

TNO-rapport

B-89-227

**Achtergronden van de belastingen volgens concept
NEN 6702**

Datum	Juni 1989
Auteur(s)	Ir. P.E. de Winter
Aantal pagina's	84
Opdrachtgever	Stichting Bouwresearch T.a.v. ir. J.W. Eijkman Postbus 20740 3001 JA Rotterdam
Projectnaam	Belastingen
Projectnummer	63.4.2300

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 1989 TNO

INHOUD

INLEIDING

4

DEEL I PERMANENTE BELASTINGEN

1.	Permanente belastingen in het algemeen	6
2.	Eigen gewicht van bouwwerkelementen	6
3.	Belasting door voorspanning	9
4.	Belastingen ten gevolge van opgelegde vervormingen	9
5.	Opslag van vloeistoffen	10

DEEL II VERANDERLIJKE BELASTINGEN

1.	Veranderlijke belastingen in het algemeen	12
2.	Belastingen tijdens uitvoering	14
3.	Belasting door personen, meubilair en aankleding	15
4.	Belasting door opslag van goederen en materialen	40
5.	Belasting door machinerieën	44
6.	Belasting door voertuigen	45
	Belasting door wind (zie IBBC-TNO rapport B-89-452)	
7.	Belasting door regen en sneeuw	49
8.	Waterdruk	53
9.	Belasting ten gevolge van temperatuurverschillen	55

DEEL III BIJZONDERE BELASTINGEN

1.	Bijzondere belastingen in het algemeen	58
2.	Wegvallen van stabiliteitsvoorzieningen	59
3.	Brand	59
4.	Gasexplosies	60
5.	Botsingen door voertuigen	62
6.	Stootbelasting op daken	70
7.	Stootbelastingen op balustraden	73
8.	Grondwater	76
9.	Aardbevingen	77
	LITERATUUR	80

INLEIDING

In dit rapport is de informatie over belastingen op bouwconstructies vastgelegd, die verzameld is in het kader van de ontwikkeling van de concept norm NEN 6702 TGB Belastingen en Vervormingen. Daarnaast worden in dit rapport de achtergronden toegelicht van de keuzen die door de normcommissie 351.01.01 zijn gemaakt bij het opstellen van NEN 6702.

De rapportage heeft betrekking op de belastingen die zijn opgenomen in de hoofdstukken 7,8 en 9 van NEN 6702, met uitzondering van de belasting door grond en grondwater, waarvoor verwezen wordt naar NEN 6740 en met uitzondering van windbelasting, waarvoor verwezen wordt naar IBBC-TNO-rapport B-89-452. Meer informatie over belastingfactoren en belastingcombinaties (hoofdstukken 5 en 6 van NEN 6702) is te vinden in de rapportage over het "Veiligheidsproject" [1].

Voor het bijeenbrengen van gegevens omtrent belastingen, is dankbaar gebruik gemaakt van het Veiligheidsproject, waaraan veel informatie kon worden ontleend.

Het rapport bestaat uit drie delen, welke overeenkomen met de hoofdstukken 7,8 en 9 van NEN 6702:

- Permanente belastingen
- Veranderlijke belastingen
- Bijzondere belastingen

Het onderzoek is uitgevoerd met financiële steun van het Ministerie van Economische zaken en de Stichting Pronorm.

Getallen tussen blokhaken [] verwijzen naar de lijst met geraadpleegde literatuur op blz. 80 e.v.

DEEL I PERMANENTE BELASTING

1. PERMANENTE BELASTING IN HET ALGEMEEN

Onder permanente belastingen worden verstaan de belastingen die slecht beperkt in grootte varieëren.

Permanente belastingen omvatten voornamelijk:

- eigen gewicht van bouwwerkelementen
- gronddruk
- in enkele gevallen de belasting door vloeistoffen
- voorspanning
- opgelegde vervormingen

2. EIGEN GEWICHT VAN BOUWERK ELEMENTEN

2.1 Gewicht

Gegevens omtrent de statistische verdeling van het gewicht van bouwwerkelementen zijn verzameld in het kader van het project "Veiligheid van Bouwconstructies" [1].

In tabel 2.1 zijn de statistische gegevens vermeld die in de literatuur zijn aangetroffen.

Over het verdelingstype bestaat weinig verschil van inzicht; de gewichten zijn normaal verdeeld. Het gemiddelde wordt vaak gelijk gekozen aan de nominale waarde. Door NBS [3] is echter aangegeven dat dit waarschijnlijk leidt tot een kleine (5%) systematische onderschatting van het eigen gewicht. Allerlei afwerkingen worden in de berekening niet meegenomen. In de uitwerking van het Veiligheidsproject is deze gedachte overgenomen.

Door JCSS [2] is een formule gegeven voor de bepaling van de grootte van de spreiding in het gewicht van betonnen constructiedelen, afhankelijk van de afmetingen. Naar mate de afmetingen groter zijn, wordt de spreiding in het gewicht kleiner. ISO [30] geeft variatiecoëfficiënten voor massadichtheden. De variatie in het eigen gewicht zal uiteraard veel groter zijn, omdat nog moet worden vermenigvuldigd met het volume

dat ook een spreiding heeft. Uit praktische overwegingen is besloten om voor de spreiding slechts één waarde te hanteren nl. $V = 0,07$.

Tabel 2.1 Eigen gewicht van bouwwerkelementen

bron	type	gemiddelde	variatiecoëfficiënt
JCSS [2]	Normaal	nominaal bij nauwkeurige berekening, rekening houdend met wapening en betonkwaliteit	$V = 6/r + 0,02$ $r = 2 A / p$ [mm] A: doorsnede oppervlak p: omtrek doorsnede prefab 25% reductie
NBS [3]	Normaal	1,05 x nominaal	$0,06 \leq V \leq 0,09$
ISO [30]	Normaal	nominaal	staal $V = 0,00$ beton $V = 0,03$ hardhout $V = 0,10$ zachthout $V = 0,05$ metselw. $V \leq 0,08$
NEN 6702	Normaal	1,05 x nominaal	$V = 0,07$

Door commissie is besloten om in NEN 6702 uit te gaan van de nominale waarden voor de gewichtsberekening en de systematische onderschatting van 5 %, alsmede de spreiding in het gewicht, te verwerken in de belastingfactor.

2.2 Gewichtsverdeling

Voor de gewichtsverdeling wordt onderscheid gemaakt tussen:

- de gewichten van niet-dragende elementen die eenvoudig kunnen worden verplaatst of verwijderd, zoals scheidingswanden en
- constructies die erg gevoelig zijn voor een ongelijkmatige verdeling van het eigen gewicht, zoals schaalconstructies.

2.2.1 Scheidingswanden

Scheidingswanden kunnen sterk in gewicht variëren. In de woningbouw worden hoofdzakelijk lichte scheidingswanden toegepast met een gewicht van 0,7 tot 1,5 kN/m. Voor geluidsisolatie tussen kamers worden wanden toegepast met een gewicht van 2,3 tot 2,5 kN/m. Incidenteel worden ook zwaardere wanden toegepast tot 6 kN/m. Door Bekker en Stroband bv [33] is een studie uitgevoerd naar de constructieve consequenties van flexibele woningindeling. Geconcludeerd wordt dat de belasting veroorzaakt door scheidingswanden met een gewicht tussen 1 kN/m en 3 kN/m aanzienlijk groter is dan de in NEN 3850 genoemde gelijkmatig verdeelde belasting van 0,5 kN/m². Aangeduid wordt dat dit wellicht ook een verklaring is voor de overmatige (kruip)doorbuiging die vaak in vloeren optreedt, welke schade kan veroorzaken aan de aansluitende constructiedelen. Het advies om het omrekenen van lijnlasten tot gelijkmatig verdeelde belastingen, te beperken tot 1 kN/m, is overgenomen. Het gewicht van scheidingswanden:

≤ 1 kN/m mag in rekening worden gebracht als een gelijkmatig verdeelde belasting van 0,5 kN/m²

> 1 kN/m moet in rekening worden gebracht als lijnlast

2.2.2 Variaties in gewicht

Bij dunne constructie zoals platen en schaalementen, kan de spreiding in afmetingen of de spreiding in volumegewicht van grote invloed zijn op de krachtsverdeling. Dit effect kan in rekening worden gebracht door bij het nominale gewicht G een extra gewicht ΔG op de ongunstigste plaats op te tellen of af te trekken: $G \pm \Delta G$. Een schatting voor ΔG kan worden gemaakt op basis van maattoleranties of spreidingen in volumegewichten. ΔG wordt gelijk gekozen aan 2 x de standaard afwijking, als die bekend is. In formule vorm:

$$\Delta G = 2 G V_{\rho g} \quad \text{of} \quad \Delta G = 2 G V_v$$

waarin:

$V_{\rho g}$ is de variatiecoëfficiënt van het gewicht per volume eenheid, als hiervoor geen waarde bekend is kan $V_{\rho g} = 0,07$ worden aangehouden (zie tabel 1)

V_v is de variatiecoëfficiënt van het volume, als hiervoor geen waarde bekend is kan een schatting gemaakt worden door aan te nemen dat de maattolerantie gelijk is aan 2 x de standaardafwijking.

3. BELASTING DOOR VOORSPANNING

De belasting door voorspanning is permanent aanwezig. Wel kunnen direct of vertraagd verliezen optreden waardoor de voorspankracht op langere termijn kleiner zal zijn dan de aanvangsvoorspankracht. Veelal zal het voldoende zijn om slechts onderscheid te maken tussen de aanvangs voorspankracht en de lange termijn voorspankracht. De verliezen kunnen optreden door:

- elastisch verkorten van de constructie als gevolg van het aanbrengen van de voorspanning
- krimp en kruip van beton
- intrekken van de verankering bij betonconstructies of het uittrekken van groutankers
- relaxatie van voorspanstaal bij beton constructies en van kabels bij kabelconstructies.

De grootte van de in rekening te brengen verliezen is materiaalafhankelijk en zal dan ook in de materiaalgebonden voorschriften dienen te worden gespecificeerd.

4. BELASTINGEN TEN GEVOLGE VAN OPGELEGDE VERVORMINGEN

Onder aan de constructie opgelegde vervormingen worden onder andere verstaan:

- vervormingen die worden opgelegd of ontstaan tijdens de montage door kleine maatverschillen
- kruip van materialen
- krimp en uitzetting van materialen voor zover dit blijvend is
- zetting en zettingsverschillen.

De in NEN 6702 bedoelde opgelegde vervormingen behoeven alleen te worden beschouwd voor zover die vervormingen belastingen veroorzaken in de constructie of onderdelen daarvan. Overigens is het wel zo dat opgelegde vervormingen lang niet altijd van invloed zijn op het draagvermogen van de constructie. Bij staalconstructies zijn plastische vervormingen die optreden als gevolg van maatafwijkingen meestal niet van invloed op de sterkte. Zo is het omzetten van wapeningsstaal ook een opgelegde vervorming die niet in mindering gebracht behoeft te worden. Voorwaarde hiertoe is altijd dat er sprake is van taai materiaalgedrag. Bij brosse materialen zal wel degelijk rekening moeten worden gehouden met opgelegde vervormingen en de belastingen die daaruit voortvloeien.

5. OPSLAG VAN VLOEISTOFFEN

Hoewel het vloeistofniveau in een opslagreservoir in het algemeen veranderlijk zal zijn en dus de optredende belastingen door vloeistoffen ook veranderlijk zijn, wordt de belasting die door de vloeistof op de reservoirwand wordt uitgeoefend, beschouwd als een permanente belasting. De reden is gelegen in het combineren van belastingen. Vloeistofdruk moet altijd gecombineerd worden met minstens één andere veranderlijke extreme belasting. Als permanente belastingen dienen te worden beschouwd de vloeistofdrukken die horen bij een volledig gevulde, gedeeltelijk gevulde of niet gevulde tank. Voor de berekening van de verschillende onderdelen van een vloeistofreservoir kan het nodig zijn uit te gaan van verschillende vloeistofniveaus. Voor de berekening van de vloeistofdrukken zal in het algemeen geen rekening behoeven te worden gehouden met stroming van de vloeistoffen, zodat mag worden uitgegaan van een hydrostatische drukverdeling.

DEEL II VERANDERLIJKE BELASTINGEN

1. VERANDERLIJKE BELASTING IN HET ALGEMEEN

Onder veranderlijke belastingen worden verstaan de belastingen die niet altijd aanwezig zijn of als functie van de tijd veranderen van grootte. Voor de berekening van bouwwerken is besloten om twee waarden te hanteren:

- momentane waarde van de veranderlijke belasting; soms ook aangeduid als langeduur belasting, is de belasting die gemiddeld altijd aanwezig is. In de momentane waarde van de veranderlijke belasting voor bijvoorbeeld vloeren is begrepen de belasting veroorzaakt door stoffering en meubilair.
- extreme waarde van de veranderlijke belasting; soms ook aangeduid als korte duur belasting, is de hoge belasting die een enkele maal op kan treden gedurende de levensduur van de constructie. Bijvoorbeeld een storm die eenmaal tijdens de levensduur van de constructie verwacht wordt of de belasting veroorzaakt door een grote concentratie mensen (party) in een bepaalde ruimte.

In NEN 6702 is ervoor gekozen om de momentane waarde van de veranderlijke belasting (Q_m) weer te geven als deel (ψ) van de extreme waarde van de veranderlijke belasting (Q_e). In formule vorm:

$$Q_m = \psi \cdot Q_e$$

De veranderlijke belastingen worden onderscheiden in:

- gelijkmatig verdeelde belastingen
- lijnbelastingen
- geconcentreerde belastingen

1.1 Gelijkmatig verdeelde belasting

In werkelijkheid zal de belasting van punt tot punt varieëren. Voor ontwerpberoeeningen wordt echter uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde belasting. Voor de totaal gesommeerde belasting maakt dit geen verschil.

Voor het belastingeffect op bijvoorbeeld oplegreacties of het moment in een balk kan dit wel uitmaken. De in rekening te brengen belastingen worden daarom in het algemeen wat verhoogd ten opzichte van gemeten waarden. In veel publicaties wordt deze gecorrigeerde belasting aangeduid als EUDL (Equivalent Uniformly Distributed Load).

1.2 Lijnbelasting

Veranderlijke lijnlasten worden voornamelijk toegepast in situaties van:

- belasting langs de randen van vloeren en voor leuningen en balustraden;
- lastspreiding van geconcentreerde lasten.

Uit de toepassing blijkt dat het vooral gaat om incidentele situaties af te dekken. Om die reden is besloten dat voor lijnlasten alleen rekening moet worden gehouden met een extreme waarde. De momentane waarde voor alle gevallen gelijk gesteld aan nul ($\psi=0$).

1.3 Geconcentreerde lasten

Vloeren worden maar zelden echt gelijkmatig belast. Meestal zal de als "gelijkmatig" in rekening gebrachte belasting bestaan uit een verzameling geconcentreerde lasten. Dit blijkt in de praktijk in het algemeen geen bezwaar te zijn, omdat er meestal een behoorlijke mate van lastspreidend vermogen aanwezig is.

Het blijkt echter toch wenselijk te zijn om rekening te houden met die situaties waarin grote geconcentreerde lasten kunnen voorkomen. Met de geconcentreerde belastingen worden de volgende situaties opgevangen:

- de "echte" puntlasten zoals pallet trucks, zware kastpoten e.d. waarvoor een voldoende lastspreidend vermogen beschikbaar moet zijn;
- incidentele geconcentreerde belastingen op ongunstige plaatsen, zoals die bijvoorbeeld bij verhuizingen kunnen optreden (stapel dozen met boeken bij een trapgat).

Evenals voor lijnlasten gaat het bij geconcentreerde belastingen voornamelijk om het afdekken van incidentele situaties. Reden waarom besloten is om alleen extreme waarden te beschouwen en de momentane waarde van geconcentreerde lasten in NEN 6702 op nul te stellen ($\psi=0$).

Over de grootte en de verdeling van geconcentreerde belastingen zijn geen statistische gegevens voorhanden. Ditzelfde geldt voor het oppervlak waarover de geconcentreerde last werkzaam is.

