 \text{ naadlengte})$ bij 100 Pa, =>
- $0,00062 \text{ m}^3(\text{h} \cdot \text{m}^1 \text{ naadlengte})$ bij 10 Pa.

De eis voor de luchtdoorlaat van een naad is zeer veel hoger dan hoort bij de hoogste klasse A4 van NEN-EN 12512 ($0,5 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^1$ naadlengte).

3.6 Toegankelijkheid

Een gebouw moet toegankelijk zijn voor mindervaliden.

Daarom dienen veel gebouwen (volgens het Bouwbesluit) een toegankelijkheidssector te bezitten. Dat betekent onder andere dat een entree van een gebouw een maximale drempelhoogte (aan de buiten- en binnenzijde) van 20 mm mag hebben. Om de waterdichtheid van de gebouwschil te garanderen dient het onderdorpeldetail van de entreepui goed ontworpen te worden (raadpleeg de SBR-Referentiedetails).

Prestatieniveaus:

Drempelhoogte $\leq 20 \text{ mm}$ / 40% vg toegankelijkheidssector.

Bepalingsmethode:

Details en plattegrond beoordelen.

3.7 Uitvoerbaarheid

Vanuit kwaliteit en kostenbeheersing is de uitvoerbaarheid een belangrijk beoordelingscriterium.

Er moet voorkomen worden dat in de details verschillende bouwmethodieken worden gebruikt. De werk-volgorde in de details dient daarom consequent te zijn. Bepaal op basis van het PvE en de situering -in verband met de (on)mogelijkheden op het gebied van logistiek- een uitvoeringsconcept en verwerk dit consequent in het bouwtechnisch ontwerp. Een stelregel hierbij is dat hoe eenvoudiger en hoe meer repeterend een detail wordt ontworpen, des te minder kans op uitvoeringsfouten, onvoldoende waterdichtheid of geluidwering.

Prestatieniveaus:

Onderbouwd uitvoeringsconcept.

Bepalingsmethode:

Visuele controle.

3.8 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 Arbowet 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.

3.9 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 overgangswaarde 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.
- **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.

3.10 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) "Vochtwerking 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) "Vochtwerking 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.

4 Stedenbouwfysisch comfort

4.1 Windhinder

De eisen aan windhinder en windgevaar (paragraaf 4.2) 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 ruimere 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 Tabel 16 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 16 : 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 4.3) te formuleren. Er worden kwaliteitsklassen onderscheiden, waarbinnen de windhindergevoeligheid afhankelijk is van de activiteit die maatgevend wordt geacht voor elk gebied.

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: Meestwindhindergevoelig, 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 17.

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 17 : 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.

4.2 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 18 : 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.

4.3 Bezinning en beschaduwing

Eisen aan beschaduwing (of bezinning) dienen om een goed 'klimaat' te verzekeren.

Er zijn geen wettelijke eisen of publiekrechtelijke normen inzake bezinning 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 bezinning of beschaduwing kunnen gesteld worden om verschillende redenen:

- Het vermijden van hinder door te langdurige schaduw op de gevels van omliggende 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 bezinning. Eerder wordt bezinning 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:

Beschaduwning (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.

4.4 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 19 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 19 : 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.

4.5 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 maatregelen 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 terecht komt 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 20 : 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 een soort van 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 21 : 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.

4.6 Buitenluchtkwaliteit

4.6.1 Schadelijke stoffen

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 (NO₂), 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 (PM_{0,1}) 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 middelingtijd van de betreffende luchtkwaliteitseis significant is. Hoewel voor kantoorlocaties uurlijkse en 24-uurs grenswaarden relevant zijn, gezien de middelingtijd, 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 ontwerp oplossingen 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. Met overdrachts- en ontvangstmaatregelen is het mogelijk om luchtverontreiniging te verdunnen waardoor de luchtkwaliteit ter plaatse verbetert. Overdrachtsmaatregelen zijn maatregelen tussen bron en ontvanger, bijvoorbeeld het natreinen van de weg. Ontvangstmaatregelen zijn effectief daar waar mensen zich bevinden. Bij ontwerp oplossingen kan gedacht worden aan ventilatievoorziening van gebouwen, aan geluid- en/of luchtschermen, vliesgevels (bebouwing), hogere gebouwen (draagt bij aan sterkere luchtstroming) en een ruimere opzet van weg-layout.

Prestatieniveaus:

gevoelige groep	Gebruik buitenruimte (fysieke inspanning)	ambitieniveau buitenluchtkwaliteit	buitenluchtkwaliteit verontreiniging [PM ₁₀] en [NO ₂]	ontwerpoplossingen
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 22 : 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).

4.6.2 Ontwerpoplossingen

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.

Afschermdende 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.

Gebouwworm

Een aantal stedenbouwkundige principes kunnen de luchtkwaliteit beïnvloeden. Oplossingen voor knelpunten van luchtverontreiniging hebben echter ook (ruimtelijke) nadelen. Hoe hoger gebouwen, hoe harder daar gaat waaien. Dit leidt tot lagere concentraties luchtverontreiniging. Het effect op de verblijfswaarde van de openbare ruimte kan vanuit het oogpunt van windhinder 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.

4.7 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.

