

## ALGEMEEN

Opdrachtgevers, aannemers, architecten en constructeurs moeten duidelijke afspraken maken over afmetingen en maattoleranties van het eindproduct (woning) en de deelproducten. In de norm NEN 2886 worden maximaal toelaatbare maatafwijkingen voor gebouwen geformuleerd. De norm geeft onder andere de maximaal toelaatbare maatafwijkingen voor ruimtematen. Hieronder wordt verstaan: de afstanden tussen wanden, de vrije hoogten tussen vloeren en de diepte van de woning. Aan de samenstellende onderdelen worden afgeleide maattoleranties gesteld, alsmede aan de montage.

Bij toepassing van prefab bouwproducten wordt voor wat betreft de maatvoering onderscheid gemaakt tussen de volgende deelprocessen:

- het uitzetten van meetpunten en meetlijnen op de bouwplaats;
- de fabricage van bouwproducten;
- het stellen op de bouwplaats (montage en/of assemblage).

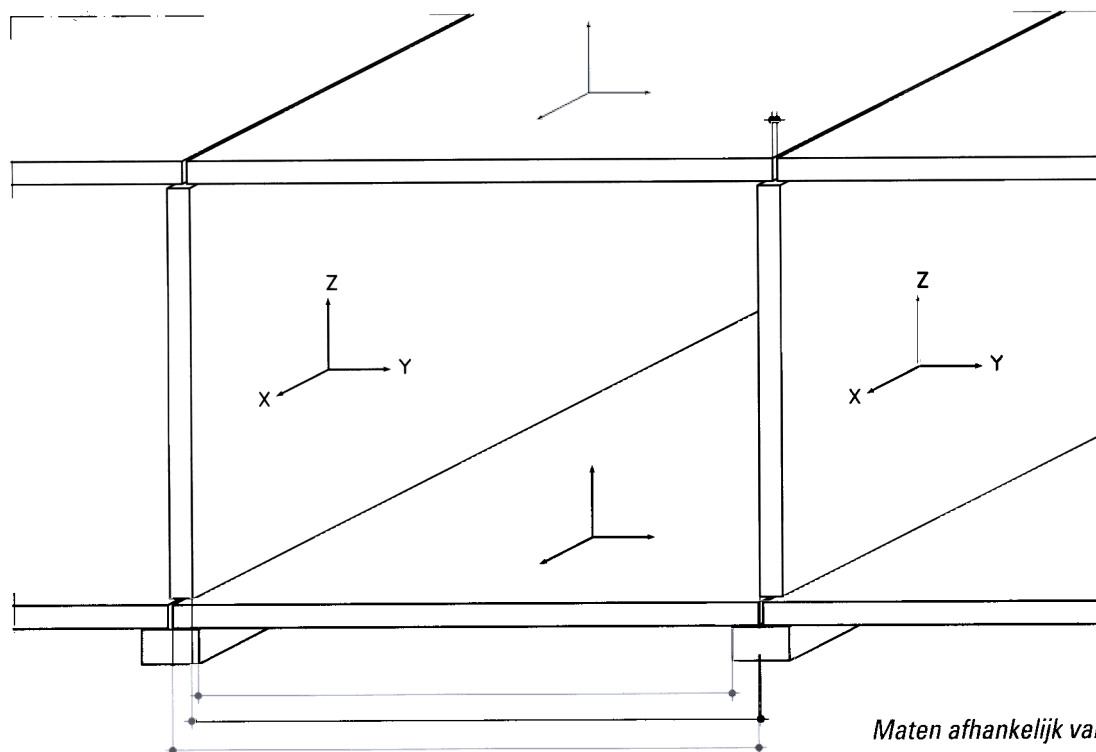
**Minder kosten door beheersing van maatafwijkingen**

Door voldoende rekening te houden met de diverse deelprocessen kunnen veel extra kosten worden vermeden.