De in NEN 6702 vastgestelde waarden voor geconcentreerde belastingen zijn grotendeels bepaald op basis van binnen- en buitenlandse normen en in een aantal gevallen op basis van rekenvoorbeelden.

In NEN 3850 werd voor geconcentreerde lasten een oppervlak van 0,5 x 0,5 m aangehouden. In andere voorschriften varieert het oppervlak onder de geconcentreerde last van 0,001 m² tot 0,58 m². Door ISO [8] wordt een oppervlak van 0,1 m x 0,1 m aanbevolen. Besloten is deze maat zoveel mogelijk ook in NEN 6702 over te nemen.

2. BELASTING TIJDENS UITVOERING

De belastingen die tijdens de uitvoering optreden in een bouwwerk zijn in principe niet in beschouwing genomen. Slechts de belastingen die van invloed zijn op de veiligheid van het gerede bouwwerk, zijn opgenomen in NEN 6702.

Rekening dient te worden gehouden met de mogelijkheid van het optreden van niet direkt zichtbare beschadigingen in geprefabriceerde bouwelementen. Bijvoorbeeld tengevolge van opslag, transport, ophijzen en montage ed. Omdat de materiaal eigenschappen van grote invloed zijn op het mogelijk al dan niet optreden van dit soort schade, is besloten de hoogte van de in rekening te brengen stootfactor te laten vaststellen door de deskundigen uit de materiaalgebonden commissies.

3. BELASTING DOOR PERSONEN, MEUBILAIR EN AANKLEDING

Gegevens over vloerbelastingen in woningen en kantoren e.d. zijn verzameld ten behoeve van het "Veiligheids project" [1]. Daaruit blijkt dat er onderscheid gemaakt moet worden tussen verschillende gebouwtypen zoals woningen, kantoren, winkels, zalen enz. Daarnaast kunnen binnen een gebouwtipe verschillende vertrekken een verschillende bestemming hebben. De optredende vloerbelasting kan dan aanmerkelijk verschillen.

3.1 Vlieringen in woonhuizen

3.1.1 Extreme belasting

Er zijn geen statistische gegevens aangetroffen met betrekking tot vlieringen. In tabel 3.1 zijn de karakteristieke waarden vermeld die in een aantal normen en publicaties zijn aangetroffen. Besloten is om voor de extreme waarde van de belasting voor vlieringen, de ISO norm aan te houden:

$$p_e = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

De bepalingen omtrent nokhoogte zijn overgenomen uit NEN 3850.

Tabel 3.1 Extreme belasting voor vlieringen

bron	belasting [kN/m ²]	opmerkingen
NEN 3850 [6]	0,5	
NKB [7]	0,5	
ISO [8]	0,7	
DS 409 [9]	0,5	geringe hoogte en slechte toegankelijkheid
	1,0	geringe hoogte of slechte toegankelijkheid
ANSI [11]	0,49	
NEN 6702	0,7	

3.1.2 Momentane belasting

Alleen in de Deense norm [9] is een momentane waarde voor vlierungen aangetroffen; $p_m = 0,5 \text{ kN/m}^2$. Ter vergelijking, JCSS geeft voor de momentane belasting door meubilair (zonder aanwezige personen) in woonkamers $p_m = 0,49 \text{ kN/m}^2$. Besloten is om voor NEN 6702 uit te gaan van een momentane belasting voor vlierungen van:

$$p_m = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

De waarde van de momentane belasting wordt gerelateerd aan de waarde van de extreme belasting: $p_m = \psi \cdot p_e$

De factor ψ wordt dan $0,5 / 0,7 = 0,71$; afgerond: $\psi = 0,7$

3.1.3 Geconcentreerde belasting

Besloten is de geconcentreerde belasting voor woonhuisvloeren en vlierungen even groot te kiezen en de belasting volgens NEN 3850 niet te wijzigen:

$F_e = 3 \text{ kN}$, werkend op een oppervlak van $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$.

3.2 Vloeren in woonhuizen

3.2.1 Extreme belasting

Onderstaande tabellen zijn ontleend aan [1].

Tabel 3.2 Extreme belasting voor woonhuisvloeren

bron	type	gemiddelde [kN/m^2]			variatiecoëfficiënt		
		oppervlak			oppervlak		
		25 m ²	50 m ²	100 m ²	25 m ²	50 m ²	100 m ²
JCSS [2]	Gumbel	1,0	1,0	1,0	0,40	0,40	0,40
NBS [3]	Gumbel	2,2		1,5	0,20		
Sentler [5]	Lognormaal	1,0	0,9	0,8	0,22	0,18	0,15
Sentler [5]							
EUDL-liggers	Lognormaal	1,4	1,1	0,9	0,27	0,22	0,20
NEN 6702	Gumbel	1,0	1,0	1,0	0,40	0,40	0,40

Er is besloten om de extreme waarde van de vloerbelasting voor woonhuizen niet afhankelijk te maken van de grootte van het vloeroppervlak. De kansdichtheidsfunctie voor de extreme waarde van de belasting voor woonhuisvloeren is vastgesteld op:

Gumbelverdeling met $\mu = 1,0 \text{ kN/m}^2$ en $\sigma = 0,4 \text{ kN/m}^2$

De karakteristieke waarde met een 5 % overschrijdingskans is bij deze kansdichtheidsfunctie:

$$p_e = 1,75 \text{ kN/m}^2$$

3.2.2 Momentane belasting

Tabel 3.3 Momentane belasting voor woonhuisvloeren

bron	type	gemiddelde [kN/m^2]	variatiecoëfficiënt	
			oppervlak 20 m^2	100 m^2
JCSS [2]	Gumbel	woonkamers	:0,30	0,33
		slaapkamers	:0,25	0,40
		keukens en		
		hallen	:0,10	1,00
NBS [3]	Gamma	*)	:0,45	0,50
Sentler [4]	Gamma	oud (voor 1940)	:0,23	
		nieuw (na 1940)	:0,29	0,42
NEN 6702	Gamma	gemiddelde	:0,30	0,60

*) Gebaseerd op 75 % van de kantoorbelasting

De variatiecoëfficiënt is afhankelijk van het vloeroppervlak gekozen.
De kansdichtheidsfunctie voor de momentane belasting op woonhuisvloeren is vastgesteld op:

Gammaverdeling met $\mu = 0,3 \text{ kN/m}^2$ en $\sigma = 0,12 + 0,3 A_0/A \text{ kN/m}^2$
en $A_0 = 4 \text{ m}^2$

Dit werk als volgt door in de karakteristieke waarde van de momentane vloerbelasting:

$$A = 20 \text{ m}^2 \quad p_m = 0,64 \text{ kN/m}^2$$

$$A = 100 \text{ m}^2 \quad p_m = 0,55 \text{ kN/m}^2$$

Gezien de betrekkelijk geringe invloed van het oppervlak is besloten om voor de momentane vloerbelasting één waarde te kiezen voor alle oppervlakken:

$$p_m = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

De waarde voor ψ voor woonhuisvloeren is dan $0,6 / 1,75 = 0,34$;
afgerond: $\psi = 0,4$

3.2.3 Geconcentreerde belasting

Er is geen aanleiding gezien om de geconcentreerde belasting ten opzichte van NEN 3850 te wijzigen.

$F_e = 3 \text{ kN}$, werkend op een oppervlak van $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$.

3.3 Kantoorvloeren

3.3.1 Extreme belasting

Onderstaande tabellen zijn ontleend aan [1].

Tabel 3.4 Extreme vloerbelasting voor kantoren

bron	type	gemiddelde [kN/m ²]				variatiecoëfficiënt			
		oppervlak [m ²]				oppervlak [m ²]			
		15	30	60	240	15	30	60	240
JCSS [2]	Gumbel *)	1,5	1,3	1,1	1,0	0,38	0,34	0,31	0,28
NBS [3]	Gumbel	3,0				0,20			
Sentler [5]	Lognormaal	1,4	1,1	0,9	0,6	0,21	0,19	0,18	0,13
Sentler [5]									
EUDEL liggers	Lognormaal	2,0	1,6	1,2	0,8	0,23	0,23	0,19	0,16
NEN 6702	Gumbel	1,5	1,5	1,5	1,5	0,40	0,40	0,40	0,40

*) gebaseerd op $\mu = 0,95 + 12/(A+6)$ en $\sigma = 0,25 + 6,8/(A+6)$
 EUDEL waarden zijn 1,1 à 1,3 maal hoger

De kansdichtheidsfunctie voor extreme vloerbelasting voor verdiepingsvloeren van kantoren is vastgesteld op:
 Gumbelverdeling met $\mu = 1,5 \text{ kN/m}^2$ en $\sigma = 0,6 \text{ kN/m}^2$

De karakteristieke waarde is dan (5% overschrijdingkans) $p = 2,6 \text{ kN/m}^2$.
 Dit is afgerond op:
 $p_e = 2,5 \text{ kN/m}^2$

De invloed van het soort bedrijf (bank, verzekering enz.) blijkt, anders dan bij winkels, niet van invloed te zijn op de hoogte van de vloerbelasting. In de studie van Sentler [15] zijn de kelder- en begane-grond vloeren niet onderzocht. Uit studies van Mitchell en Woodgate [16] blijkt dat er onderscheid gemaakt moet worden (zowel voor momentaan als extreem) tussen keldervloeren, begane-grond vloeren en verdiepingsvloeren. Bij de begane-grondvloer wordt rekening gehouden met een concentratie van personen bijvoorbeeld als er brand uitbreekt. JCSS [2] maakt ook onderscheid tussen deze vloeren. De achtergrond hiervan wordt echter niet toegelicht. Besloten is dit onderscheid tussen de verschillende vloeren over te nemen.

Tabel 3.5 Vermenigvuldigingsfactoren voor kantoorvloeren

bron	keldervloeren	begane-grond vloeren	verdiepingsvloeren
Mitchell & Woodgate [16]	1,4	1,2	1,0
JCSS [2]	1,5	1,3	1,0
NEN 6702	1,4	1,2	1,0

De extreme waarde van de vloerbelasting voor kantoren wordt dan:

- verdiepingsvloeren $p_e = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- keldervloeren $p_e = 3,5 \text{ kN/m}^2$
- begane grondvloeren $p_e = 3,0 \text{ kN/m}^2$

In tabel 3.6 zijn de extreme waarden vermeld die in enkele andere voorschriften en publicaties zijn aangetroffen.

Tabel 3.6 Extreme vloerbelasting voor kantoorgebouwen

bron	belasting [kN/m^2]	opmerking
NEN 3850 [6]	2,0	
NKB [7]	2,5	
ISO [8]	2,0	
JCSS [2]	$1,42 + 25/(A+6)$	
DS 409 [9]	2,5	
NBN [10]	2,0	
	3,0	openbare lokalen
ANSI [11]	2,44	
	4,88	lobbies
CEB-FIP [12]	2,5	
TR 479 [13]	3,0	
NEN 6702	2,5	

3.3.2 Momentane belasting

Tabel 3.7 voor momentane belasting voor kantoorvloeren is overgenomen uit [1].

Tabel 3.7 Momentane belasting voor kantoorvloeren

bron	type	gemiddelde [kN/m ²]	variatiecoëfficiënt oppervlak		
			5 m ²	20 m ²	100 m ²
JCSS [2]	Gumbel	0,50	1,74	0,51	0,31
NBS [3]	Gamma	0,58	-	0,80	0,50
MIT [14]	Gamma	0,50	1,18	0,68	0,47
Sentler [15]		0,36	0,69	0,36	0,20
NEN 6702	Gamma	0,50	1,20	0,60	0,44

De variatiecoëfficiënt is afhankelijk van het vloeroppervlak gekozen.
De kansdichtheidsfunctie voor de momentane belasting op kantoorvloeren is vastgesteld op:

Gammaverdeling met $\mu = 0,5 \text{ kN/m}^2$ en $\sigma = 0,2 + 0,5 A_0/A \text{ kN/m}^2$
en $A_0 = 4 \text{ m}^2$

De karakteristieke waarden voor de in tabel 3.7 genoemde oppervlakken zijn dan:

$A = 5 \text{ m}^2$	$p_m = 1,7 \text{ kN/m}^2$
$A = 20 \text{ m}^2$	$p_m = 1,1 \text{ kN/m}^2$
$A = 100 \text{ m}^2$	$p_m = 0,9 \text{ kN/m}^2$

Besloten is om de karakteristieke waarde van de belasting te baseren op een "standaard" vertrek van 3 m x 4 m. De hierbij horende waarde van de momentane vloerbelasting is:

$$p_m = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

De waarde voor ψ voor kantoorvloeren is dan $1,2 / 2,5 = 0,5$; $\psi = 0,5$

3.3.3 Geconcentreerde belasting

Er is geen aanleiding gezien om de hoogte van de geconcentreerde belasting ten opzichte van NEN 3850 te wijzigen. Wel is besloten om ten aanzien van het oppervlak waarop de geconcentreerde last aangrijpt, aansluiting te zoeken bij de ISO norm.

$F_e = 3 \text{ kN}$, werkend op een oppervlak van $0,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$.

3.4 Winkels en warenhuizen

3.4.1 Extreme belasting

Bij het vaststellen van de hoogte van de extreme waarde van de belasting voor vloeren in winkels en warenhuizen is rekening gehouden met:

- de extreme belasting door inventaris en
- de extreme belasting door personen (menigte) die bij een calamiteit trachten de zaak te verlaten.

Door Mitchell en Woodgate [26] is onderzoek uitgevoerd naar de belasting door inventaris in winkels en warenhuizen. Gebleken is dat het soort winkel van invloed is op de hoogte van de gemiddelde vloerbelasting. In tabel 3.8 is d.m.v een factor aangegeven hoe de ondelinge verhouding tussen de diverse soorten winkels is.

Tabel 3.8 Vermenigvuldigingsfactoren voor winkelvloeren

meubelzaak	0,5
drogist, kledingzaak	0,7
warenhuis, bazaar	1,0
ijzerwaren, boeken	1,2
kruidenier	1,4

Voor NEN 6702 is besloten af te zien van een onderscheid naar soort winkel omdat op voorhand meestal niet te zeggen valt wat voor soort winkel in het betreffende pand gevestigd zal gaan worden. Bovendien is het erg waarschijnlijk dat er in de loop der tijd verhuizingen zullen

optreden. De in rekening te brengen belastingen moeten dus voldoende zijn voor elk soort winkel.

Door JCSS [2] zijn op basis van de resultaten van Mitchell [26] statistische verdelingen voorgesteld die niet afhankelijk zijn van de grootte van het vloeroppervlak. Voor de extreme waarde van de vloerbelasting:

Gumbelverdeling met $\mu = 1,7 \text{ kN/m}^2$ en $\sigma = 0,54 \text{ kN/m}^2$

De bij deze verdeling behorende karakteristieke waarde is $p = 2,71 \text{ kN/m}^2$. Uitgaande van de door JCSS [2] gehanteerde verdeling en de vergrotingsfactor volgens tabel 3.8 zou voor kruidenierswinkels de extreme waarde van de vloerbelasting $3,4 \text{ kN/m}^2$ bedragen.

Zoals eerder gesteld dient ook rekening te worden gehouden met de belasting die veroorzaakt wordt door een grote groep personen die gelijktijdig de zaak tracht te verlaten.

De bij deze situatie horende extreme waarde van de vloerbelasting bedraagt: $p_e = 5 \text{ kN/m}^2$.

Er mag van uit worden gegaan dat deze concentratie van personen slechts op een beperkt deel van het winkeloppervlak plaats vindt. Het resterende deel van het oppervlak wordt dan niet belast of belast door de aanwezige (minder wegende) inventaris. Gemiddeld kan er volstaan worden met een lagere belasting dan 5 kN/m^2 .

Dit alles overwegende is besloten om in NEN 6702 de karakteristieke waarde voor de extreme vloerbelasting voor alle winkels gelijk te stellen aan:

$$p_e = 4 \text{ kN/m}^2$$

In tabel 3.9 is een overzicht gegeven van de in andere voorschriften aangetroffen waarden.