4.8 Relevante normen en documenten

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

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 slaapproblemen, 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:

$$DF = \frac{E_{ruimte}}{E_{vrij\ veld}} \times 100\%$$

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:

- $R_{a,glas}$ (kleurweergave-index): $\geq 80\%$; ter voorkoming van een sombere en storende daglichtkleur.
- $L_{r,bi}$ (reflectiefactor glas binnen): $\leq 15\%$; 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)	$\geq 2\%$	$\geq 3\%$	$\geq 5\%$ ⁽¹⁾
werkplek langdurig verblijf (ongeacht afstand tot gevel)	$\geq 0,9\%$	$\geq 1\%$	$\geq 2\%$
Werkplek kortdurend verblijf	$\geq 0,1\%$	-	-

Tabel 23 :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 $DF \geq 5$ 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:

- 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 kortdurend 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: zorg voor waarneming van beweging en groenvoorzieningen en geef een 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 24 : 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 dienen 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 worden gegeven door de Nederlandse norm (NEN-EN 12464-1) op het gebied van (kunst)verlichting per verschillende soort werkzaamheid.

De kleurweergave-index, (Ra [-]), is de objectieve maat voor de kleurweergave van een lichtbron. Deze eigenschappen zorgen ervoor dat de kleuren van de omgeving, voorwerpen en mensen zo natuurlijk en realistisch mogelijk 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	200	80

Tabel 25 : Eisen aan de verlichtingssterkte (E_m) op het werkvlak.

Gelijkmatigheidsindex Op het werkvlak (bureaublad) $\geq 75\%$.

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 helderheidsverschillen, verblinding, reflectie of directe zoninstraling.

Luminantie is de maat voor wat mensen als helderheid ervaren en wordt uitgedrukt in Cd/m². 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. Zo min mogelijk hinder van helderheidsverschillen, verblinding, spiegeling, reflectie of directe zoninstraling. 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) dient 1:10:30 te zijn (SBR handboek 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. 393-297, juni 2003).

De luchttemperatuur, stralingstemperatuur, luchtsnelheid en luchtvochtigheid bepalen het thermisch binnenklimaat. Samen met het activiteitsniveau 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 en te veel warmtestraling door een kachel 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), NPR-CR 1752 en NEN-EN-ISO 7730. Er geldt:

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

De eisen in dit hoofdstuk hebben betrekking op alle kantoorwerkplekken. Er wordt geen onderscheid gemaakt in cellenkantoren, kantoorruimten, 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 26.

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.

Prestatieniveaus:

		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	20-24° C + IB ⁽¹⁾
	zomer (0,5 clo)	22-27° C	23-26° C	23-26° C + IB ⁽¹⁾

Tabel 26 : Grenswaarden ruimtetemperatuur zomer en winter, voor kantoor / vergaderruimte.

(1) IB = mogelijkheid voor individuele beïnvloeding van de temperatuur.

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”.

Opmerkingen:

In voorkomende gevallen dient het ATG-profiel als maatgevend te worden beschouwd.

6.2.2 ATG methode

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.

Met de berekeningsmethodiek Adaptieve Temperatuur Grenswaarden (ATG-methode; ISSO publicatie 74), is een voorspelling te maken van het aantal tevreden. Het ‘ATG-profiel’ wordt uitgedrukt in het aantal uren dat de optredende operatieve binnentemperatuur een zeker percentage klachten niet overschrijdt. Door 1% overschrijding van de grenswaarden voor het percentage klachten toe te staan -dit komt overeen met 10 uur op jaarbasis- kan een forse besparing op het te installeren koelvermogen worden bereikt, terwijl dit beperkt invloed heeft op de behaaglijkheid.

Prestatieniveaus:

	Kwaliteitsniveau		
	basis (klasse C)	goed (klasse B)	uitstekend (klasse A)
ATG-Grenswaarde acceptatie van de thermische situatie (richtlijn voor over- en onderschrijdingsuren)	65%	80%	90%

Tabel 27 : Klasse-indeling kwaliteit binnenklimaat, afhankelijk van het klachtenpercentage.

Voor kantoren van het gebouw/klimaattype α is een maximum aantal overschrijdingsuren van 10 uur per jaar toelaatbaar (1% van de tijd).