Dit kan gebeuren door:

- het werken met meetinstrumenten waarvan de schalen en de nauwkeurigheden niet verschillen;
- de keuze van het meetgereedschap en de meetmethode verdienen dus de nodige aandacht;
- het goed instrueren van de mensen die de metingen uitvoeren kan problemen voorkomen (zie hiervoor NEN 3682 Maatcontrole in de bouw, algemene regels en aanwijzingen);
- het werken met goed gereedschap en werktuigen die afgestemd zijn op de plaatsing en montage van zware betonelementen of andere onderdelen in het werk;
- betere werk- en meetmethoden voor bepaalde 'maatgevoelige' bewerkingen;
- het bepalen van de juiste volgorde van 'maatgevoelige' bewerkingen tijdens het assembleren;
- het samen met de architect vaststellen van details waarin rekening is gehouden met zowel fabricage-, uitzet-, als steltoleranties;
- goed voorbereid te zijn op eventuele moeilijke en wisselende weersomstandigheden op de bouwplaats;
- het afstemmen van het type van de bekisting op de vereiste nauwkeurigheid;
- ervoor te zorgen dat bij (tussen)opslag op de bouwplaats geen beschadigingen of vervormingen van de elementen kunnen optreden.

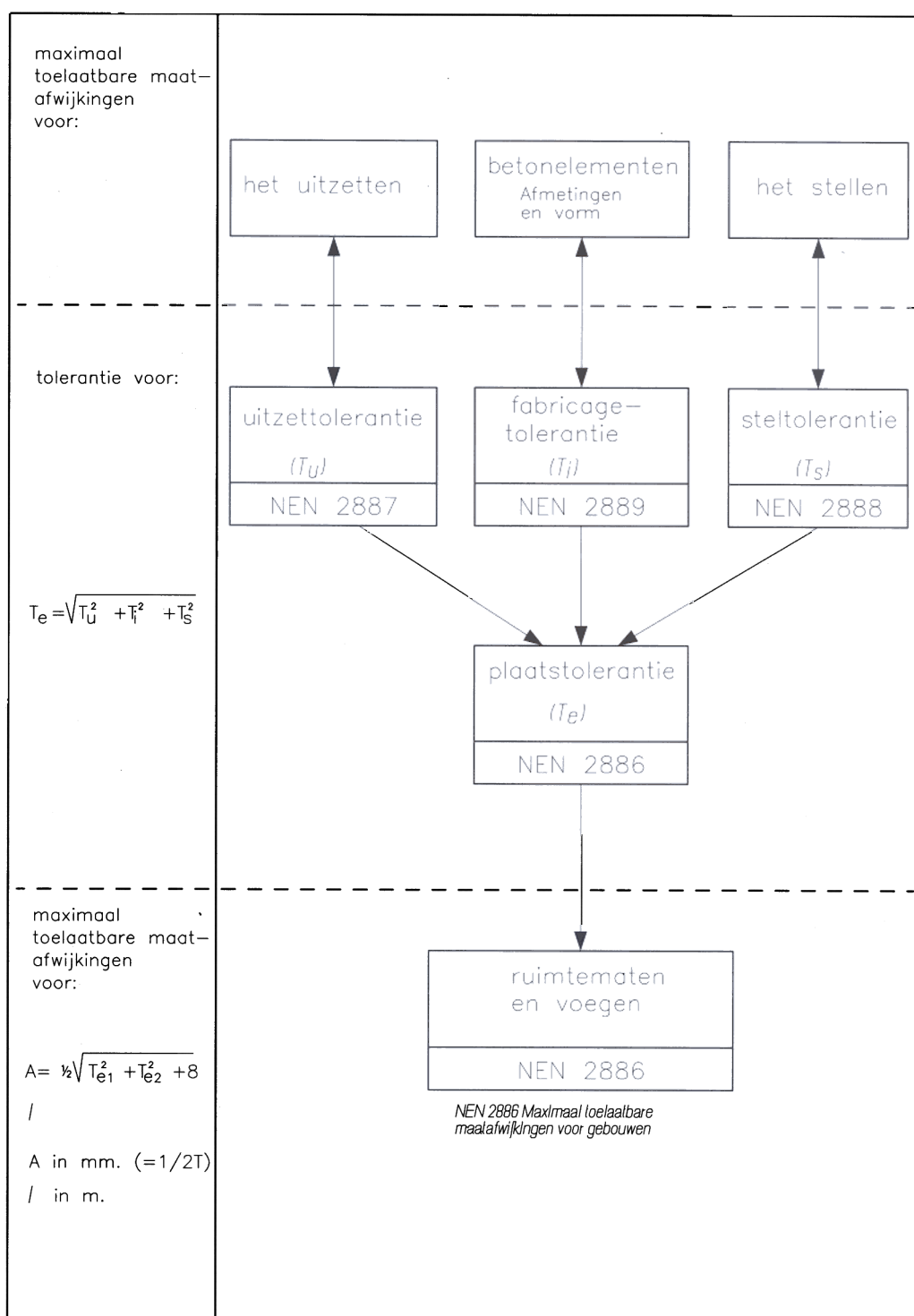
Ervaring heeft geleerd dat onvoorziene maatafwijkingen vaak leiden tot (veel) extra werk (reparaties), waarmee uiteraard kosten zijn gemoeid. Het is van belang dat binnen elk van de genoemde processen gestreefd wordt naar een optimale maatbeheersing binnen de technische en economische mogelijkheden.