Tabel 3.9 Extreme vloerbelasting voor winkels en warenhuizen

Bron	Vloerbelasting [kN/m ²]	Opmerking
NEN 3850 [6]	3,0	winkels
	4,0	grootwinkelbedrijven
NKB [7]	4,0	
ISO [8]	≥4,0	
DS 409 [9]	2,5	winkels
	4,0	grootwinkelbedrijven
NBN [10]	4,0	
ANSI [11]	4,9	
TR 479 [13]	≥5,0	
NEN 6702	4,0	

3.4.2 Momentane belasting

Door JCSS [2] is op basis van het onderzoek van Mitchell en Woodgate [26] een kansdichtheidsfunctie voor de momentane vloerbelasting opgesteld. Deze functie is overgenomen:

Gumbelverdeling met $\mu = 0,7 \text{ kN/m}^2$ en $\sigma = 0,54 \text{ kN/m}^2$

De karakteristieke waarde met een overschrijdingskans van 5 % bedraagt:
 $p = 1,71 \text{ kN/m}^2$.

De waarde voor ψ voor winkels en warenhuizen is dan $1,71 / 4,0 = 0,42$.

Dit is afgerond op:

$\psi = 0,4$

3.4.3 Geconcentreerde belasting

De grootste puntlasten in winkels en warenhuizen worden waarschijnlijk veroorzaakt door handpallettrucks. Pallets van 1500 kg (pakken zout of appelsap e.d.) worden regelmatig supermarkten in gereden. Deze pallets van 1,0 m x 1,2 m worden in verband met manoeuvreerruimte, meestal in lengte richting opgepakt.

In de onderstaande tabel zijn de geconcentreerde belastingen vermeld die met een tweetal verschillende (bij TNO-IBBC in gebruik zijnde) pallettrucks zouden worden veroorzaakt, als daarmee een pallet van 1500 kg in lengte richting zou worden opgepakt.

Tabel 3.10 Geconcentreerde belasting veroorzaakt door een handpallettruck

uitvoering	per as		per wiel of wielstel	
	oppervlak [m]	belasting [kN]	oppervlak [m]	belasting [kN]
4 wielen	0,47 x 0,01	12,7	0,10 x 0,01	6,4
6 wielen	0,43 x 0,12	11,7	0,08 x 0,01	3,0
			0,08 x 0,12	5,9

Besloten is om voor alle soorten vloeren waar het (incidentele) gebruik van pallettrucks waarschijnlijk is, een geconcentreerde belasting van minimaal 7 kN voor te schrijven werkend op 0,1 m x 0,1 m:

$$F_e = 7 \text{ kN}$$

3.5 Zalen en tribunes

3.5.1 Extreme vloerbelasting

De vloerbelasting in zalen en tribunes wordt voornamelijk bepaald door het gewicht van de aanwezige personen. De dichtheid die de groep kan aannemen speelt daarbij een belangrijke rol. In bioskoopzalen met vaste zitplaatsen, kunnen minder mensen per vierkante meter dan op tribunes met staanplaatsen. Ook de activiteit (dansen, springen enz.) beïnvloedt de hoogte van de belasting. Er wordt daarom onderscheid gemaakt tussen ruimten met- en zonder vaste zitplaatsen.

Naar het gewicht van een menigte is al sinds 1869 onderzoek gedaan. De resultaten lopen nogal uiteen. Voor een "gewone" menigte is als laagste waarde gevonden $1,77 \text{ kN/m}^2$, terwijl andere onderzoekers onder laboratorium omstandigheden tot $8,7 \text{ kN/m}^2$ bleken te kunnen gaan. Uit vergelijking van de resultaten van verschillende onderzoekers blijkt dat bij een dichtheid van $2 \text{ à } 2,5 \text{ kN/m}^2$ de menigte tot stilstand komt. De dichtheid kan dan nog toe te nemen maar een "natuurlijke" menigte zal zelden groter worden dan 4 kN/m^2 . Deze cijfers zijn van toepassing op gangen, stationshallen e.d. [13,17].

Naar de invloed van verschillende activiteiten is onderzoek gedaan door Sentler [17] en Paloheimo [18]. De resultaten zijn vermeld in tabel 3.11

Tabel 3.11 Vloerbelasting veroorzaakt door bewegingen van personen

Sentler [17]		Paloheimo [18]	
Activiteit	Factor dynamisch / statisch	Activiteit	Maximaal waargenomen belasting
dansen	3,5	dansen	2,9 - 5,0
springen	4,0	springen	2,3 kN/m^2
langzaam ver- plaatsende menigte	1,1	stilstaande menigte	5,5 kN/m^2
lopen	1,5	party	4,0 kN/m^2
hardlopen	3,0	party in ruimte die gedeeltelijk met stoelen is gevuld	2,4 kN/m^2
plaats springen	5,0	opstaan uit stoelen	3,4 kN/m^2

Sentler heeft ook onderzocht wat de invloed is van het aantal personen op de hoogte van de factor. Daarbij is gebleken dat naarmate meer mensen tegelijkertijd aan een activiteit deelnemen, blijkt de factor ($P_{\text{dyn}} \setminus P_{\text{stat}}$) kleiner wordt.

Uit de tabel blijkt dat voor springen een grote dynamische factor (4 à 5) is gevonden, maar blijkens de waargenomen belasting ($2,3 \text{ kN/m}^2$) is de dichtheid betrekkelijk klein. Een stilstaande menigte blijkt de grootste vloerbelasting te veroorzaken. Het dynamisch effect is klein, maar de dichtheid is groot. Dit betekent dat er een soort vereffeningseffect plaats heeft. De maximale belasting die gehanteerd moet worden voor het ontwerp, wordt slechts in beperkte mate beïnvloed door het soort activiteit.

Besloten is daarom het volgende onderscheid te maken:

- ruimten waar sterke concentraties van personen
mogen worden verwacht $p_e = 5 \text{ kN/m}^2$
- ruimten met vaste of verwijderbare zitplaatsen
waar dynamische belastingen kunnen optreden $p_e = 5 \text{ kN/m}^2$
- ruimten met vast aan de vloer verbonden stoelen $p_e = 4 \text{ kN/m}^2$

Ter vergelijking zijn de extreme waarden uit enkele andere normen opgenomen in de onderstaande tabel 3.12

Tabel 3.12 Extreme vloerbelasting voor zalen e.d. in kN/m^2

bron	restaurant	concertzaal	danszaal	tribunes	
				zit plaatsen	sta plaatsen
NEN 3850 [6]	4	4	4	4	5
NKB [7]	4	4	4	4	5
ISO [8]	2,5	4	4	4	5
DS 409 [9]	2,5	4	4	4	4
NBN [10]	3	4	5	4	4
ANSI [11]	4,9	2,8	4,9	4,9	4,9
TR 479 [13]	2-5	5	5	5	5
SIA 160 [22]	5-7	5	7	5	7
DIN [23]	5	5	5	5	7,5
NEN 6702	5	5	5	5	5

3.5.2 Momentane belasting

Over de hoogte van de momentane belasting van vloeren in zalen, zijn geen statistisch onderbouwde gegevens beschikbaar. In de Deense norm [9] wordt $\psi = 1$ aangehouden, terwijl het NKB-rapport [7] de waarde $\psi = 0,5$ hanteert. Besloten is voor NEN 6702 uit te gaan van:
 $\psi = 0,5$.

3.5.3 Geconcentreerde belasting

De geconcentreerde belasting is gelijk gekozen aan die voor winkels en warenhuizen (zie 3.4.3) namelijk:

$$F_e = 7 \text{ kN}$$

3.5.4 Horizontale belastingen

In NEN 3850 is een horizontale belasting voor tribunes voorgeschreven van 10 % van de veranderlijke verticale belasting. Uit een Amerikaanse studie van Tuan [25] blijkt de horizontale belasting oploopt tot ongeveer $1,5 \text{ kN/m}^2$ als het publiek zich massaal en tegelijk weer in de stoelen laat vallen. De kans daarop is echter klein. De conclusie is dat de in de Amerikaanse voorschriften gespecificeerde waarde van ongeveer $0,5 \text{ kN/m}^2$ waarschijnlijk voldoende is. Mede gezien de niet ongunstige ervaringen, is besloten de eis volgens NEN 3850 te handhaven.

3.6 Werkplaatsen en fabrieken

3.6.1 Extreme belasting

Over vloerbelastingen in industrieële gebouwen zijn geen recente, statistisch onderbouwde gegevens beschikbaar. Uit onderzoek van Dunham, Brekke & Thompson (USA) 1952 [13] blijkt dat er t.a.v. de vloerbelasting grote verschillen zijn tussen:

- werkplaatsen
- overig (kantines, kleedruimten e.d.)
- pakhuizen en opslagplaatsen (zie hoofdstuk 4)

Vaak valt er echter geen onderscheid te maken tussen werkplaats en opslagruimte. Zo was de maximale vloerbelasting in een meubelfabriek $5,7$

kN/m^2 en in een drukkerij 8 kN/m^2 . In beide gevallen werd het betreffende vloergedeelte gebruikt voor opslag van producten en materialen.

De hoogte van de in rekening te brengen vloerbelasting dient door de ontwerper te worden afgestemd op de inventaris en de te verwachten opslag van goederen en materialen. In NEN 6702 is een minimum waarde van 5 kN/m^2 voorgeschreven om toekomstige vestiging van ander soortige bedrijven in hetzelfde pand mogelijk te maken. In tabel 3.13 zijn ter vergelijking de extreme waarden uit andere voorschriften opgenomen.

Tabel 3.13 Extreme vloerbelasting voor werkplaatsen e.d.

Bron	Vloerbelasting [kN/m^2]
NEN 3850 [6]	4,0
NKB [7]	$\geq 5,0$
ISO [8]	$\geq 3,0$
DS 409 [9]	5,0
NBN [10]	$\geq 5,0$
ANSI [11]	$\geq 6,0$
TR 479 [13]	$\geq 5,0$
NEN 6702	$\geq 5,0$

Voor de vloerbelasting voor bedrijfskantines dienen de eisen te worden gehanteerd die ook voor zalen gelden. Voor kleedlokalen e.d. kan eenzelfde vloerbelasting als voor kantoren worden aangehouden.

3.6.2 Momentane belasting

Voor werkplaatsen wordt de extreme belasting afgestemd op de opgeslagen goederen en inventaris. Deze extreme belasting is veel vaker dan incidenteel aanwezig. Daarom is de momentane waarde van de vloerbelasting gelijk gesteld aan de extreme waarde:

$$\psi = 1,0$$

3.6.3 Geconcentreerde belasting

Er is geen aanleiding gezien de hoogte van de geconcentreerde belasting volgens NEN 3850 te wijzigen:

$$F_e = 10 \text{ kN}$$

3.7 Bibliotheken en archiefruimten

3.7.1 Extreme belasting

Gezien de hoge belastingen die de opslag van boeken en papier veroorzaakt, is besloten om bibliotheek- en archiefvloeren in een afzonderlijk categorie onder te brengen.

Door de Rijksgebouwendienst wordt de volgende berekeningsmethode gehanteerd:

Volumiek gewicht van boeken e.d. : 10 kN/m³

Vertikale vullingsgraad van stellingen : 80 %

Horizontale vullingsgraad van stellingen : 75 %

Dit levert voor een met boeken gevulde stelling een belasting van:

$$p_e = 6,0 \text{ h kN/m}^2$$

met h is de hoogte van de stelling in meters.

De ruimte tussen de stellingen wordt beschouwd als kantoorruimte.

In NEN 6702 is deze berekeningsmethode overgenomen.

In tabel 3.14 zijn ter vergelijking de in andere voorschriften gevonden belastingwaarden opgenomen.

3.7.2 Momentane belasting

De momentane waarde van de vloerbelasting voor het opslag gedeelte is gelijk gekozen aan de extreme waarde omdat de boeken en archiefstukken langdurig aanwezig zijn:

$$\psi = 1,0$$

Tabel 3.14 Extreme vloerbelasting voor bibliotheken en archiefruimten

Bron	Vloerbelasting [kN/m ²]		Opmerkingen
	Leesgedeelte	Opslaggedeelte	
NEN 3850 [6]	-	-	
ISO [8]		5,0	
DS 409 [9]		5,0	
NBN [10]	4,0	4,0	Beperkte boekopslag
		5,0	Archieven en bibliotheken
NEN 6702	2,5	6,0 h	h is stellinghoogte

3.7.3 Geconcentreerde belasting

De geconcentreerde belasting is gelijk gekozen aan die voor zalen:

$$F_e = 7 \text{ kN}$$

3.8 Lijnbelasting voor vloeren

In NEN 3850 wordt voor balkons, buitentrappen en galerijen e.d. een lijnbelasting voorgeschreven (zie ook 3.10.4). De commissie heeft besloten geen wijziging in dit opzicht aan te brengen. Wel is besloten om lijnlasten in rekening te brengen voor alle uitkragende vloeren, met inbegrip van trapgaten:

$$q_e = 5 \text{ kN/m over een lengte van 1 m op niet meer dan 0,1 m van de rand}$$

In tabel 3.17 is een overzicht opgenomen van de in diverse normen aangetroffen waarden van lijnlasten voor balcons e.d.

Omdat het hier incidentele belastingen betreft behoeven de veranderlijke lijnlasten niet gecombineerd te worden met andere veranderlijke belastingen:

$$\psi = 0$$

3.9 Ontsluitingswegen van ruimten

Hieronder worden verstaan o.a. gangen, trappen, bordessen, portalen en overlopen en dergelijke.

3.9.1 Extreme belasting

De vloerbelasting op ontsluitingswegen zal in relatie staan tot de ruimte waar de ontsluitingsweg naar toe leidt. De hoogste belasting zal veelal worden veroorzaakt door een concentratie van personen die gelijktijdig de betreffende ruimte verlaat. Omdat geen statistisch onderbouwde gegevens beschikbaar zijn, is uitgegaan van de eerder besproken verschillende gebouwtypen. Daarnaast is rekening gehouden met de huidige praktijk zoals die verwoord is NEN 3850.

In tabel 3.15 zijn de waarden uit een aantal verschillende voorschriften vergeleken.

Tabel 3.15 Extreme vloerbelasting voor ontsluitingswegen

catagorie bouwwerk	bron					
	NEN 3850 [6]	NKB [7]	ISO [8]	DS 409 [9]	NBN [10]	NEN 6702
	belasting in kN/m ²					
woonhuizen	2,0	2,0	2,5	1,5	3,0	2,0
kantoren	2,5	4,0	3,0	3,0	4,0	3,0
winkels	3,0	4,0	3,0	3,0	4,0	4,0
warenhuizen	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
zalen	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0
tribunes	5,0	4,0	5,0	4,0	5,0	5,0
werkplaatsen	3,0	4,0	-	4,0	-	4,0
bibliotheken	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,0

3.9.2 Momentane belasting

Over de momentane belasting voor ontsluitingswegen zijn geen gegevens beschikbaar. Gevoelsmatig zou men denken dat de momentane waarde van de belasting erg laag moet zijn. Dit geldt zeker voor stadions waar de in- en uitgangen in het algemeen slechts 2 x per week gedurende korte tijd worden gebruikt. In het NKB rapport [7] wordt voor de momentane belasting de helft van de extreme waarde aangehouden. De Deense code DS 409 [9] houdt als momentane waarde eveneens de helft van de extreme waarde aan, met uitzondering van zalen, tribunes en zwaar belaste industriële bedrijfsgebouwen. In die laatste gevallen wordt de momentane waarde gelijk gesteld aan de extreme waarde. De reden is het combineren van belastingen. Daarbij wordt één extreme waarde gecombineerd met de momentane waarden van andere belastingen.

Als bedacht wordt dat bij verdiepingsvloeren één vloer extreem belast wordt en de andere momentaan, dan valt er wat voor te zeggen om voor uitgangen en trappenhuizen van zalen en tribunes de momentane belasting gelijk te kiezen aan de extreme belasting. Immers het publiek verlaat na afloop gelijktijdig de zaal, het trappenhuis kan over meer dan één verdieping volstaan met publiek.