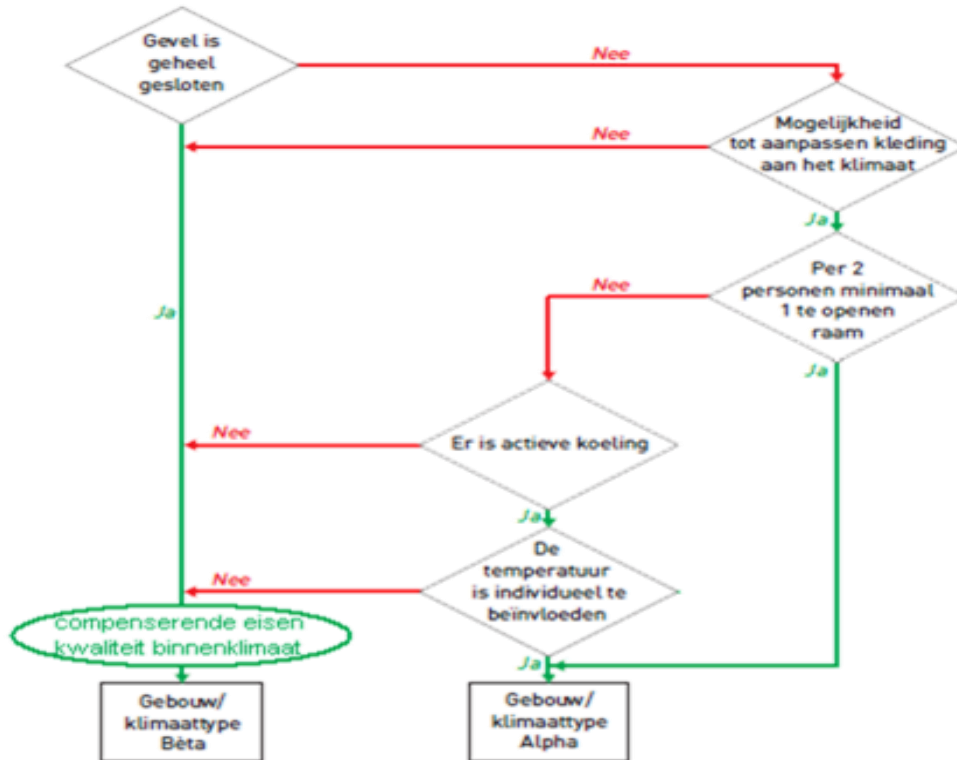
Bepalingsmethode:

- ISSO 74: “Thermische behaaglijkheid”
- ISSO 32: “Uitgangspunten temperatuursimulatieberekeningen”

Aanvulling(en):

De ATG-methodiek

De achtergronden van de ATG-methodiek voor de berekening of het binnenklimaat voldoet aan de gestelde eisen, zijn weergegeven in ISSO 74. Hierin worden kantoren met het klimaatype α en β onderscheiden. De bepaling of sprake is van kantoor/klimaatype α of β dient te worden bepaald conform het stroomschema in Figuur 8. Deze figuur wijkt op onderdelen af van ISSO 74.



Figuur 8 : Stroomschema ter bepaling van kantoor/klimaatype α of β .

Enkele aandachtspunten bij de ATG-berekeningen:

- 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/klimaatype 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 fixeerstand (incl. kierstand) of traploos instelbaar is;
 - de effectieve doorlaat van deze opening minimaal 0,5 m² te zijn per travee van 1,8 m. De effectieve doorlaat A_{eff} dient te worden bepaald conform par. 5.4.3 van NEN 1087. Hierbij is A de netto doorlaat van de opening. Dus, $A_{eff} = A_{netto} \times J(\psi)$;
 - 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/klimaatype 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) een vereiste.
- 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 m³/h per persoon,
 - T_{e,max} = 35°C en
 - T_{inblaas} < 25°C:
 - 150 W per persoon.

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).
- Er mag worden afgeweken van de interne warmtelasten conform ISSO 32 mits dit goed is onderbouwd (bijvoorbeeld een lager verlichtingsvermogen dan 11,5 W/m²).

Aanbevelingen

Kantoormedewerkers 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.

De volgende tabel geeft een indeling in kwaliteitsklassen van individuele temperatuurregelingen per werkplek in combinatie met de reactietijd van de instelling/verstelling.

Klasse	Acceptatie	Gebouw/klimaatype	
		Alpha	Bèta
A	90%	Bij T _{e,ref} > ca. 12 °C $T_{oper} < 20,3 + 0,31 \cdot T_{e,ref}$ Bij T _{e,ref} < ca. 12 °C $T_{oper} < 22,7 + 0,11 \cdot T_{e,ref}$	$T_{oper} < 22,7 + 0,11 \cdot T_{e,ref}$
B	80%	Bij T _{e,ref} > ca. 11 °C	$T_{oper} < 23,45 + 0,11 \cdot T_{e,ref}$

		$T_{oper} < 21,3 + 0,31 \cdot T_{e,ref}$ Bij $T_{e,ref} < \text{ca. } 11 \text{ } ^\circ\text{C}$ $T_{oper} < 23,45 + 0,11 \cdot T_{e,ref}$	
C	65%	Bij $T_{e,ref} > \text{ca. } 13 \text{ } ^\circ\text{C}$ $T_{oper} < 22,0 + 0,31 \cdot T_{e,ref}$ Bij $T_{e,ref} < \text{ca. } 13 \text{ } ^\circ\text{C}$ $T_{oper} < 23,95 + 0,11 \cdot T_{e,ref}$	$T_{oper} < 24,15 + 0,11 \cdot T_{e,ref}$
Bij bijzondere omstandigheden: hoog metabolisme en/of hoge kledingisolatie (laboratoria, spoelkeukens)		correctie grenswaarden met: $\Delta T = -6 \cdot (l_{cl} - 0,7) - 8 \cdot (M - 1,4)$ Geldig bij $1,4 < met < 4,0$ en $0,7 < clo < 2,0$	correctie met: $\Delta T = -6 \cdot (l_{cl} - 0,7) - 8 \cdot (M - 1,4)$

Tabel 28 : Kwaliteitsklassen voor de beoordeling van het thermische binnenklimaat in de zomer.

Merk op dat tussen klassen A en C het temperatuurverschil kleiner is dan 2°C; het temperatuurverschil tussen klassen A en B is minder dan 1°C.