Maten afhankelijk van toleranties

## DRIE DISCIPLINES

In het werk moet dus rekening worden gehouden met maatafwijkingen die kunnen ontstaan bij: het uitzetten, het fabriceren van de (beton)producten en bij het monteren. De afwijkingen in de maatvoering is de resultante van de drie genoemde disciplines. Voor een samenhang van toleranties en maximaal toelaatbare maatafwijkingen zie onderstaande figuur.



Verhoging van de nauwkeurigheid bij het bouwen is alleen mogelijk indien bij alle drie disciplines "uitzetten, fabriceren en stellen" gestreefd wordt naar een (gelijke) vermindering van de optredende maatafwijkingen.

Voor elk van de genoemde disciplines zijn NEN-normen ontwikkeld:

- NEN 2887 : voor het 'uitzetten' op de bouwplaats;
- NEN 2888 : voor het 'stellen' op de bouwplaats;
- NEN 2889 : voor het 'fabriceren' van betonelementen.

In deze normen zijn de maximaal toelaatbare maatafwijkingen genoemd, die bij 'goed vakmanschap' kunnen ontstaan.

Er kunnen zich situaties voordoen waarin een zeer hoge mate van nauwkeurigheid is gewenst of noodzakelijk is. Deze nauwkeurigheid kan alleen worden bereikt als in de drie genoemde disciplines maatafwijkingen tot het minimum beperkt blijven. Blijkt bijvoorbeeld dat in één van de disciplines grote maatafwijkingen voorkomen, dan zullen deze de maatafwijkingen in de twee andere disciplines teniet doen. Het elementair verkleinen van (proces-)toleranties gaat doorgaans gepaard met aanzienlijke kostenverhogingen. Een zorgvuldige afweging van de kosten en de baten is hierbij op zijn plaats.

## TOLERANTIETABEL

Veel waarnemingsuitkomsten uit de natuur, maar ook uit tal van industriële processen, vertonen bij statistische verwerking het beeld van een zogenaamde 'normale verdeling', ook wel Gauss-kromme genoemd. Uit vele praktijkmetingen blijkt dat ook in het bouwproces en bij het produceren van betonelementen, de maatafwijkingen een dergelijke 'normale verdeling' laten zien. De tolerantietabellen, zoals weergegeven in de NEN-normen, zijn hierop gebaseerd (zie tabel op pagina 124).

De maximale toelaatbare maatafwijkingen (+ en -) in deze tabellen zijn gebaseerd op de 98 procent-grenzen van de normale verdeling.

In de dagelijkse praktijk worden de tabelwaarden gehanteerd als 100 procent waarden, dus als afkeurgrenzen. Overschrijding van de tolerantiegrenzen betekent in eerste instantie voorlopige afkeuring van het betreffende bouwproduct. Partijen zijn echter in principe wel verplicht om naar maatregelen te zoeken die erop gericht zijn om alsnog voor dat geval een aanvaardbare oplossing te vinden. In NEN 2889 staat hierover in de inleiding:

"De maatregelen die met het oog op eventuele overschrijding van de maximaal toelaatbare maatafwijkin-

gen zouden moeten worden genomen, dienen dan ook te zijn gericht op het alsnog verkrijgen van aansluitconstructies die aan de gestelde eisen voldoen".