Besloten is deze gedachtengang in NEN 6702 over te nemen:

$\psi = 1,0$; voor andere dan fundamentele combinaties $\psi = 0,5$

3.9.3 Geconcentreerde belasting

De grootte van de geconcentreerde belasting is gelijk gekozen aan de geconcentreerde belasting welke van toepassing is voor de ruimte waar de ontsluitingsweg naar toe leidt.

3.9.4 Lijnbelasting

Voor de lijnbelasting langs vrije randen van ontsluitingswegen gelden dezelfde overwegingen als voor vloeren. Zie 3.8

3.10 Balkons e.d.

Hieronder worden o.a. verstaan balkons, galerijen, terrassen, dakterrassen en daken waarvan opgrond van de ligging en de toegankelijkheid kan worden aangenomen dat er zich personen kunnen verzamelen.

3.10.1 Extreme belasting

De extreme belasting wordt afgestemd op de functie van het balkon. Voor balkons die als vloer in gebruik zijn, moet eenzelfde belasting als voor die vloer worden voorgeschreven. Voor balkons die als ontsluitingsweg in gebruik zijn moet eenzelfde vloerbelasting als voor ontsluitingswegen worden gespecificeerd. Daarnaast is besloten een minimum waarde vast te stellen van:

$$p_e \geq 2,5 \text{ kN/m}^2$$

In tabel 3.16 is een overzicht opgenomen van de in andere voorschriften aangetroffen waarden voor de extreme belasting.

Tabel 3.16 Extreme vloerbelasting voor balkons e.d.

catagorie bouwwerk	bron							
	NEN 3850 [6]	NKB [7]	ISO [8]	DS 409 [9]	NBN [10]	ANSI [11]	TR [13]	NEN 6702
	belasting in kN/m ²							
woonhuizen	2,5	2,0	2,0	2,0	3,0	2,9	4,0	2,5
kantoren	2,5	2,0	2,0	2,0	4,0	4,9	4,0	2,5 - 3,0
winkels	3,0	2,0	2,0	2,0	4,0	4,9	4,0	4,0
warenhuizen	4,0	2,0	2,0	2,0	4,0	4,9	4,0	4,0
zalen	4,0	2,0	2,0	2,0	4,0	4,9	4,0	4,0 - 5,0
tribunes	5,0	2,0	2,0	2,0	5,0	4,9	4,0	5,0
werkplaatsen	3,0	2,0	2,0	2,0	4,0	4,9	4,0	4,0 - $\geq 5,0$

3.10.2 Momentane belasting

De werkelijk optreden momentane belasting zal, evenals bij ontsluitingswegen, tamelijk laag zijn. Besloten is om voor balkons die niet als vloer of ontsluitingsweg in gebruik zijn de helft van de extreme belasting voor te schrijven:

$$\psi = 0,5$$

Voor balkons die als vloer of als ontsluitingsweg in gebruik zijn geldt de desbetreffende waarde voor ψ .

3.10.3 Geconcentreerde belasting

Voor balkons die niet als vloer of ontsluitingsweg in gebruik zijn is de geconcentreerde belasting vastgesteld op:

$$F_e = 3 \text{ kN}$$

Voor andere balkons geldt de overeenkomstige belasting voor vloeren of ontsluitingswegen.

3.10.4 Lijnbelasting

In een aantal normen worden lijnlasten voor balkons e.d. voorgeschreven. Zo ook in NEN 3850. Er is geen literatuur voorhanden waarin statistische gegevens omtrent veranderlijke lijnbelastingen voor balkons staan vermeld.

Uit de praktijk is niet bekend dat NEN 3850 op het punt van lijnbelastingen niet zou voldoen. Daarom is besloten geen wijziging in het voorschrift aan te brengen ten aanzien van groote en aangrijpingspunt van de belasting:

$q_e = 5 \text{ kN/m}$ over een lengte van 1 m op niet meer dan 0,1 m van de rand
In tabel 3.17 is een overzicht opgenomen van de in andere voorschriften opgenomen bepalingen t.a.v. lijnbelastingen.

Tabel 3.17 Lijnbelastingen voor balkons e.d.

bron	belasting [kN/m]	lengte [m]	breedte [m]	afstand tot rand [m]	combineren met ver- deelde belasting
NEN 3850 [6]	5,0	1,0	-	0,1	nee
NKB [7]	2,0	L	-	0,0	ja
ISO [8]	4,0 kN/m ²	L	0,8	0,0	nee
DS 409 [9]	1,0	L	-	0,0	ja
NEN 6702	5,0	1,0	-	0,1	nee

3.11 Daken

Hieronder worden o.a. verstaan daken en luifels e.d. waarvan opgrond van de ligging en de toegankelijkheid kan worden aangenomen dat er zich geen personen zullen ophouden anders dan voor de uitvoering van reparaties en onderhoud. De hier besproken dakbelastingen worden veroorzaakt door personen en materieel, voor regen en sneeuw wordt verwezen naar hfst 7. Voor daken en kelders e.d. die zich onder wegen of terreinen bevinden moeten belastingen worden aangehouden overeenkomstig:

- ontsluitingswegen voor winkels en werkplaatsen (zie hfst 3.9) of
- wegen als er over het (kelder)dak gemotoriseerd verkeer zal plaatsvinden.

3.11.1 Extreme belasting

In NEN 3850 zijn de belastingen voor reparaties en de belasting door sneeuw in één belastingwaarde verwerkt. Voor een groot dak is de sneeuwbelasting maatgevend (0,5 kN/m²) en voor een klein dak zijn de reparaties maatgevend (1,0 kN/m²). Besloten is in NEN 6702 in aansluiting op andere voorschriften, deze belastingen gescheiden te behandelen.

Voor onderhoud en reparaties wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde belasting van 1 kN/m^2 werkend over een beperkt oppervlak. Bovendien wordt rekening gehouden met de dakhelling α ; als het dak te steil wordt kan er immers geen materiaalopslag meer plaatsvinden. De extreme belasting ten behoeve van reparatie en onderhoud is vastgesteld op:

$$\begin{array}{ll} 0 < \alpha < 15^\circ & p_e = 1 \text{ kN/m}^2 \\ 15 \leq \alpha < 20^\circ & p_e = (4 - 0,2\alpha) \text{ kN/m}^2 \\ \alpha \geq 20^\circ & p_e = 0 \text{ kN/m}^2 \end{array}$$

Ten aanzien van het oppervlak waarop de belasting aangrijpt moet de ongunstigste situatie worden beschouwd, met een maximum van 10 m^2 .

3.11.2 Momentane belasting

Gezien het incidentele karakter van reparaties en onderhoud is de momentane waarde vastgesteld op 0 kN/m^2 :

$$\psi = 0,0$$

3.11.3 Geconcentreerde belasting op dakvlak

Uit onderzoek van het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid is gebleken dat het regelmatig voorkomt dat personen (werknemers en bewoners) door een dak zakken en daarbij ernstig gewond raken en in een aantal gevallen komen te overlijden. In NEN 3850 zijn geen eisen gesteld waardoor dergelijke ongevallen kunnen worden voorkomen. In NEN 6702 wordt dit wel gedaan, door een geconcentreerde belasting voor te schrijven die door het dakvlak gedragen moet kunnen worden. De afsluitende werking van de dakhuid behoeft bij deze belasting niet gewaarborgd te blijven. De grootte van de geconcentreerde belasting is gebaseerd op de belasting die wordt veroorzaakt door een persoon die met gereedschap en materialen, over het dak loopt. Gewicht en materialen zijn geschat op 100 kg . De dynamische vergrotingsfactor voor lopen is ontleend aan tabel 3.11 en bedraagt $1,5$.

$$F_e = 1,5 \text{ kN}$$

3.11.4 Geconcentreerde belasting op gordingen e.d.

De geconcentreerde belasting is gebaseerd op de aanwezigheid van 2 personen met enig gereedschap.

$$F_e = 2,0 \text{ kN}$$

3.11.5 Daken van kelders e.d. onder wegen of terreinen

Besloten is de belasting te baseren op de eisen voor ontsluitingswegen voor winkels en bedrijven.

3.12 Relingen en balustraden

Voor relingen en balustraden worden geen gelijkmatig verdeelde belastingen in rekening gebracht.

3.12.1 Lijn belasting

De belasting dient te worden afgestemd op zowel het aantal personen dat naar verwachting gelijktijdig tegen de balustrade zal leunen als op de gevolgen van bezwijken.

Voor woonhuizen e.d. is zoveel mogelijk aansluiting gezocht bij de bestaande eisen. Voor tribunes en zalen, waar de balustrade opdringend publiek moet kunnen weerstaan, is de lijnbelasting ontleend aan het Deense voorschrift [9]. Voor de overige balustraden zijn de belastingen gebaseerd op de minimum eisen zoals vastgesteld in het ISO voorschrift [8]. In tabel 3.18 is een overzicht opgenomen van de in diverse voorschriften aangetroffen eisen.

3.12.2 Geconcentreerde belasting

De reeds bestaande eisen zijn overgenomen.

Uit onderzoek [27] door de TU Delft in opdracht van MVROM naar de veiligheid van trappen in en bij woningen, is onder andere gebleken dat in een groot aantal gevallen de leuning langs de trap of muur niet voldoende stevig zijn bevestigd. Om deze reden is besloten in NEN 6702

nadrukkelijk op te nemen dat de geconcentreerde belastingen voor relingen en balustraden ook van toepassing zijn op de leuningens langs muren e.d.

Tabel 3.18 Belastingen voor relingen en balustraden e.d.

bron	woningen		tribunes		fabrieken	
	[kN/m]	[kN]	[kN/m]	[kN]	[kN/m]	[kN]
NEN 3850 [6]	0,5	1,0	> ?	> ?	0,5	-
NKB [7]	0,4	-	0,8		0,4	-
ISO [8]	0,4	0,3	1,5	-	0,8	0,3
DS 409 [9]	0,4	-	3,0	-	0,8	-
NBN [10]	0,5	1,0	$\leq 5,0$ *)		1,0	1,0
NEN 6702	0,5	1,0	3,0	1,0	0,8	1,0

*) Afhankelijk van helling en ruimte vóór de balustrade

Gezien het grote belang dat relingen en balustraden hebben voor de persoonlijke veiligheid, dienen de constructie en bevestiging zodanig te zijn uitgevoerd dat een zekere mate van weerstand tegen (moedwillige) beschadiging aanwezig is. Daarom worden aanvullende eisen voorgesteld in de Richtlijnen voor Balustraden [19].

4. BELASTING DOOR OPSLAG VAN GOEDEREN EN MATERIALEN

Voor de opslag van goederen en materialen dient onderscheid gemaakt te worden tussen:

- opslag van stukgoed
- opslag van vaste bulkgoederen
- opslag van vloeistoffen

4.1 Opslag van stukgoederen

4.1.1 Extreme belasting

Voor pakhuizen blijkt de geschatte extreme vloerbelasting te kunnen variëren tussen ca. 2 kN/m² en ca. 30 kN/m².

Door de commissie is besloten de in rekening te brengen belasting door de ontwerper te laten vaststellen, echter met een minimum van:

$$p_e \geq 5 \text{ kN/m}^2$$

In tabel 4.1 zijn de gespecificeerde waarden uit enkele andere voorschriften ter vergelijking opgenomen.

Tabel 4.1 Extreme vloerbelasting voor pakhuizen e.d.

Bron	Vloerbelasting [kN/m ²]
NEN 3850 [6]	4,0
NKB [7]	≥ 5,0
ISO [8]	≥ 5,0
DS 409 [9]	≥ 3,0
NBN [10]	massa van de opgeslagen goederen
ANSI [11]	6 - 12
TR 479 [13]	≥ 2,4
NEN 6702	≥ 5,0

4.1.2 Momentane belasting

Bij woonhuizen, kantoren, restaurants enz. is er een duidelijk verschil tussen de momentane en de extreme belasting. In die gevallen is de momentane belasting vooral afgestemd op de aanwezige inventaris, terwijl de extreme belasting is afgestemd op het incidenteel aanwezig zijn van een grote groep personen. Bij opslagruimten e.d. wordt de extreme vloerbelasting afgestemd op de opgeslagen goederen en inventaris, die veel vaker dan incidenteel aanwezig zijn. Statistisch onderbouwde gegevens zijn voor opslagruimten niet beschikbaar. De momentane belasting is om boven vermelde redenen gelijk gesteld aan de extreme waarde van de belasting:

$$\psi = 1,0$$

Voor bij winkels en warenhuizen horende opslagruimten zijn wel statistisch onderbouwde gegevens beschikbaar. Uit de gegevens van Mitchell en Woodgate [26] is door JCSS [2] een kansdichtheidsfunctie voor de momentane waarde van de vloerbelasting afgeleid:

Gumbelverdeling met $\mu = 0,7 \text{ kN/m}^2$ en $\sigma = 0,7 + 10 / (A+A_0) \text{ kN/m}^2$
met $A_0 = 7 \text{ m}^2$

De momentane belasting kan berekend worden afhankelijk van de grootte van het oppervlak (A) van de opslagruimte:

$A = 5 \text{ m}^2$	$p_m = 3,55 \text{ kN/m}^2$
$A = 20 \text{ m}^2$	$p_m = 2,70 \text{ kN/m}^2$
$A = 100 \text{ m}^2$	$p_m = 2,17 \text{ kN/m}^2$

Dit is afgerond op 3 kN/m^2 ; resulterend in een combinatiefactor:

$$\psi = 0,6$$

4.1.3 Geconcentreerde belasting

Uit gegaan is van de overeenkomstige belasting voor winkels en warenhuizen (zie 3.4.3):

$$F_e = 7 \text{ kN}$$

4.2 Opslag van bulkgoederen

De belasting op de bodem en de wanden van silocellen is onder andere afhankelijk van de specifieke eigenschappen van het vulmateriaal, van de vorm van de cel en van de wandruwheid. Bij het vaststellen van representatieve belastingen dient rekening gehouden te worden met specifieke omstandigheden zoals:

- excentrisch geplaatste uitstroomopeningen (veroorzaakt hogere belastingen);
- drukveranderingen die optreden als gevolg van elke onregelmatigheid van de binnenwand en door abrupte wijzigingen in de geometrie van de silocel;
- de niet-symmetrische drukverdeling die kan optreden, zelfs bij symmetrische cellen;
- grote dynamische belastingen die ontstaan door het in beweging komen van vulmateriaal of het stoppen van stromend vulmateriaal;
- drukverloop door pneumatisch legen;
- cohesie en de hoek van inwendige wrijving van de vulmaterialen;
- invloed van warme vulmaterialen.

Er zijn geen rekenregels voorhanden waarmee representatieve silobelastingen kunnen worden bepaald, die rekening houden met alle bovengenoemde aspecten. Voorlopig is men aangewezen op literatuur die over dit onderwerp gaat. Als leidraad wordt aanbevolen de Duitse norm DIN 1055, Teil 6 [28], waarmee belastingen kunnen worden vastgesteld voor niet-cohesieve vulmaterialen.

4.3 Opslag van vloeistoffen in tanks, reservoirs, e.d.

Hoewel het vloeistofniveau in een opslagreservoir in het algemeen veranderlijk zal zijn en dus de optredende belastingen door vloeistoffen ook veranderlijk zijn, wordt de belasting die door de vloeistof op de reservoirwand wordt uitgeoefend, beschouwd als een permanente belasting.

De reden is gelegen in het combineren van belastingen. Vloeistofdruk moet altijd gecombineerd worden met minstens één andere veranderlijke extreme belasting. Voor de berekening van de vloeistofdrukken mag worden uitgegaan van een hydrostatische drukverdeling.

Door het vullen en legen van gesloten reservoirs kan onder- of overdruk optreden. Deze belastingen worden beschouwd als veranderlijke belastingen.

5. BELASTINGEN DOOR MACHINERIEËN

5.1 Belasting door eigen gewicht

De belasting door het gewicht van de machine en de aanwezige grondstoffen en eindprodukten, mag in het algemeen als een gelijkmatig verdeelde belasting worden beschouwd. In werkelijkheid zal de machine meestal een aantal puntlasten veroorzaken. Als deze groter zijn dan de geconcentreerde last (7 kN) waarmee in het ontwerp van de vloer rekening is gehouden, dan moet een aanvullende berekening worden gemaakt. De belasting door het gewicht van de machine en het gewicht van de maximaal aanwezige grondstoffen en eindproducten e.d. wordt beschouwd als de extreme waarde van de belasting.