6.2.3 Individuele temperatuurregeling

Prestatieniveaus:

Klasse kwaliteitsniveau individuele temperatuurregeling per vertrek (regeling voor maximaal 6 werkplekken) en reactietijd van de instelling/verstelling

Klasse	kwaliteitsniveau	individuele temperatuurregeling per vertrek (regeling voor maximaal 6 werkplekken) en reactietijd van de instelling/verstelling
A	Uitstekend	$\pm 2,0^\circ\text{C}$ regeling per werkplek met een reactietijd van minimaal 1°C per half uur
B	Goed	Geen individuele regeling per werkplek, maar regeling per vertrek, 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

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 A)
Verticale temperatuurgradiënt [$^\circ\text{C}$]	< 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 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).

De verblijfszone betreft een ruimte 1,8 m hoog, op 0,6 m afstand vanaf de vloer en van de wanden. In zowel winter als zomerperiode moet worden voldaan aan de oppervlaktetemperaturen van de vloer onder normale omstandigheden.

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 0,60 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 - 31	19 – 29	19 – 26

Tabel 31 : Grenswaarden vloertemperatuur (gebaseerd op NEN-EN-ISO 7730).

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	< 7	< 5	< 5
Koude wand (glas)	< 13	< 10	< 10
Koud plafond	< 18	< 14	< 14
Warme wand	<35	< 23	< 23

Tabel 32 : Grenswaarden stralingstemperatuurasymmetrie (bron NEN-EN-ISO 7730).

Bepalingsmethode:

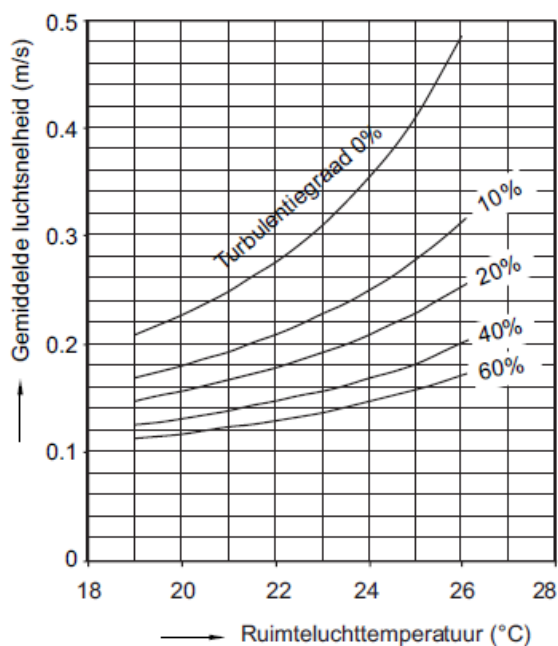
NEN-ISO 7726: "Ergonomie van de thermische omgeving - Instrumenten voor het meten van fysische grootheden"

6.2.7 Luchtsnelheid

Voor kantooractiviteiten in de verblijfszone van een verblijfsruimte, 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 genoemde grenswaarde.

De Draught Rate (DR) wordt bepaald uit de (gemeten) turbulentie-intensiteit (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 de maximaal toelaatbare gemiddelde luchtsnelheid volgens de grafiek "Snelheidscriteria volgens NEN-EN-ISO 7730". De grenslijnen geven aan waar het percentage gehinderden 15% bedraagt.



Figuur 9 : Snelheidscriteria volgens NEN-EN-ISO 7730.

Prestatieniveaus:

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	Goed	Uitstekend
Maximaal toegestane DR-waarde	≤ 30%	≤ 20%	≤ 10%

Tabel 33 : Classificatie hinderpercentage door tocht, uitgedrukt in Draught Rating (DR-waarde).

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".

Aanvulling(en):

- Bij geopende spuivoorzieningen voor warmteafvoer geldt deze eis niet.
- De toegestane luchtsnelheid is afhankelijk van de plaatselijke luchturbulentiegraad en -temperatuur. Het gemiddelde percentage ontevreden over tocht dient te worden beperkt. Hiertoe worden eisen gesteld aan de Draught Rating (DR-waarde) conform NEN-EN-ISO 7730.

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 met beeldschermwerk	≥ 30% of de absolute vochtigheid van de buitenlucht
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 minimeisen 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 ten minste 3,5 / 4,5 / 6,0 m²K/W voor respectievelijk de vloer / gevel / dak. De warmtedoorgangscoefficiënt van ramen mag ten hoogste 2,2 W/m²K bedragen en gemiddeld maximaal 1,65 W/m²K. 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 m²K/W, maar geen eisen ten aanzien van temperatuur, tocht of andere thermisch comfort aspecten.

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 tochtverlast 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) (T_{e,ref}): Wordt gebruikt in de ATG berekeningsmethodiek. Langs de X-as staat de T_{e,ref}, een aangepaste vorm van de Running Mean Outdoor Temperature. Deze wordt bij de ATG-methode op een eenvoudiger wijze bepaald dan in de publicaties van De Dear en Brager. T_{e,ref} wordt berekend uit het gemiddelde van de maximale en minimale buiten(lucht)temperatuur van de beschouwde dag en de 3 dagen daaraan voorafgaand, volgens de formule: $T_{e,ref} = 0,4167 * (1 * T_{vandaag} + 0,8 * T_{gisteren} + 0,4 * T_{eergisteren} + 0,2 * T_{eer-eergisteren})$
- Draught Rating (DR-waarde): Het percentage ontevreden, 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: Activiteitsniveau.
- 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 stralings-

asymmetrie 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 dan aan de andere, dan spreken we 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 afgeschermd 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.
- NEN 1068: (2001) Thermische isolatie van gebouwen – Rekenmethoden.
- NEN 1087: (2006) 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.
- prEN 15251: (2005) Criteria for the indoor env. including thermal, indoor air quality, light and noise.
- Praktijkboek Gezonde Gebouwen (cahier R2).
- SBR 9.

7 Akoestisch comfort

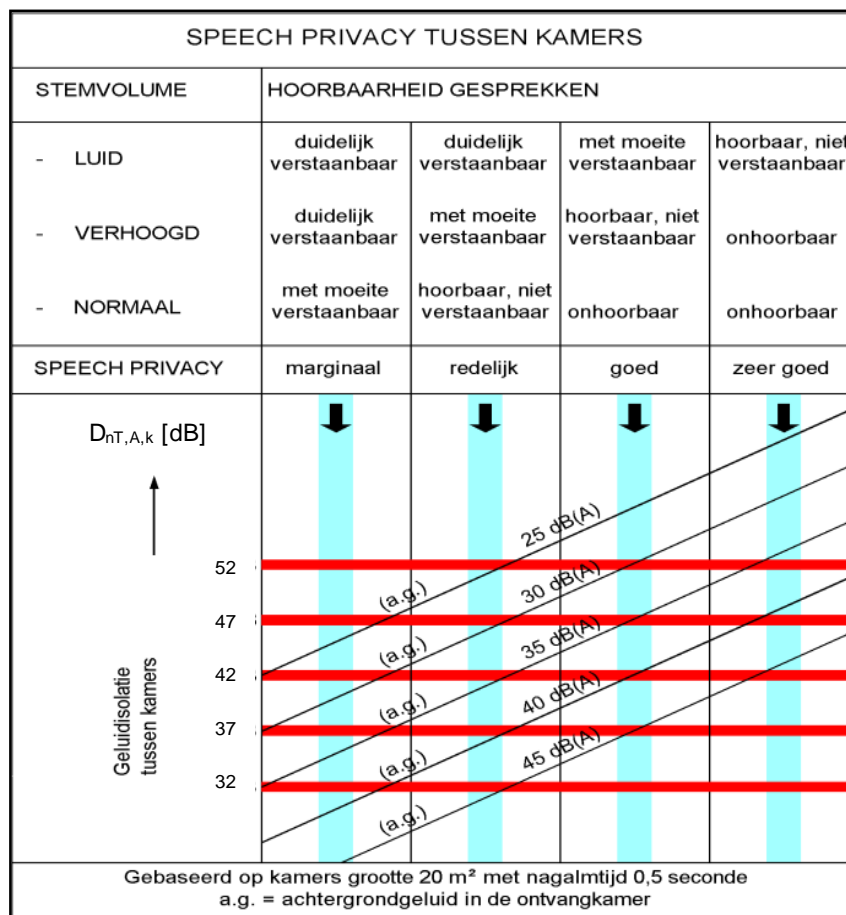
Een goed akoestisch comfort dient de volgende doelen:

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

7.1 Samenhang geluidsaspecten

De verschillende geluidsaspecten zullen op elkaar afgestemd dienen te worden ten behoeve van een goed akoestisch binnenklimaat.

In Figuur 10 is de onderlinge relatie zichtbaar gemaakt voor de speech-privacy, geluidsisolatie tussen ruimtes en het achtergrond geluidniveau.



Figuur 10 : Speechprivacy tussen verschillende ruimten. Af te lezen is bijvoorbeeld dat bij een geluidsisolatie 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

Speechprivacy

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 toon: 65 dB(A).
- luid: 70 dB(A).

Geluidsisolatie

De eis ten aanzien van de geluidsisolatie kan ook voortkomen uit de in een bepaalde ruimte optredende, relatief hoge geluidniveaus, bijvoorbeeld ten gevolge van in die ruimte opgestelde apparatuur (printers en dergelijke), die voldoende afscherming naar naastgelegen ruimten vereisen. De eisen zijn dan afhankelijk van het optredende geluidniveau.

Aan de geluidsisolatie 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 geluidsisolatie van een gangwand in het algemeen beperkt door de aanwezigheid van een deur.

Achtergrond geluidniveau

In kleinere kantoren is een ruisachtig installatiegeluidniveau van 35-40 dB gewenst, maar zeker niet hoger dan 40 dB omdat dit door de gebruikers over het algemeen als hinderlijk wordt ervaren. Een lager niveau dan 35 dB is echter evenmin wenselijk omdat dan eisen aan de geluidsisolatie 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 normaal gesproken zonder meer aanvaardbaar, omdat door de gebruikers zelf een geluidniveau wordt veroorzaakt dat naar verwachting 40-45 dB 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 betekent dit dus dat het niveau van het gesprek lager dient te zijn dan 35 dB.

7.2 Prestatie eisen kantooromgeving

De eisen aan de geluidsisolatie tussen werkplekken is gekoppeld aan de privacy-gevoeligheid van de functie van de werkplek alsmede het activiteitsniveau en de geluidproductie.