Omdat machines in het algemeen permanent aanwezig zijn wordt de momentane belasting gelijk gekozen aan de extreme waarde:

$$\psi = 1,0$$

5.2 Dynamische belasting

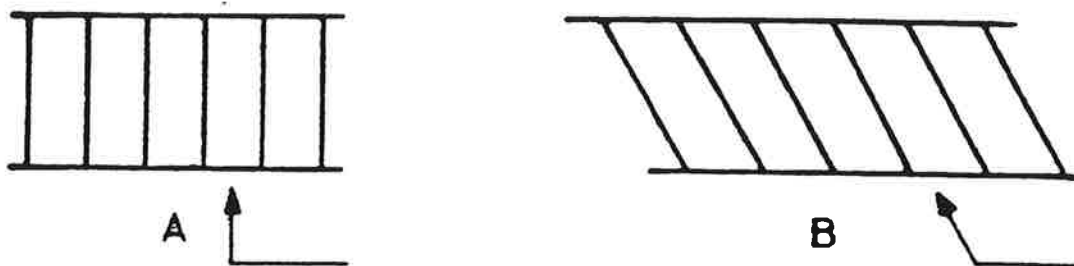
In het gebruik zullen machines meestal trillingen of andere dynamische belastingen veroorzaken. De grootte van die belastingen zal per geval verschillen. De aan versnellingen onderhevige massa is een belangrijke maat voor de grootte van het dynamische effect (zie [40, 41]). Omdat in het ontwerpstadium vaak nog weinig bekend is omtrent het dynamisch effect van de te installeren machines, is besloten 3 klassen te onderscheiden:

- geen dynamisch effect;
machines waarvan de aan versnellingen onderhevige massa kleiner is dan 100 kg
- dynamisch effect als vergrotingsfactor op het eigen gewicht
machines waarvan de aan versnellingen onderhevige massa kleiner is dan 2500 kg. Het dynamisch effect kan als een toeslag van 30 % op het gewicht van de machine en de daarop rustende grondstoffen e.d. in rekening worden gebracht.
- dynamische berekening
machines waarvan de aan versnellingen onderhevige massa groter is dan 2500 kg.

6. BELASTINGEN DOOR VOERTUIGEN

De hieronder genoemde belastingen gelden voor parkeergarages maar niet voor verkeerswegen en bruggen.

De vloerbelasting in een parkeergarage is mede afhankelijk van de wijze waarop geparkeerd dient te worden. Parkeren loodrecht op de rijrichting (A) leidt tot hogere vloerbelasting dan parkeren onder een kleinere hoek (B).



In NEN 6702 is uitgegaan van de hoogste vloerbelasting (parkeermethode A).

6.1 Voertuigen met een gewicht tot 2500 kg

6.1.1 Extreme vloerbelasting

Door JCSS [2] is voor de extreme vloerbelasting in parkeergarages een statistische verdelingsfunctie gegeven:

Gumbelverdeling met $\mu = (0,83 + A_0 / A) \text{ kN/m}^2$ en $\sigma = 0,46 / \sqrt{A} \text{ kN/m}^2$ met $A_0 = 7 \text{ m}^2$ en $10 \text{ m}^2 < A < 100 \text{ m}^2$

Afhankelijk van de grootte van het vloeroppervlak volgt:

$A = 20 \text{ m}^2$	$p = 2,6 \text{ kN/m}^2$
$A = 50 \text{ m}^2$	$p = 1,9 \text{ kN/m}^2$
$A = 100 \text{ m}^2$	$p = 1,6 \text{ kN/m}^2$

Door de commissie is besloten om één waarde voor alle oppervlakken aan te houden:

$$p_e = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

In tabel 6.1 zijn waarden opgenomen die in andere normen zijn aangetroffen.

Tabel 6.1 Extreme vloerbelasting voor parkeergarages

bron	voertuigen met gewicht < 2500 kg	voertuigen met gewicht > 2500 kg	Opmerkingen
NEN 3850 [6]	2,0	-	
NKB [7]	2,0	-	
ISO [8]	2,5 a)	?	a) ISO 2633: 3,0 kN/m ²
DS 409 [9]	3,0 b,d)	5,0 c,d)	b) gewicht < 3500 kg
NBN [10]	2,5	5,0	c) 3500 kg < G < 12000 kg
ANSI [11]	2,44 e)	andere norm	d) incl. sneeuw 0,75 kN/m ²
TR 479 [13]	3,0	5,0	e) alle personenauto's
NEN 6702	2,0	5,0	

6.1.2 Momentane belasting

Ook voor de momentane vloerbelasting van parkeergarages wordt door JCSS [2] een kansdichtheidsfunctie voorgesteld:

Gumbelverdeling met $\mu = 0,83 + A / \sqrt{A}$ kN/m² en $\sigma = 0,46 / \sqrt{A}$ kN/m²
0

met $A_0 = 3,0$ m² en 10 m² < A < 100 m²

Voor enkele oppervlakken zijn de karakteristieke waarden (5% overschrijdingskans) bepaald:

A = 20 m ²	p = 1,7 kN/m ²
A = 50 m ²	p = 1,4 kN/m ²
A = 100 m ²	p = 1,2 kN/m ²

Door de commissie is besloten geen onderscheid te maken naar de grootte van het oppervlak en als momentane waarde $p_m = 1,5$ kN/m² aan te houden:
 $\psi = 0,7$

6.1.3 Geconcentreerde belasting

Geconcentreerde belastingen in parkeergarages kunnen veroorzaakt worden door wioldruk of door een krik. In het algemeen zal het oppervlak onder de krik het kleinst zijn, terwijl de belasting wat groter is. In de NPR Parkeergarages [21] wordt hiervoor 10 kN werkend op 0,1m x 0,1m aangehouden. Deze waarde is ongewijzigd overgenomen in NEN 6702:

$$F_e = 10 \text{ kN}$$

6.1.4 Remkrachten

Rekening dient te worden gehouden met de krachten die optreden als gevolg van remmen. Aangenomen wordt dat maar weinig auto's gelijktijdig remmen. In de NPR Parkeergarages [21] wordt voor de grootte van deze kracht 10 kN aangehouden. Deze eis is in NEN 6702 overgenomen:

$$F_e = 10 \text{ kN werkend evenwijdig aan het wegdek.}$$

6.2 Voertuigen met een gewicht tussen 2500 kg en 12000 kg

6.2.1 Extreme belasting

De extreme belasting is overgenomen uit Belgische en Deense norm (zie tabel 6.1):

$$p_e = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

6.2.2 Momentane belasting

Over de grootte van de momentane belasting zijn geen gegevens beschikbaar. In DS 409 wordt $\psi = 1,0$ aangehouden, besloten is echter aan te sluiten bij de momentane belasting voor personen auto's:

$$\psi = 0,7$$

6.2.3 Geconcentreerde belasting

Voor parkeergarages die gebruikt worden voor zwaardere voertuigen worden in de Deense norm DS 409 de volgende waarden aangehouden:

$$F_e = 40 \text{ kN (achterwielen); werkend op } 0,15\text{m} \times 0,30\text{m}$$

Het oppervlak heeft betrekking op het contactvlak onder de wielen. Een krik zal in het algemeen wat kleiner van oppervlak zijn (ϕ 0,12 à ϕ 0,15). Besloten is voor NEN 6702 deze belasting over te nemen en het

oppervlak vast te stellen op 0,15m x 0,15m:

$F_e = 40 \text{ kN}$ werkend op 0,15m x 0,15m

6.2.4 Remkrachten

Evenals bij parkeergarages voor personenauto's, dient rekening gehouden te worden met remkrachten. De remkracht wordt bepaald op basis van het gewicht van het voertuig en de remvertraging. In formulevorm:

$$F_e = m \cdot a$$

waarin:

F_e is de remkracht werkend evenwijdig aan de rijvloer

m is de massa van het voertuig

a is de remvertraging; het wettelijk minimum bedraagt 4 m/s^2

6.3 Voertuigen van meer dan 12000 kg

De belastingen dienen voor deze voertuigen bepaald te worden op basis van het zwaarst mogelijke voertuig dat naar verwachting gebruik gaat maken van de parkeergelegenheid.

6.3.1 Extreme belasting

In het algemeen beslaan dergelijke voertuigen ettelijke m^2 . De belasting wordt daarom bepaald op basis van het volbeladen gewicht van het voertuig en het ingenomen oppervlak.

6.3.2 Momentane belasting

De momentane belasting is vastgesteld op dezelfde waarde als voor de lichtere voertuigen:

$$\psi = 0,7$$

6.3.3 Geconcentreerde belasting

De belasting moet worden bepaald op basis van de kracht die optreedt als het voertuig zou worden opgekrikt.

6.3.4 Remkrachten

De remkrachten kunnen worden berekend overeenkomstig 6.2.4

7. BELASTING DOOR REGEN EN SNEEUW

7.1 Regenwaterbelasting

7.1.1 Extreme belasting

Er is in het verleden nog al eens schade opgetreden door het onvoldoende rekening houden met de mogelijkheid van het optreden van wateraccumulatie op vlakke daken. Om deze reden is in NEN 6702 deze belasting verder uitgewerkt.

Bij wateraccumulatie blijft water op het dak staan. Het dak buigt door onder het gewicht van het water, waardoor meer water kan toestromen en het dak nog weer verder doorbuigt. Dit gaat zo verder tot een evenwichtstand is bereikt of het dak bezwijkt onder de waterlast. Het verschijnsel kan wiskundig beschreven worden en voor enkele eenvoudige gevallen zijn ook theoretische oplossingen bekend [29]. Het probleem is in alle gevallen oplosbaar met elementen programma's. Omdat vak- en raamwerkprogramma's in ruime mate hun intrede hebben gedaan in de ingenieurspraktijk, is besloten, de grootte van de belasting door regenwater op deze wijze te laten vaststellen en af te zien van het opnemen van een beperkt aantal theoretische oplossingen.

De belasting door regenwater kan dan als volgt worden beschreven:

$$p_e(x) = (d + d_e(x)) \cdot 10 \text{ kN/m}^2$$

waarin:

$p_e(x)$ is de waterdruk op plaats x

d is de hoogte van de waterstand ter plaatse van de noodafvoer

$d_e(x)$ is de totale doorbuiging ten gevolge van wateraccumulatie

De doorbuiging van het dakvlak wordt iteratief berekend uit de voorgaande doorbuiging:

$$d_1(x) \text{ volgt uit doorbuiging bij } p_1(x) = (d) \cdot 10 \text{ kN/m}^2$$

$$d_2(x) \quad p_2(x) = (d + d_1(x)) \cdot 10 \text{ kN/m}^2$$

$$d_3(x) \quad p_3(x) = (d + d_2(x)) \cdot 10 \text{ kN/m}^2$$

$$d_4(x) \quad \cdot$$

$$\cdot$$

$$d_n(x) \quad p_n(x) = (d + d_{n-1}(x)) \cdot 10 \text{ kN/m}^2$$

De hoogte van de waterstand ter plaatse van de noodafvoer wordt bepaald door de hoogte van de noodafvoer boven het dakvlak en de opstuwing van het af te voeren water door stroming. In formulevorm:

$$d = d_0 + h$$

Uitgangspunt is dat de reguliere waterafvoeren verstopt zijn en dat het water afgevoerd moet worden via noodafvoeren of via de dakrand. Op het dak staat water tot aan de hoogte van de noodafvoer (d_0); de bergingscapaciteit is geheel benut. Alleen het bijkomende water moet worden afgevoerd. Voor de bijkomende neerslag is uitgegaan van een intensiteit met een herhalingsperiode van 50 jaar. Dit komt overeen met 13 mm neerslag in 5 minuten [29]. Omgerekend bedraagt het debiet (r) dat per m^2 dakvlak moet worden afgevoerd:

$$r = 13 \cdot 10^{-3} / 5 \cdot 60 = 43 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s m}^2$$

Als gevolg van stroming van het water treedt opstuwing (h) op. Als de dakrand wordt geschematiseerd als een volkomen lange overlaat dan kan de opstuwing bepaald worden uit:

$$h = \{C \cdot (rA/B)^2\}^{1/3}$$

waarin:

- h is de waterhoogte boven de noodafvoer [m]
- C is coëfficiënt waarin rekening is gehouden met verminderde afvoer door wrijving en contractie, $C = 0,7$
- r hoeveelheid neerslag die afgevoerd moet worden $r = 43 \cdot 10^{-6} [\text{m}/\text{s}]$
- A dakoppervlak dat afvoert via de betreffende noodafvoer [m^2]
- B breedte van de noodafvoer [m]

Substitutie van C en r vereenvoudigt de formule voor h tot:

$$h = 0,001 (A/B)^{2/3}$$

7.1.2 Momentane belasting

In het algemeen zal er geen of weinig water op een dak staan. De momentane waarde van de belasting is daarom vastgesteld op:

$$\psi = 1,0$$

7.2 Sneeuwbelasting

7.2.1 Extreme belasting

Onderzoek naar de grootte van sneeuwbelasting is in Nederland weinig verricht. De resultaten van onderzoek dat in andere landen is uitgevoerd, waar wel sprake is van een aanzienlijke sneeuwbelasting, zijn echter goed bruikbaar. In het algemeen wordt ervan uitgegaan dat de sneeuwbelasting op een dak afhankelijk is van twee zaken:

- a) de sneeuwbelasting op de grond
- b) het deel dat op een dak blijft liggen

$$p_e = C_i \cdot p_{sn}$$

waarin:

p_e is de extreme sneeuwbelasting op het dak

C_i is een factor die afhankelijk is van de vorm van het dak

p_{sn} is de extreme sneeuwbelasting op de grond

Ten aanzien van de vormfactoren C_i zijn geen Nederlandse onderzoekresultaten beschikbaar. De door ISO [32] gehanteerde vormfactoren zijn overgenomen in NEN 6702.

De sneeuwbelasting op de grond is bepaald uit de hoogte van het sneeuwdek en het gewicht per volume eenheid van sneeuw:

$$p_{sn} = h_{sn} \cdot \rho_{sn} g$$

waarin:

h_{sn} is de hoogte van het sneeuwdek

$\rho_{sn} g$ is het gewicht per volume eenheid van sneeuw, dat op 2 kN/m³ gesteld kan worden

De sneeuwdekhogte die gemiddeld eens in de 50 jaar wordt overschreden bedraagt volgens KNMI onderzoek [34]: $h_{sn} = 0,35$ m.

7.2.2 Momentane belasting

Met uitzondering wellicht van zeer strenge winters, is er van langdurige sneeuwbelasting geen sprake. Mede om het aantal mogelijke belastingcombinaties te beperken, is besloten om de momentane waarde van de sneeuwbelasting op nul te stellen:

$$\psi = 0,0$$

8. WATERDRUK

8.1 Momentane waterdruk

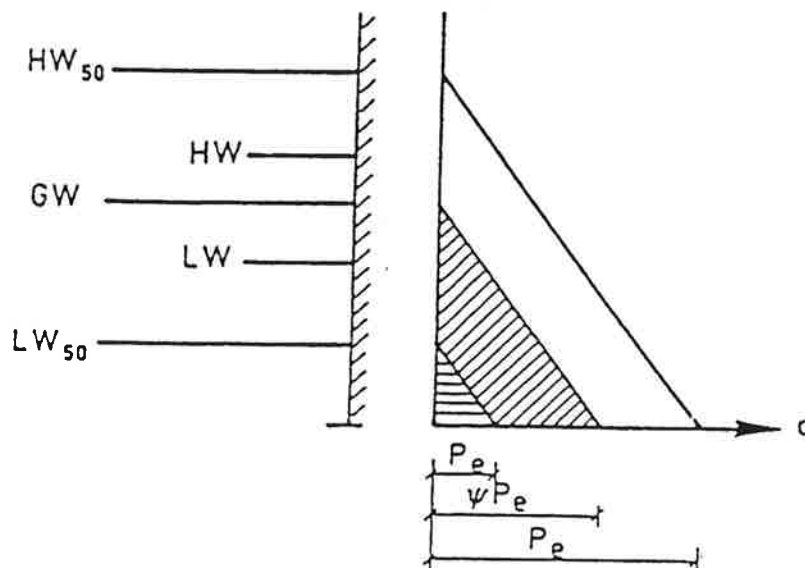
De momentane waterdruk wordt in afwijking van de meeste andere veranderlijke belastingen niet bepaald op basis van de extreme waarde maar op basis van de gemiddelde waterstand:

$\psi p_e = p_m$ is de waterdruk behorend bij de gemiddelde waterstand.