7.2.1 Geluidsafname open kantoortvloeren

In dit verband worden de volgende categorieën onderscheiden:

- Besloten ruimten
- Ruimten met hoge speechprivacy als gevolg van de functie, met een min of meer vaste structuur van ruimtescheidingen (bijvoorbeeld in vergadercentra).
- Ruimten met verhoogde speechprivacy als gevolg van de functie in een flexibele kantooromgeving (mede gerelateerd aan hetgeen realiseerbaar is met flexibele scheidingsconstructies).
- Besloten werkplekken met 1 – 4 personen.
- Open ruimten (zie paragraaf 7.2.2)
- Open geclusterde werkplekken.
- Open overlegplekken of grote zalen zoals callcentra.

In de volgende tabel worden de prestatie-eisen ten behoeve van het akoestisch comfort in de kantoor-omgeving aangeduid. Hieronder worden de verschillende prestatie-eisen nader omschreven.

Onder de geluidsisolatie van een scheidingsconstructie wordt verstaan de mate waarin het aan één zijde van de scheidingsconstructie geproduceerde geluid verzwakt wordt doorgelaten naar de andere zijde van de scheidingsconstructie. Deze geluidsisolatie kan onderscheiden worden in luchtgeluid- en contactgeluid-isolatie. 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 speech-privacy geaccepteerd worden. Een reductie van 2 dB van de geluidisolatie is in de situaties dan ook acceptabel en ook realiseerbaar. Genoemde getalswaarden zijn gestoeld op basis van praktijkervaringen.

Prestatieniveau:

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

Tabel 35 : Prestatie-eisen voor de geluidisolatie 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 36 worden de vereiste geluidisolatie-eisen nader aangeduid. Hierbij wordt een referentienagalmtijd 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.

7.2.2 Geluidsafname open kantoorvloeren

De speechprivacy 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. 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 is 5 dB(A) per afstandsverdubbeling het maximaal haalbare in een situatie zonder geluidswerende voorzieningen zoals bijvoorbeeld schermen. Dit betekent 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 van 11 dB(A) per afstandsverdubbeling. Op 15 m afstand is er immers sprake van bijna 4 afstandsverdubbelingen en dus een verzwakking van 20 dB(A). Dit resulteert dan in een geluidniveau van 35 – 40 dB(A), hetgeen doorgaans gelijk ligt aan het heersende achtergrondniveau, met de verstaanbaarheid als gevolg.

Prestatieniveau:

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

Spraakdiscretie

Vooralsnog is in het Handboek afgezien van een kwalificatie van de spraakdiscretie in open ruimten in de vorm van een STI-waarde. In de definitie van de STI kan indien gewenst de maskering van het achtergrondgeluidsniveau 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 3382-3:2009 Ontw 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 3382-3:2009 Ontw..

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 (kast-)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 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 ter vermijding van reflecties over het plafond.

7.2.3 Ruimteakoestiek

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

In de volgende tabel wordt, gerelateerd aan bovenstaande beschouwing, tevens de maximum nagalmtijd weergegeven. Het gaat hier om de nagalmtijd, gemiddeld over de octaafbanden met

middenfrequenties van 250 t/m 2000 Hz. Hinderlijke flutterecho's dienen te worden vermeden. Onderscheid wordt gemaakt in ingerichte en niet-ingerichte ruimten. In niet-ingerichte ruimten zijn wel scheidingswanden, vloerbedekking en plafonds aanwezig.

Prestatieniveau:

Soort ruimte	Maximale nagalmtijd (T in s)						
	Besloten ruimten				Open ruimten		
		Categorie 1	Categorie 2	Categorie 3	Categorie 4	Categorie 5	
	Concentratiecellen / belplekken	hoge spraakdiscretie bv vergaderruimte	verhoogde spraakdiscretie bv. spreekkamer.	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.

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 gerelateerd aan de normaliter aanwezige geluidproductie in kantooromgevingen alsmede de relatief eenvoudige configuraties van dergelijke omgevingen. Voor ruimten $\leq 25 \text{ m}^2$, geldt daarnaast een eis voor de 125 Hz octaafband die maximaal 1,2 maal de gemiddelde nagalmtijd bedraagt.

7.3 Richtlijnen overige akoestische aspecten

7.3.1 Achtergrondgeluidniveau van buitengeluid en installaties en omgevingslawaai

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.

Prestatieniveaus:

Bron	Besloten ruimten			Open ruimten	
	Categorie 1	Categorie 2	Categorie 3	Categorie 4	Categorie 5

		hoge spraakdiscretie bijv. vergader	verhoogde spraakdiscretie bijv. spreekk.	besloten werkplek (1-4 personen)	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.

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"

7.3.2 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.