8.2 Extreme waterdruk

Voor de extreme waterdruk dienen zowel de hoogste als de laagste waterstand te worden beschouwd, die slechts eenmaal in de 50 jaar worden over- of onderschreden.

Gegevens omtrent de extreme waterstanden zijn veelal beschikbaar bij hoogheemraadschappen en waterschappen. In figuur 8.1 zijn de extreme waterdrukken en de momentane waterdruk aangegeven in relatie tot de waterstand.



Figuur 8.1 Waterdrukken bij oppervlakte water

8.3 Combinaties

Gebruikelijk is om één extreme veranderlijke belasting te combineren met overige momentane veranderlijke belastingen en permanente belastingen. Dit op grond van de overweging dat het onwaarschijnlijk is dat verschillende extreme belastingen gelijktijdig voorkomen. Dat geldt natuurlijk niet als de ene extreme belasting het gevolg is van een andere extreme belasting. Bij extreme waterstanden kan het zeer wel het geval zijn dat ze veroorzaakt worden door extreme windsnelheid. Om deze reden is besloten, dat bij de fundamentele belastingcombinaties (beoordeling van de veiligheid) de extreme waterdrukken moeten worden gehanteerd in plaats van de momentane waterdrukken.

9. BELASTING TEN GEVOLGE VAN TEMPERATUURVERSCHILLEN

9.1 Extreme belastingen

Door temperatuurverschillen zullen vervormingen of krachten aan de constructie worden opgedrongen. Rekening dient te worden gehouden met de temperatuurveranderingen die de constructie als geheel ondergaat en temperatuurverschillen tussen de onderdelen van de constructie. Bij gebrek aan voldoende informatie over de optredende temperatuurverschillen, is besloten dat voor de constructie als geheel minimaal gerekend moet worden op variaties van + 30°C tot - 25°C. Bekend is dat bij direct door de zon bestraalde oppervlakken, de temperatuur hoog kan oplopen. Een en ander is afhankelijk van oriëntatie, kleur, materiaal en de mogelijkheid tot warmte afvoer.

Tabel 9.1 Ervaringswaarden van praktisch optredende oppervlakte temperaturen in °C (geïsoleerd van het binnenklimaat) ontleend aan [35]

Materiaalsoort	Kleur	T _{min}	T _{max}	ΔT
Metselwerk, beton	licht	-20	50	70
idem	donker	-25	65	90
Glas, keramiek, metaal	licht	-25	60	85
idem	donker	-30	80	110
Metaal achter glas	donker	-10	130	140
Vensterglas		-25	80	105
Warmte absorberend glas		-25	100	125
PVC	licht	-20	60	80
idem	donker	-30	90	120
Hout, blank		-20	60	80
Hout geverfd	licht	-20	50	70
idem	donker	-20	70	90

Het probleem speelt vooral bij aansluiting van gevelelementen. In het SBR rapport [35] (tabel 3.2) ten behoeve van de keuze van voegkitten, zijn aanbevelingen gedaan omtrent de aan te houden minimale en maximale temperaturen.

In de concept ISO norm [36] "Temperature climatic actions" is een rekenmethode ontwikkeld waarbij rekening is gehouden met de mate van warmte-absorptie van de constructie en de orientatie ten opzichte van de zon. De specifiek voor Nederland geldende klimaatinvloeden zijn daarin echter nog niet verwerkt, zodat besloten is deze norm nog niet tot Nederlands voorschrift om te werken.

9.2 Momentane belasting

Er hoeft geen rekening te worden gehouden met de momentane belasting ten gevolge van temperatuurverschillen, voorzover die veroorzaakt worden door het klimaat:

$$\psi = 0,0$$

DEEL III BIJZONDERE BELASTINGEN

1. BIJZONDERE BELASTINGEN IN HET ALGEMEEN

Bijzondere belastingen kenmerken zich in het algemeen door grote of rampzalige gevolgen, gekoppeld aan een kleine kans van optreden. Voorbeelden zijn gasexplosies, brand, botsingen en aardbevingen. De bedoeling van het in rekening brengen van bijzondere belastingen is niet zozeer de constructie daartegen bestand te maken, alswel het beperken van de gevolgen. Hierbij moet vooral gedacht worden aan het voorkomen van voortgaande instorting en daarmee samenhangend het voorkomen van persoonlijk letsel of het verlies aan mensenlevens.

Dit doel kan op verschillende wijzen worden bereikt:

- of door het bouwwerk zodanig te ontwerpen dat voortgaande instorting wordt voorkomen; er dient een tweede draagweg te zijn,
- of het bouwwerk zo sterk en stijf te maken dat de te verwachten bijzondere belastingen kunnen worden opgenomen,
- of maatregelen treffen waardoor de bijzondere belasting niet kan optreden of minder effect heeft, zoals obstakels ter vermindering van het effect van een botsing.

In het SBR rapport "Beveiliging van gebouwen ter voorkoming van het optreden van calamiteiten" [31] worden hiervoor een aantal praktische aanbevelingen gedaan. Bijvoorbeeld het zo mogelijk situeren van centrale verwarmingsketels buiten of boven het gebouw, het aanbrengen van obstakels (bijv. vangrails) ter voorkoming van botsingen tegen de constructie of een verbod op het vervoer van gevaarlijke stoffen door een tunnel.

2. WEGVALLEN VAN STABILITEITSVOORZIENINGEN

In veel gevallen zijn bouwwerken (bijvoorbeeld rijtjes woningen) voor hun weerstand tegen horizontale belastingen van elkaar afhankelijk. Als door brand of een explosie of door welke oorzaak dan ook de normaal aanwezige stabiliteitsvoorziening geheel of gedeeltelijk wegvalt, is er sprake van een bijzondere situatie. De constructieve veiligheid moet dan beoordeeld worden op basis van de uiterste grenstoestand bij bijzondere belastingcombinaties.

In de meeste gevallen zal de momentane windbelasting de enige in rekening te brengen horizontale belasting zijn. Voor de beoordeling van de fundamentele combinaties is de momentane windbelasting verwaarloosd ($\psi = 0,0$). Voor de beoordeling van bijzondere combinaties mag dat niet. Momentane windbelasting moet dan in rekening worden gebracht met:
 $\psi = 0,2$.

3. BRAND

Brand wordt beschouwd als een bijzondere situatie waarop de bijzondere belastingcombinatie van toepassing is. Ook hier geldt voor de momentane windbelasting $\psi = 0,2$.

4. GASEXPLOSIES

Bij gasexplosies kunnen zeer hoge drukken ontstaan. De hoogte van de druk hangt voor een belangrijk deel af van de wijze waarop de verbranding van het gasmengsel verloopt:

- deflagratie:

Voortgaande verbranding geschiedt door warmte overdracht. Het vlamfront breidt zich door het gasmengsel uit met een snelheid lager dan de geluidssnelheid (0,1 - 100 m/s). Piekdrukken variëren van 10 tot 1000 kN/m².

- detonatie:

De voortgang van de verbranding vindt plaats door een schokgolf die zich verplaatst met snelheden boven de geluidssnelheid (1000 - 10000 m/s). Bij detonatie komen piekdrukken van 2000 kN/m² voor.

Of een gas-luchtmengsel kan detoneren hangt voor een belangrijk deel af van het soort gas. In de meeste gevallen zal een gas explosie een deflagratie zijn. In tunnels en pijpleidingen kan echter de druk voor het vlamfront zo hoog oplopen dat een deflagratie overgaat in een detonatie.

Verdergaande beschouwing zal beperkt blijven tot aardgasexplosies in woongebouwen. Dergelijke aardgas explosie betreffen voorzover bekend altijd deflagraties.

In bouwwerken waarin breekwanden zijn aangebracht kunnen de explosiedrukken beperkt blijven. In de SBR-publicatie "Constructieve maatregelen tegen aardgasexplosies in hoge woongebouwen" [39], worden de resultaten van een onderzoek beschreven naar de grootte van optredende explosiedrukken. Opgrond van de uitgevoerde proeven is een empirische formule opgesteld.

$$p_e = 3,75 + 0,625 p_0 + 0,05 (V/A)^2 \geq 3,75 + 1,25 p_0$$

waarin:

p_e is de gelijkmatig verdeelde explosiebelasting op wanden en vloeren
[kN/m²]

p_0 is de belasting waarbij de breekwand of gevel die de aflatopening
moet vormen bezwijkt [kN/m²]

V is het volume van de ruimte waarin de explosie plaatsvindt [m³] (er
is vanuit gegaan dat deze ruimte geheel met gas gevuld is)

A is het oppervlak van de breekwand [m²]

In bovenstaande formule is geen rekening gehouden met een hogere
materiaalsterkte bij kortdurende belasting. In het SBR rapport is dat
wel gedaan door de gemeten explosiedrukken te vermenigvuldigen met een
faktor 0,8.

Bij het opstellen van de empirische formule, is de onderstaande
berekenningsmethode gehanteerd voor het bepalen van de bezwijkdruk van
glasruiten die als breekwand fungeren:

$$p_0 = 84 (t / \beta b)^2 10^3 \text{ kN/m}^2$$

waarin:

p_0 is de breukbelasting [kN/m²]

t is de glasdikte [m]

b is de kleinste overspanning van de ruit [m]

β is een faktor afhankelijk van de lengte / breedte verhouding

Indien 1 de grootste overspanning van de ruit is, dan geldt voor β :

1/b	4	3	2	1,5	1
β	0,86	0,85	0,78	0,70	0,54

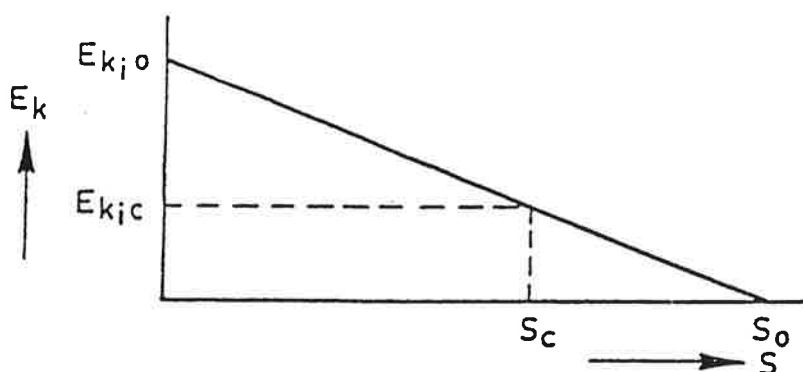
De explosiedrukken die volgens de Deense norm DS 409 [9] in rekening
gebracht moeten worden zijn aanzienlijk hoger. Omdat niet bekend is waar
deze waarden op zijn gebaseerd, en ook niet bekend is dat de in het SBR
rapport geadviseerde waarden te laag zouden zijn, is besloten de
hierboven beschreven berekeningsmethode in NEN 6702 op te nemen.

5. BOTSINGEN DOOR VOERTUIGEN

5.1 Rekenmodel

De belasting die optreedt als gevolg van een botsing, is o.a. afhankelijk van de massa en de snelheid van het voertuig, de mate waarin het voertuig en de constructie kunnen vervormen, alsmede de afstand tussen de weg (waar de macht over het stuur verloren wordt) en de constructie. De invloed van massa en snelheid kan worden vastgelegd in één parameter, n.l. de kinetische energie E van het voertuig:

$$E = 0,5 m V^2$$



Figuur 5.1 Invloed van de remweg op de hoeveelheid kinetische energie

Bij constante remvertraging is de energie E recht evenredig met de afgelegde weg (zie figuur 5.1). Hiermee is een eenvoudig model verkregen waarmee de invloed kan worden bepaald van de afstand S_c tussen weg en constructie, op de hoeveelheid energie E_c van het voertuig op het moment van de botsing. Als nu ook nog het verband tussen kinetische energie E en de botskracht F kan worden bepaald, dan is het model compleet. Dan kan afhankelijk van het soort voertuig (massa, remvertraging), de snelheid en de plaats van de constructie ten opzichte van de weg, de grootte van de botskracht worden bepaald. Deze aanpak is overgenomen uit het NKB rapport [7].

5.2 Botskracht

Voor het bepalen van de grootte van de botskracht worden in de literatuur verschillende methoden genoemd, die allen gemeen hebben dat er eigenlijk niet voldoende "harde" gegevens beschikbaar zijn.

5.2.1 Versnelling

De botskracht wordt berekend uit:

$$F = m \cdot a$$

Uit proeven van IW-TNO [37] blijkt dat de botsvertraging van een gemiddelde personenauto (850 kg) bij een aanvangssnelheid van 50 km/u gelijk is aan $a \approx 250 \text{ m/sec}^2$. Voor lagere snelheden gelden lagere vertragingen. Voor vrachtauto's, die stijver zijn, gelden hogere vertragingen. Op grond van het bovenstaande kan berekend worden:
 $V_0 = 13,9 \text{ m/sec}$, $m = 850 \text{ kg}$, $E_0 = 82 \text{ kNm}$, $F = 213 \text{ kN}$

5.2.2 Energie

Volgens BS CP3 [38] moet de botskracht berekend worden uit:

$$F = 0,5 m V^2 / (\delta_a + \delta_c)$$

waarin:

δ_a is de vervorming van het voertuig, indien geen betere gegevens beschikbaar zijn, moet voor $\delta_a = 100 \text{ mm}$ worden aangehouden

δ_c is de vervorming van de constructie

Deze methode wordt in [38] toegepast voor parkeergarages. Bij een snelheid van 10 mijl/u ($= 4,47 \text{ m/s}$) wordt voor voertuigen van 1500 kg een botskracht van $F = 150 \text{ kN}$ aangehouden.

$$V_0 = 4,47 \text{ m/s}, m = 1500 \text{ kg}, E_0 = 15 \text{ kNm}, F_0 = 150 \text{ kN}$$

5.2.3 Veer

In de Deense norm DS 409 [9] wordt de botskracht berekend met een éénmassa veersysteem:

$$F = c \cdot \delta_a$$

waarin:

c is een veersconstante

δ_a is de indrukking van het voertuig

De energie in het voertuig wordt overgedragen op de veer:

$$0,5 m V_0^2 = 0,5 F_0 \delta_a \quad \text{ofwel:}$$

$$F_0 = V_0 \sqrt{c \cdot m}$$

De Deense norm gaat uit van een voertuig bestaande uit twee delen:

$m_1 = 400$ kg, $m_2 = 12000$ kg met $c_1 = 10.000$ kN/m en $c_2 = 300$ kN/m. Omdat het product $c \cdot m$ in beide gevallen ongeveer gelijk is, is ook de botskracht F_0 in beide gevallen bijna gelijk ($F_1 = 630$ kN en $F_2 = 600$ kN).

In het NKB rapport wordt voor een aantal snelheden de botskracht gegeven. Welk model er gebruikt is om de relatie tussen massa, snelheid en botskracht te bepalen, is niet vermeld. Het meest waarschijnlijke is de "veer", omdat in alle gevallen dezelfde veerconstante kan worden bepaald; namelijk $c = 280$ kN/m. In tabel 5.1 zijnde uitkomsten van het veermodel met $c = 280$ kN/m, vergeleken met de botskrachtwaarden die in de verschillende literatuurbronnen zijn vermeld.

Uit de onderstaande tabel volgt dat de overeenkomst tussen de botskracht die berekend is met het veermodel en de in de diverse voorschriften opgenomen botsbelastingen, alleszins redelijk is. Hoewel het veermodel afwijkt van wat er in werkelijkheid gebeurt bij botsingen, kan toch op betrekkelijk eenvoudige wijze een schatting worden gemaakt van botskrachten.

Tabel 5.1 Botskrachten door voertuigen berekend volgens

$$F_0 = V_0 \sqrt{m \cdot 280 \cdot 10^3} \text{ [N]}$$

bron	m [kg]	V_0 [m/s]	F_0 [kN]	F_{bron} [kN]
NKB [7]	27.000	16,67	1449	1500
NKB [7]	27.000	4,71	410	400
NKB [7]	27.000	1,72	150	150
TNO-IW [37]	850	13,9	214	213
BSI [38]	1.500	4,47	92	150
DS 409 [9]	12.000	10,0	589	630

Met behulp van het veermodel kan de relatie tussen kinetische energie E en de botskracht F eenvoudig worden bepaald:

$$F = F_0 \sqrt{E/E_0}$$

Via de lineaire betrekking tussen remweg S_0 en kinetische energie E_0 (zie figuur 5.1), kan de botskracht F worden bepaald die een constructie moet kunnen opnemen die op afstand van S meter van de weg staat. Het rekenmodel is daarmee compleet.

5.2.4 Invloed vangrail

Een vangrail of ander soortige beschermingsconstructie kan de botskracht in grote mate of zelfs geheel reduceren. In het boven beschreven rekenmodel, kan de invloed van een vangrail in principe vrij eenvoudig worden meegenomen. (zie figuur 5.2) De hoeveelheid energie die het voertuig had op het moment van de botsing met de vangrail, wordt verminderd met:

- de hoeveelheid energie die de vangrail kan opnemen ΔE_v
- de in het voertuig door vervorming opgenomen energie ΔE_a

De in de vangrail gedissipeerde energie ΔE_v kan met behulp van plasticiteitsleer worden geschat, of is bij de fabrikant bekend.

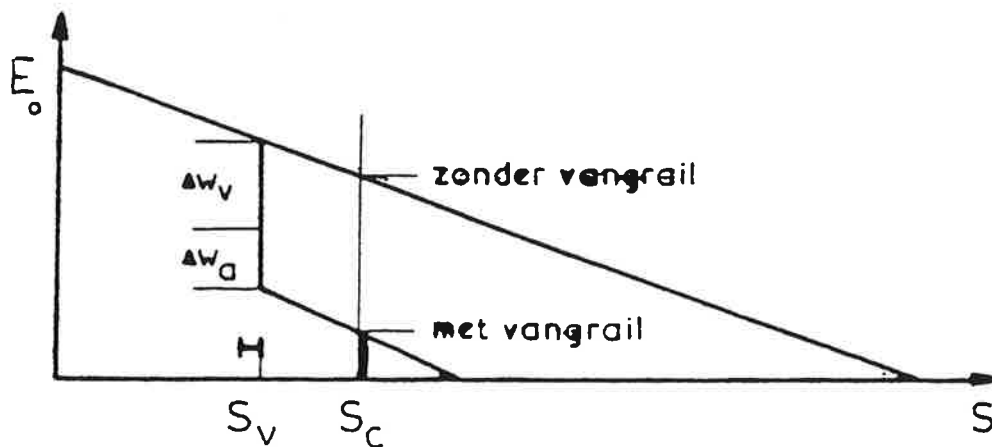
De in het voertuig opgenomen hoeveelheid energie kan met het veermodel worden bepaald:

$$\Delta E_a = 0,5 F_v^2 / c$$

waarin:

F_v is de bezwijkkracht van de vangrail

c is de veerconstante van een voertuig; $c = 280 \cdot 10^3 \text{ kN/m}$



figuur 5.2 Invloed van een vangrail op de kinetische energie in een voertuig voordat botsing met een constructiedeel plaatsvindt

5.3 Massa's snelheden en remwegen

5.3.1 Massa van voertuigen

De massa van de gemiddelde personenauto bedraagt in Europa ca. 850 kg. Het maximum wordt geschat op 2000 à 2500 kg.

Voor vrachtauto's zijn weinig gegevens beschikbaar. Voor het berekenen van de botskracht zijn twee "standaard" auto's gekozen:

- personenauto $m = 1500 \text{ kg}$
- vrachtauto $m = 27000 \text{ kg}$

5.3.2 Snelheid

De snelheid van voertuigen is enerzijds afhankelijk van de plaatselijke situatie, zoals breedte van de weg, bomen, geparkeerde auto's etc. en anderzijds afhankelijk van de wettelijk toegestane maximum snelheid. Besloten is de in tabel 5.2 opgenomen snelheden te hanteren voor de berekening van de botskracht.

Tabel 5.2 Snelheid V_0 in km/u op verschillende wegen en terreinen

Wegsoort	Vrachtwagen	Personenauto
Snelweg	90 (25 m/s)	130 (36,1 m/s)
Bebouwde kom	55 (15,3)	60 (16,7)
Binnenplaatsen	15 (4,2)	18 (5,0)
Parkeergarage	10 (2,8)	15 (4,2)

5.3.3 Remweg

Als een constructie op enige afstand van de rijbaan is gelegen, dan kan de snelheid al behoorlijk zijn teruggebracht voordat een botsing plaatsvindt. Voor de berekening van de lengte van de remweg S_0 wordt uitgegaan van een reactietijd van 0,5 sec en de wettelijk vereiste minimale remvertraging:

- vrachtauto's $a = 4 \text{ m/sec}^2$
- personen auto's $a = 5,2 \text{ m/sec}^2$

De benodigde afstanden om de voertuigen tot stilstand te brengen bij aanvangssnelheden zoals vermeld in tabel 5.2 zijn opgenomen in tabel 5.3.

Tabel 5.3 Remweg S_0 in meters op verschillende wegen en terreinen

Wegsoort	Vrachtwagen	Personenauto
Snelweg	91 m	143 m
Bebouwde kom	37	35
Binnenplaatsen	4,3	5
Parkeergarages	2,5	4

5.3.4 Botskrachten

De botskrachten F_0 en de kinetische energie E_0 kunnen met het veermodel worden bepaald, met $c = 280 \cdot 10^3$ kN/m. De resultaten zijn opgenomen in tabel 5.4.

Tabel 5.4 Botskracht F_0 en energie E_0 op verschillende wegen en terreinen

Wegsoort	Botskracht F_0 in kN		Energie E_0 in kNm	
	Vracht wagen	Personen auto	Vracht wagen	Personen auto
Snelweg	2174	740	8438	977
Bebouwde kom	1330	342	3160	209
Binnenplaatsen	365	102	238	19
Parkeergarages	243	86	106	13

5.4 In rekening te brengen botskrachten

Uitgaande van de aanpak zoals voorgesteld in 5.1, het veermodel volgens 5.2 en de gegevens omtrent massa's, snelheden en remwegen en botskrachten volgens 5.3, dan kan de samenvattende tabel 5.5 worden opgesteld.

Tabel 5.5 Overzicht uitgangspunten voor botskrachten

Wegsoort	voertuig P/V	snelheid V_0 [km/h]	energie E_0 [kNm]	remweg S_0 [m]	botskracht F_0 [kN]
Snelweg	V	90	8400	90	2200
Bebouwde kom	V	55	3200	40	1300
Binnenplaatsen					
- alleen personenauto's	P	18	19	5	100
- ook vrachtauto's	V	15	250	5	350
parkeergarage voor personenauto's	P	15	13	4	90

6. STOOTBELASTINGEN OP DAKEN

De stootbelasting op daken is ingegeven door de gedachte dat het niet mogelijk moet zijn om ten gevolge van eventueel uitglijden op het dak, door het dak te zakken. De energie in de stootbelasting die ontstaat bij een val is afhankelijk van het gewicht van de betreffende persoon en de valhoogte. Het effect van de stootbelasting is o.a. afhankelijk van de dakhelling, de stijfheid van het dak, de demping en de eigenfrequentie en de vervormingscapaciteit van het dak.

6.1 Zandzakvalproef

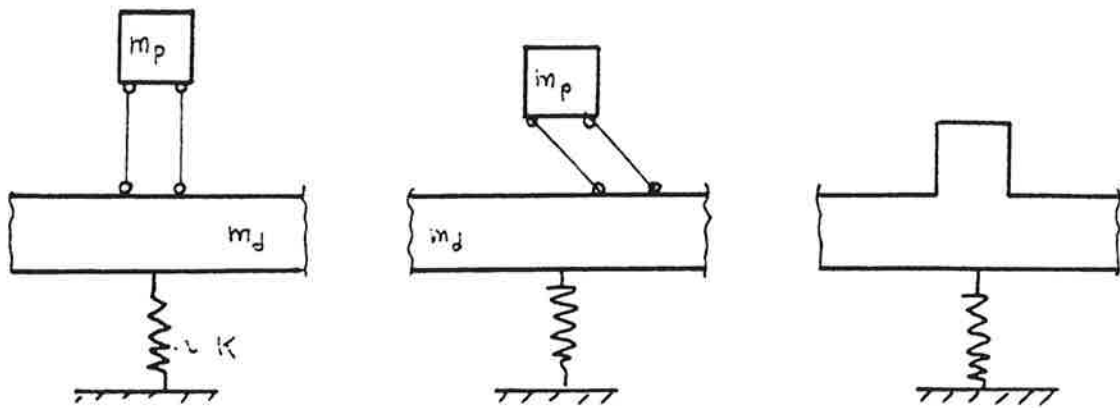
Door KOMO [39] is een zandzak valproef ontwikkeld voor dakplaten. Besloten is de uitgangspunten zoveel mogelijk over te nemen doch de proef te laten gelden voor daken inclusief gunstige invloed van de dakhuid. De uitgangspunten zijn dan:

- het dak mag onder de stootbelasting niet bezwijken
- de stootbelasting werkt vertikaal, op een willekeurige plaats
- uitgegaan wordt van een vallende massa van 70 kg bij een effectieve valhoogte van 0,5 m; de kinetische energie in de stootbelasting is gelijk aan $E = 0,35 \text{ kNm}$
- de stootbelasting grijpt aan op een cirkelvormig oppervlak met een diameter van 0,2 m.

6.2 Omrekening van stootbelasting naar statische belasting

Uiteraard zou de eis dat een dak een stootbelasting moet kunnen weerstaan ook getoetst kunnen worden met een berekening. Het berekeningsresultaat zal in het algemeen echter minder gunstig uitpakken dan een proef omdat bij een proef niet alle energie op het dak wordt overgebracht, maar een deel gedissipeerd wordt in de zandzak.

In de onderstaande afleiding wordt het dak geschematiseerd als een éénmassa veersysteem. Er is vanuit gegaan dat de vallende persoon zich al op het dak bevindt.



Figuur 6.1 Schematisering van dak tot een éénmassa veersysteem

De energie vergelijking luidt:

$$E + (m_p + m_d) \cdot g \cdot (x - x_0) = \frac{1}{2} k x^2 - \frac{1}{2} k x_0^2$$

waarin:

E is hoeveelheid energie in de stootbelasting $E = 0,35 \text{ kNm}$

m_p is de massa van de vallende persoon $m_p = 70 \text{ kg}$

m_d is de massa van het dak

g is de versnelling van de zwaartekracht

x is de indrukking van de veer na de val

x_0 is de indrukking van de veer voor de val

k is de veerstijfheid

Tevens gelden de volgende betrekkingen:

$$F = k \cdot x$$

$$F_0 = k \cdot x_0$$

$$F_0 = (m_p + m_d) \cdot g$$

$$k = g \cdot m_p / \delta_p$$

waarin:

F is de kracht die op de veer wordt uitgeoefend na de val

F_0 is de kracht die op de veer wordt uitgeoefend voor de val

δ_p is de doorbuiging van het dak tengevolge van het gewicht van de vallende persoon

Substitutie levert het statisch equivalent F_s van de stootbelasting:

$$F_s = F - F_0 = \sqrt{2Ek} = \sqrt{2.E.m_p.g} / \delta_p$$

In de berekening moet dan het dak gelijktijdig belast worden met het gewicht van de vallende persoon $m_p.g$

Substitutie van de waarden genoemd in 6.1 levert:

$$F_s = \sqrt{2 \times 350 \times 70 \times 9,8} / \delta_p = \sqrt{480000} / \delta_p \text{ N}^2\text{m}$$

Als δ_p wordt uitgedrukt in mm's en F_s in kN dan volgt:

$$F_s = \sqrt{480} / \delta_p$$

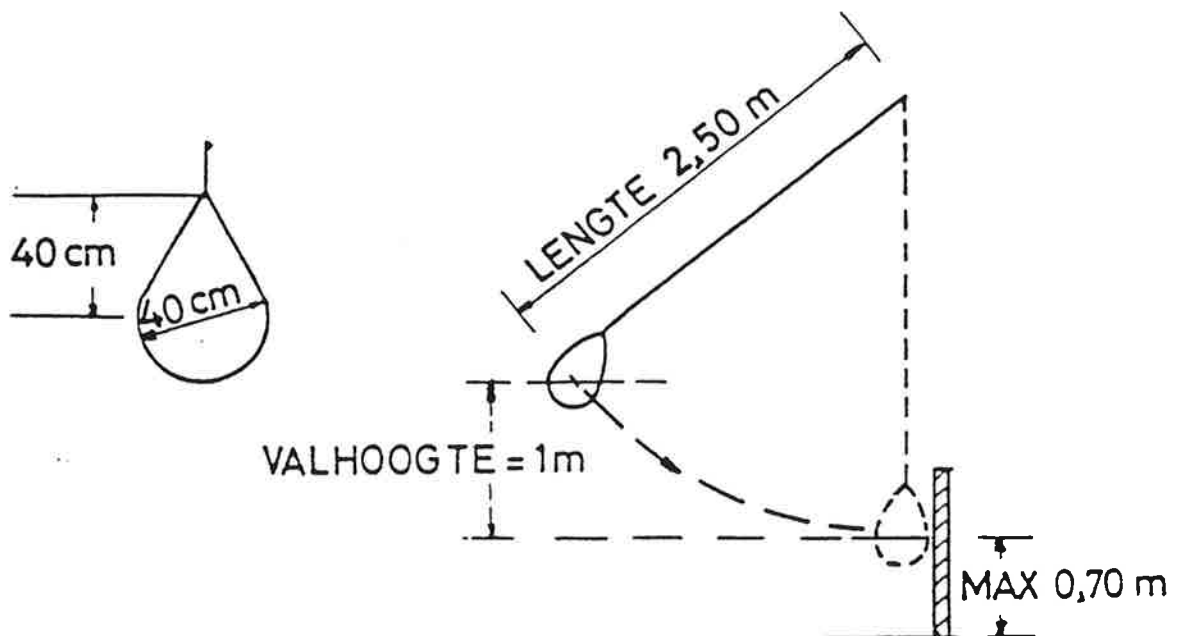
7. STOOTBELASTINGEN OP BALUSTRADEN

7.1 Stootbelastingen

In de richtlijn voor balustraden [19] zijn een tweetal stootbelastingen voorgeschreven:

- een stootbelasting van 0,5 kNm; bedoeld om een balustrade bestand te laten zijn tegen een val van een persoon en
- een stootbelasting van 0,005 kNm; bedoeld om balustraden bestand te laten zijn tegen harde voorwerpen.

In de richtlijn is voorgeschreven hoe getoetst moet worden of balustraden bestand zijn tegen stootbelastingen. Namelijk door middel van een zandzakslingerproef (zie figuur 7.1) en een kogelslingerproef.



Figuur 7.1 Zandzakslingerproef

7.2 Zandzakslingerproef

Met de zandzakslingerproef wordt de stootbelasting van 0,5 kNm getoetst. De belangrijkste gegevens zijn: zandzak van 50 kg met doorsnede van 400 mm, slingerlengte 2,5 m, valhoogte 1 m. De zandzak raakt de balustrade op maximaal 0,7 m hoogte gemeten vanaf het betreedbare oppervlak.