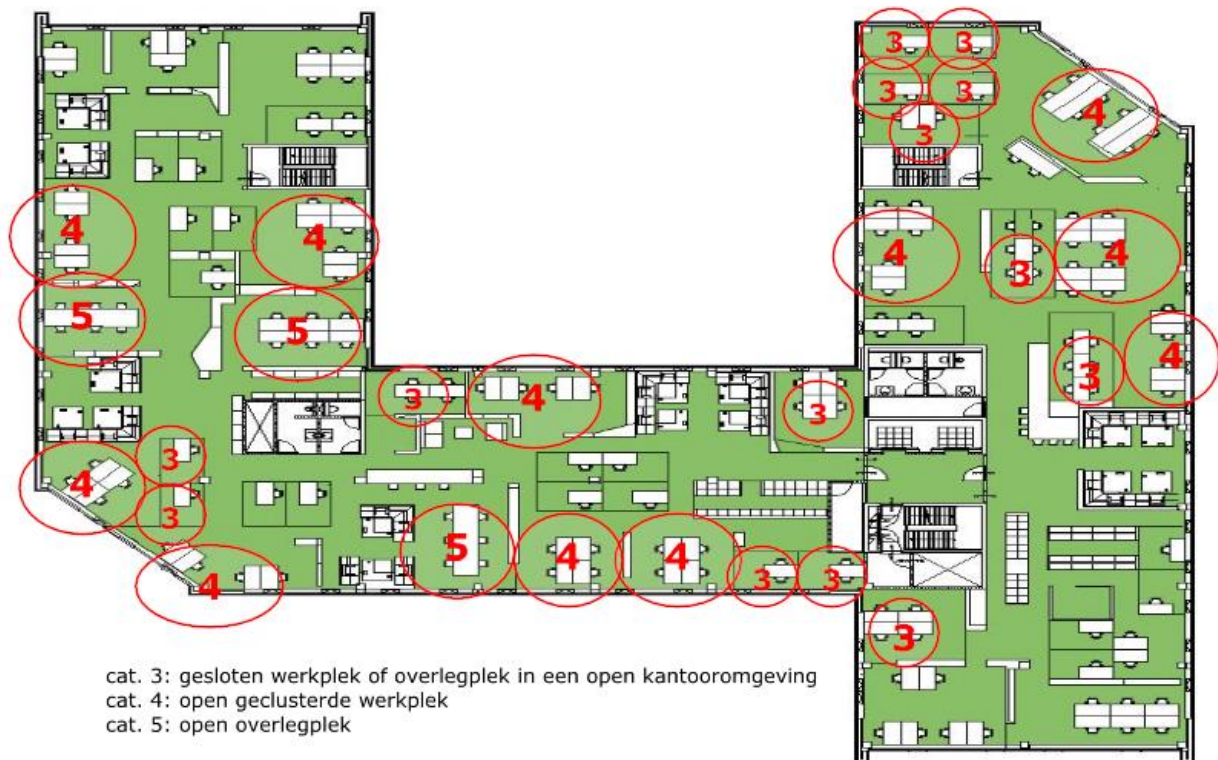
- Geluid van regen en hagel op gevel- respectievelijk dakdelen dient in kantoren en andere werk-respectievelijk verblijfsruimten (rekening houdend met de diverse indelings-mogelijkheden en uitgaande van een standaarddiepte van 5,4 m en een nagalmtijd van 0,5 s) de 45 dB(A) niet te overschrijden (maximale 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 maximaal tgv regen ≤ 45 dB(A).
- Geluidniveau maximaal tgv wind (ruis) \leq 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"



Figuur 11 : Voorbeeld van akoestische prestatieniveaus categorieën 3 t/m 5. De eisen aan de geluidreductie tussen werkplekken wordt gekoppeld aan de privacy-gevoeligheid. Spreekkamers vallen in categorie 3 als ze in een open kantoorlandschap liggen.

7.3.3 Geluidemissie naar omgeving

Ter beperking van de geluidsoverlast door technische installaties naar de omgeving, worden in het kader van de Wet milieubeheer eisen gesteld. Daarnaast worden eisen gesteld voor de eigen gevels (niet wettelijk)

De equivalente geluidbelasting op de eigen gevels ten gevolge van installaties binnen het project mag niet meer bedragen dan 55 dB(A) bij gevels met te openen ramen resp. 60 dB(A) bij gevels zonder te openen delen.

Prestatieniveaus:

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

Bepalingsmethode:

- NEN-EN-ISO 16032

7.3.4 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 moeten vermeden worden.

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. Derhalve wordt het volgende 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 geluidrukniveaus van gebouwinstallaties".

Aanvulling(en):

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.

7.4 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.

7.5 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 geluiddruk niveaus van gebouwinstallaties".
- SBR meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen deel A.
- Arbo Informatieblad AI-7 'Kantoren'.

8 Binnenluchtkwaliteit

Eisen aan luchtkwaliteit worden geformuleerd zodat:

- gebruikers van huisvesting bij het uitoefenen van hun activiteiten geen nadelige gezondheidseffecten ondervinden door de hen omringende lucht;
- goede condities worden gerealiseerd voor het leveren van de functionele prestaties, waarvoor de huisvesting is bedoeld;
- geen schade optreedt aan goederen of processen, die in het gebouw worden gehuisvest.

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. Vervuilingbronnen -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.
- Beperk de risico's van vervuiling door vaak voorkomende oorzaken, door bevochtiging van de ventilatielucht, warmterugwinning via warmtewielen en recirculatie van ventilatielucht 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.
- 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.
- Op basis van (momentane) controlemetingen wordt de werking van het systeem gecontroleerd en periodiek bijgesteld.
- Schoonmaken 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.

- 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 gereede onderdelen vervuilen door werkzaamheden elders in het gebouw.
- 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.