7.2.1 Uitgangspunten voor berekening

Het bestand zijn tegen een stootbelasting kan ook aangetoond worden door middel van een berekening. De stootbelasting wordt dan vervangen door een statisch equivalente belasting. Aangenomen wordt dat alle energie uit de zandzak op de balustrade wordt overgedragen. In werkelijkheid vervormt de zandzak, waardoor een deel van de energie niet op de constructie wordt overgedragen. De wijze waarop de zandzak vervormt en de mate waarin energie wordt gedissipeerd, zal ook afhangen van de vorm van het constructie onderdeel. Het zal waarschijnlijk wel verschil uitmaken of de zandzak tegen een staander of tegen een vulpaneel botst. Het is niet bekend in welke mate energie wordt gedissipeerd in de zandzak. Dit betekent dat de hierna volgende rekenregels conservatief zijn.

7.2.2 Elastische berekening

Stel de stijfheid van de balustrade in horizontale richting, gemeten ter hoogte van het punt waar de zandzak de balustrade treft gelijk aan k :

$$k = F / \delta \quad [N/m]$$

De constructie vervormt lineair elastisch, zodat als energievergelijking geldt:

$$E = 0,5 m V^2 = 0,5 F_s \delta_s = 0,5 F_s^2 / k \text{ ofwel}$$

$$F_s = \sqrt{k \cdot 2 E}$$

Substitutie van de boven vermelde waarde voor E levert:

$F_s = \sqrt{k \cdot 1000}$ als de stijfheid wordt berekend bij een horizontale belasting van 1000 N dan volgt:

$$F_s = \sqrt{10^6 / \delta} \text{ [N]}, \text{ met } \delta \text{ in [m]}$$

Voor de doorbuiging δ uitgedrukt in mm's en de stootbelasting in kN volgt:

$$F_s = \sqrt{10^3 / \delta} \text{ [kN]}$$

7.2.3 Plastische berekening

Bij het optreden van bijzondere belastingen mag de constructie beschadigd raken en blijvend vervormen, maar niet bezwijken. De berekening mag dan ook gebaseerd worden op de plasticiteitsleer.

Voor de energievergelijking geldt:

$$E = m_p \cdot \phi = 0,5 \text{ kNm}$$

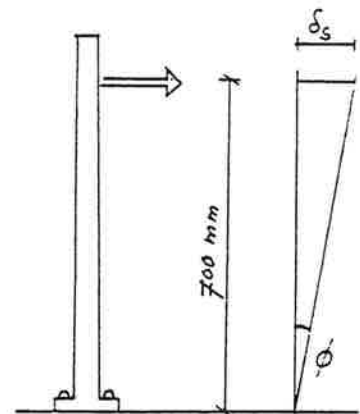
waarin:

m_p is het plastisch moment van de balustrade ter plaatse van de inklemming in de vloer

ϕ is de optredende hoekverdraaiing $\phi = \delta_s / 700$

Substitutie levert:

$$\delta_s = 0,5 \cdot 700 / m_p = 350 / m_p \text{ [mm]}$$



7.3 Kogelsslingerproef

Met de kogelsslingerproef wordt de stootbelasting van 0,005 kNm getoetst. De belangrijkste gegevens zijn: stalen kogel van 1 kg met diameter van 62,5 mm, slingerlengte 1,5 m, valhoogte 0,5 m. De stoot wordt toegebracht op dat gedeelte dat naar verwachting de minste weerstand biedt. Deze laatste proef is echter niet in een belastingeis volgens NEN 6702 verwerkt, omdat het niet zozeer een constructieve eis is, maar een toets om na te gaan hoe of het incasseringsvermogen van de balustrade voldoende is.

8. GRONDWATER

Tijdens de referentieperiode kunnen uitzonderlijke grondwaterstanden optreden. Bijvoorbeeld door bronbemaling van een naastgelegen bouwput. Plaatselijk kan de grondwaterstand dan dalen tot bijvoorbeeld onder het niveau van de onderkant van een kelder. Alvorens tot bronbemaling over te gaan dient te worden nagegaan wat de mogelijke consequenties kunnen zijn.

Na een periode van droogte kan enige ruimte ontstaan tussen bijvoorbeeld een keermuur en de achterliggende grond. Denkbaar is dat door forse regenval deze ruimte tot maaiveld gevuld raakt.

9. AARDBEVINGEN

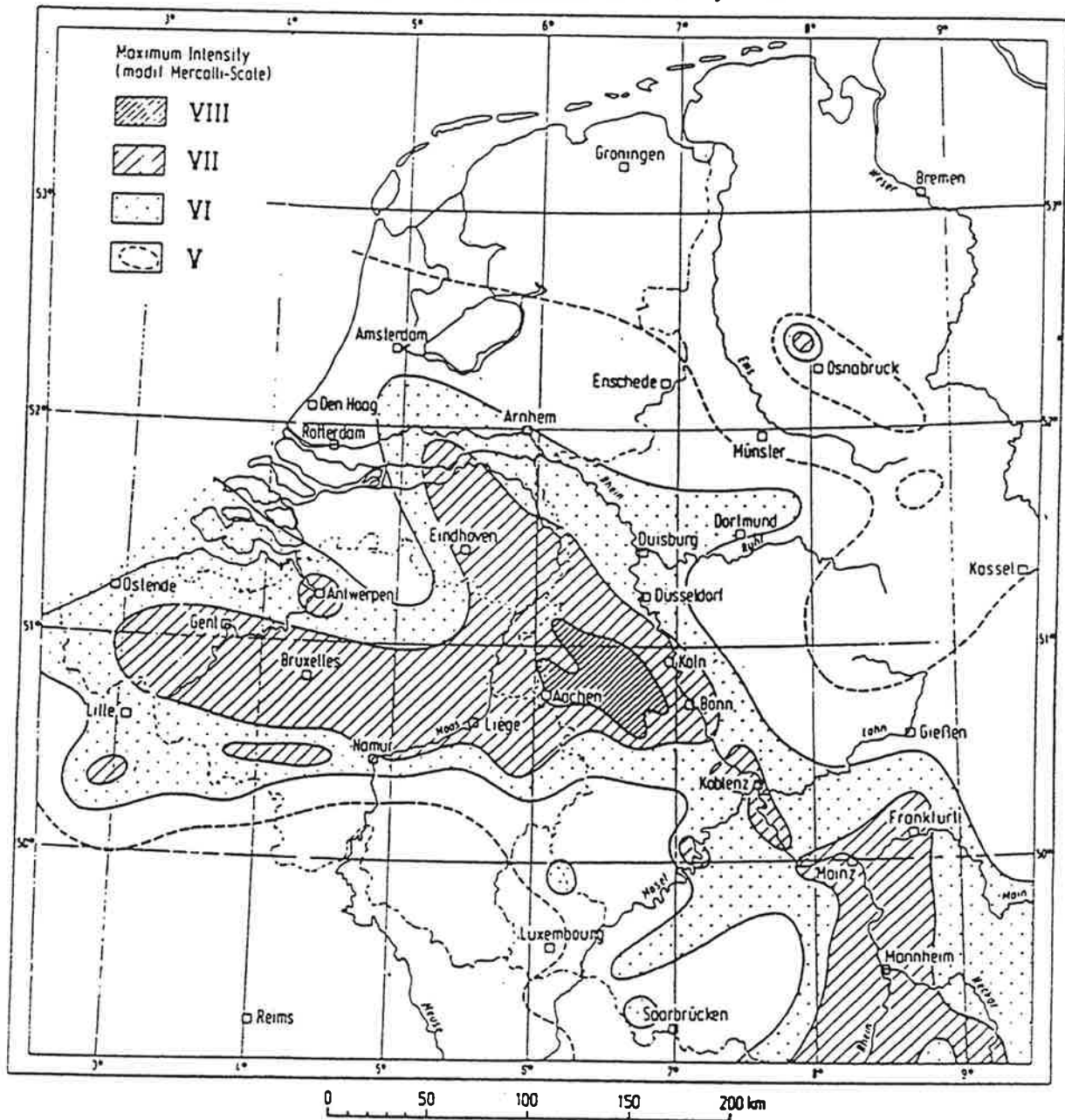
In Nederland komen aardbevingen maar zelden voor. De sterkte van de bevingen is in het algemeen laag in vergelijking met bekende aardbevingsgebieden. Voor specifieke constructies waarvan bezwijken tot rampzalige gevolgen kan leiden, is het gewenst na te gaan of de constructie bestand is tegen de aardbevingen die Nederland kunnen voorkomen. Gedacht wordt hierbij aan grote opslagtanks voor giftige stoffen en vloeibaar gemaakte gassen.

Door het KNMI is onderzoek verricht naar de gebieden in Nederland waar aardbevingen kunnen voorkomen en naar de bevingsterkte die verwacht mag worden. Deze resultaten zijn in beeld gebracht op de kaart van figuur 9.1, welke is ontleend aan KNMI publicatie nr 153 [20].

Om de intensiteit van aardbevingen uit te drukken gebruikt men vaak de schaal van Mercalli. De intensiteiten die in de aardbevingsgevoelige gebieden van figuur 9.1 zijn vermeld, zijn uitgedrukt in eenheden van de schaal van Mercalli. De bij deze schaal horende verschijnselen zijn toegelicht in tabel 9.2

SEISMIC ZONING MAP OF NORTHWEST-GERMANY, BELGIUM, LUXEMBOURG AND THE NETHERLANDS

Compiled by LAhorner, J.H.van Gils, J.Flick, A.R.Ritsema and G.Houtgast 1975.



Figuur 9.1 Aardbevingsgevoelige gebieden in Nederland en de omliggende gebieden (figuur ontleend aan [20])

Tabel 9.2 Optredende horizontale versnellingen en de daarmee gepaard gaande verschijnselen tijdens aardbevingen van verschillende intensiteiten

Inten- siteit	verschijnselen	Versnel- ling m/s ²
XII	buitengewoon katastrofaal; algemene verwoesting; scheuren in rotsen; verandering in landschap; talloze aardverschuivingen.	40
XI	katastrofaal; algemene verwoesting van gebouwen; rails worden verbogen; ondergrondse leidingen vernield.	20
X	vernietigend; verwoesting van vele gebouwen; grondverplaatsingen en scheuren in de aarde; schade aan dammen en dijken.	10
IX	verwoestend; vele gebouwen zwaar beschadigd; schade aan funderingen; ondergrondse pijpleidingen breken	5
VIII	vernielend; paniek; algemene schade aan gebouwen; zwakke bouwwerken gedeeltelijk vernield.	2
VII	zeer sterk; schade aan vele gebouwen; schoorstenen breken af; golven in vijvers; kerkklokken geven geluid.	1
VI	sterk; schrikreacties; voorwerpen in huis vallen om; bomen bewegen; weinig solide huizen worden beschadigd.	0.5
V	vrij sterk; algemeen gevoeld; opgehangen voorwerpen slingeren.	0.2
IV	matig; door velen gevoeld; trilling als van zwaar verkeer; rammelen van ramen en deuren.	0.1
III	licht; door enkele personen gevoeld; trilling als van voorbijgaand verkeer.	0.05
II	zeer licht; slechts onder gunstige omstandigheden gevoeld	0.02
I	alleen door seismografen geregistreerd.	0.01

LITERATUUR

1. Vrouwenvelder A.
Statistische gegevens ten behoeve van het project veiligheid van
bouwconstructies"
IBBC-TNO rapport BI-84-4, Rijswijk
2. Joint Committee on Structural Safety
Basic Notes on Actions
Lissabon, October 1976
3. Ellingwood, B. Galambos, Th., MacGregor, J., Cornell, A.
Development of a probability based Load Criterion for American
National Standard A58.
Building Code Requirements for Minimum Design Loads in Buildings and
Other Structures
NBS Special Publication 557, June 1980
4. Sentler L.
A live load survey in domestic houses
Report 47 Division of Building Technology
Lund Institute of Technology
Lund, Sweden, 1974
5. Sentler L.
A stochastic model for live loads on floors in buildings
Report 60 Division of Building Technology
Lund Institute of Technology
Lund, Sweden, 1975
6. Technische Grondslagen voor de Berekening van bouwconstructies - TGB
1972 Algemeen gedeelte en belastingen
NEN 3850, NNI, Delft

7. Recommendation for loading - and safety regulations for structural design
NKB-Report no. 36, November 1978
8. Loads due to use and occupancy in residential and public buildings
ISO/DIS 2103.5, april 1981
9. The safety of structures
Dansk Standard DS 409, june 1983
10. Gebruiksbelastingen van gebouwen
Belgische norm NBN B 03-103, december 1976
11. Minimum design loads for buildings and other structures
American National Standart ANSI A58.1-1982, maart 1982
12. Common unified rules for different types of construction and material
CEB-FIP model code for concrete structures, 1978
13. Dayeh R.J.
A review of dead and live loads
Background for a new Australian Standard 1170, Part 1
Technical Record 479, june 1982
14. Peir J.C.
A stochastic live load model for buildings
Research Report R 71-35
MIT Department of civil engineering, september 1971
15. Sentler L.
A live load survey in office buildings and hotels
Report 56, Division of Building Technology, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden, 1974

16. Mitchell G.R., R.W. Woodgate
A survey of floor loadings in office buildings
CIRIA report 25, London, 1970
17. Sentler L.
Live load surveys - A review with discussions
Report 78, Division of Building Technology, Lund Institute of
Technology, Lund, Sweden, 1976
18. Paloheimo, E. and M. Ollila
Researches in the live load of persons
Ministry of Domestic Affairs, Finland, 1973
19. Richtlijnen voor balustraden
SBR rapport B 40-1, Rotterdam 1983
20. Proceedings of the ESC symposium on earthquake risk for nuclear
power plants
KNMI publicatie nr 153,
21. Parkeergarages
NPR 2443, NNI, Delft, april 1978
22. SIA 160 2e concept
Lasten und Einwirkungen fuer Tragwerke
Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein
Zurich, Zwitserland, 15 november 1983
23. DIN 1055 Blatt 3
Lastannahmen für Bauten - Verkehrslasten
Juni 1971
24. CUR-SG rapport 2
Vervormingseisen voor bouwconstructies
Delft, september 1975

-
- 25 Tuan Y. B.
Loads due to human movements on assembly structures
University of Wisconsin-Madison, Ph.D. 1983
- 26 Mitchell G.R., Woodgate R.W.
Floor loading in retail premises - the results of a survey
Building Research Station, Current paper 24/71
- 27 Heimplaetzer P.V., J.H.M.M. Musson, L.H.J. Goossens, R. Clement
Veiligheid van trappen in en bij woningen
TU-Delft, Vakgroep Veiligheidskunde, November 1987
- 28 DIN 1055, Teil 6
Lasten in Zilo-cellen
Mei, 1987
- 29 Tomà A.W.
Het beoordelen van vlakke daken op wateraccumulatie
Staalbouwkundig Genootschap, Rotterdam
- 30 ISO Standard
Permanent Actions
Draft, Oct. 1981
- 31 Beveiliging van gebouwen ter voorkoming van het optreden van
calamiteiten
SBR rapport nr 60, Rotterdam, 1978
- 32 Basis for design of Structures - determination of snowloads on roofs
ISO 4355, 1981
- 33 Bekker en Stroband bv
Flexibele woningindeling
Studie uitgevoerd in opdracht van MVRM, februari 1987

-
- 34 Buishand T.
Het sneeuwdek in Nederland
KNMI publicatie WR 86-6, de Bilt, 1986
- 35 Handleiding voor de keuze van voegkitten
SBR rapprt nr. 67, Kluwer Technische Boeken bv, 1979
- 36 ISO
Temperature Climatic Actions
juli, 1984.
- 37 den Hollander
Mondeling overleg
TNO-IW, september 1983
- 38 BS CP3
Chap. V: Part 1, Dead and imposed loads
BSI, London, september 1972
- 39 Dragosavić M.
Constructieve maatregelen tegen aardgas explosies in hoge
woongebouwen
SBR rapport nr. 39, Kluwer Technische Boeken bv
- 40 Constructieve aspecten van tafelfundamenten voor roterende machines.
CUR rapport nr. 35
- 41 Richtlijnen voor ontwerp en berekening van machinefundamenten.
CUR rapport nr. 61, december 1973