Minimale luchtverversingseisen voor nieuwe en bestaande gebouwen zijn vastgelegd in het Bouwbesluit. Het wettelijke minimum voor gezondheid in gebouwen is daarmee vastgelegd. Er kunnen redenen zijn om hogere eisen in het PvE te hanteren dan de wettelijke ondergrens. Het handboek geeft prestatie-eisen om -vanuit het belang van de gebouweigenaar en -gebruiker een optimaal binnenklimaat te realiseren, waarbij gezondheid en productiviteit in het gebouw worden bevorderd. Ook worden storingen en onderhoud (-skosten) daardoor geminimaliseerd.

Het uitgangspunt is een bedrijfseconomische afweging over het integrale huisvesting- en bedrijfsproces en over de levensduur van het gebouw. Dit uitgangspunt is anders dan het uitgangspunt van de regelgeving zoals opgenomen in het Bouwbesluit. Uit deze doelstelling kunnen de te stellen eisen ten behoeve van het ontwerpproces voor huisvesting worden onderverdeeld naar:

- Voorkomen van vervuilingbronnen door:
 - toepassing van emissiearme materialen voor bouwdelen, afwerkingselementen en inrichting.
 - inrichten van aparte ruimten voor vervuilende apparaten en/of processen.
 - goed ontwerp en onderhoud van voorzieningen voor luchtverversing.
- Adequate verse luchttoevoer.
- Individuele beïnvloedingsmogelijkheden voor luchtkwaliteit.

NEN-EN 15251 bevat richtlijnen voor een goed binnenklimaat. In de bijlagen van de norm wordt een methode 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 CO₂-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 $\geq 6,5$ dm³/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 het kader van 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 gebruikssituaties 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 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.

Prestatieniveaus:

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

- 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).

8.2.2 Beperken verontreinigingen 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.

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 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.

Tabel 43 : Eisen voor ontwerp en uitvoering van ventilatievoorzieningen.

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):

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.

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 km²-vlakken) de 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 (NO₂) 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 (PM_{2,5}) 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/m ³	[NO ₂] in µg/m ³
A (ODA 1)	goed	< 20	< 20
B (ODA 2)	redelijk	20 – 30	20 – 30
C (ODA 3)	basis	30 - 40	30 – 40

Tabel 44 : Buitenluchtkwaliteit.

Situaties met een luchtkwaliteit die slechter is dan de 40 µg/m³ 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.

Volgende 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 45 : 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. luchtafblaa, 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:

Als 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		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	10	36	lucht pp	10	36
% ontevredenen	15	lucht/m2	0,5	14	lucht/m2	1	29
ppm CO2>buitenlucht	350	totaal per persoon	50		totaal per persoon	65	
		totaal /m2	6,3		totaal /m2	8,1	
		l/s	m3/h	l/s	m3/h	l/s	m3/h
Categorie II		lucht pp	7	25,2	lucht pp	7	25,2
% ontevredenen	20	lucht/m2	0,35	10	lucht/m2	0,7	20
ppm CO2>buitenlucht	500	totaal per persoon	35		totaal per persoon	45	
		totaal /m2	4,4		totaal /m2	5,7	
		l/s	m3/h	l/s	m3/h	l/s	m3/h
Categorie III		lucht pp	4	14,4	lucht pp	4	14,4
% ontevredenen	30	lucht/m2	0,3	9	lucht/m2	0,4	12
ppm CO2>buitenlucht	800	totaal per persoon	23		totaal per persoon	26	
		totaal /m2	2,9		totaal /m2	3,2	
		l/s	m3/h	l/s	m3/h	l/s	m3/h
Categorie I		lucht pp	5	18	lucht pp	5	18
% ontevredenen	15	lucht/m2	0,5	14	lucht/m2	1	29
ppm CO2>buitenlucht	350	totaal per persoon	32		totaal per persoon	47	
		totaal /m2	4,1		totaal /m2	5,9	
		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
% ontevredenen	20	lucht/m2	0,35	10	lucht/m2	0,7	20
ppm CO2>buitenlucht	500	totaal per persoon	23		totaal per persoon	33	
		totaal /m2	2,8		totaal /m2	4,1	
		l/s	m3/h	l/s	m3/h	l/s	m3/h
Categorie III		lucht pp	2	7,2	lucht pp	2	7,2
% ontevredenen	30	lucht/m2	0,3	9	lucht/m2	0,4	12
ppm CO2>buitenlucht	800	totaal per persoon	16		totaal per persoon	19	
		totaal /m2	2,0		totaal /m2	2,3	

Tabel 46 : 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 47 : 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 48 : 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 luchtkwaliteitsparameters 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, muffheid, 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.

Naschrift

In diverse werkgroepen is het vakgebied besproken en zijn voorstellen gedaan voor de te stellen eisen. Door een klankbordgroep zijn de voorstellen van commentaar voorzien. Ten tijde van de publicatie van het Handboek Bouwfysische Kwaliteit was de klankbordgroep als volgt samengesteld:

Deelnemer klankbordgroep	Bureau
Arjan Pleysier	Cauberg Huygen, Deerns
Frank Lambregts	DGMR
Marieke Krijnen	DHV
Henk Versteeg	LBP Sight
Maurice Maassen	moBius consult
Theodoor Höngens	M+P
Sara Persoon	M+P
Harry Nieman	Nieman
Annemarie Weersink	Nieman
Herman Eijdemans	P2P-consult
Peter Wapenaar	Peutz
Emmely de Kruijff	Rijksgebouwendienst
Jan Hengeveld	ZRi
Yvonne Watterz	ZRi
Kees Kalkman	Nelissen