Zoals reeds eerder vermeld geven de NEN-normen tolerantiegrenzen die algemeen geldend zijn en realiseerbaar bij goed vakmanschap.

Fabrikanten kunnen individueel of collectief kleinere tolerantiegrenzen opgeven dan in bedoelde norm. Voorbeelden van dit laatste zijn bijvoorbeeld te vinden in de Belton-publicaties 'Verbindingen in prefab' en 'Gevels in prefab'. Voor diverse producten zijn in Bijlage II de tolerantie-grenzen aangegeven.

### *Waarom statistische (98 procent)-grenzen ?*

De 98 procent-grenzen zijn nodig om met maatafwijkingen te kunnen rekenen. Als namelijk producten op een aselechte wijze bijeengebracht worden, is het van belang te weten hoe groot de optredende maatafwijkingen in de 'samengestelde' constructie zullen zijn (voegen tussen gevelelementen, werkelijke opleglengte in het werk etc.).

De totale maatafwijking wordt niet verkregen door de maximale maatafwijkingen van producten en handelingen eenvoudigweg bij elkaar op te tellen. Het kan alleen maar worden verkregen door het op statistische wijze optellen van toevallig verdeelde maatafwijkingen. Hiervoor is het noodzakelijk dat de maximale toelaatbare maatafwijkingen (terug)herleid worden tot standaardafwijkingen van de onderliggende 'normale verdelingen'. De voorwaarden hiervoor zijn dat:

- de verdelingen van de maatafwijkingen 'normaal verdeeld' zijn;
- het bijeenbrengen van producten/handelingen op toevallige wijze gebeurt;
- de maatafwijkingen van de drie disciplines onafhankelijk van elkaar zijn.

Als voldaan wordt aan deze voorwaarden kunnen de standaardafwijkingen kwadratisch worden opgeteld tot één 'totale' variant. Hieruit kan dan de 'totale' standaardafwijking worden berekend. Aan de hand hiervan kan de te verwachten optredende voegbreedte, opleglengte etc. worden vastgesteld. In Bijlage III van dit boek treft men hiervan een rekenvoorbeeld aan.

## Maximaal toelaatbare maatafwijkingen uit NEN 2889

product	grootte <sup>1)</sup>					vorm <sup>1)</sup>					voorzieningen <sup>2)</sup>	
	lengte <sup>3)</sup>	breedte	dikte	hoogte	diagonaal <sup>4)</sup>	kromte	buiging <sup>5)</sup>	scheluwte	haaksheid		eenling	groep
									kop-eind	oplegvlak		
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm/m	mm/m	mm	mm	mm	mm	
kolommen	-	7	7	11	-	1,4	-	5	10	6	11	5
balken:												
≤10 m NVS <sup>6)</sup>	11	-	7	11	-	1,4	1,4	8	10	6	11	5
≤10 m VS <sup>7)</sup>	17	-	7	11	-	2,0	2,8	10	14	6	14	5
>10 m VS <sup>7)</sup>	21	-	8	11	-	2,0	2,0	14	16	8	14	5
spantvormige elementen	11	7	7	11	-	1,4	2,0	10	10	6	11	5
vloerplaten NVS <sup>6)</sup>	28	12	12	-	28	2,0	1,6	8	20	-	50	-
vloerplaten VS <sup>7)</sup>	28	12	12	-	28	1,0	2,0	8	20	-	50	-
vloerplaten TT <sup>8)</sup>	21	7	7	7	21	2,0	2,8	10	20	6	28	5
wanden	11	-	7	8	11	1,4	-	8	10	-	11	5
gevelementen - binnenspouwbladen	7	-	5	7	9	2,0	-	8	10	-	11	5
trapelementen	14	11	11	-	-	2,0	-	8	10	-	11	5
balkoelementen	7	7	5	-	9	1,4	2,0	8	10	-	11	5

1) Zie illustraties in de bijlage C bij NEN 3682.

2) Bijvoorbeeld een opening c.q. sparing is eenling. Maatafwijkingen bij een voorzieningengroep zijn maatafwijkingen in de onderlinge posities van eenlingen binnen een groep.

3) Voor de lengte van balken als onderdelen van systeemvloeren gelden dezelfde maximaal toelaatbare maatafwijkingen als bij vloerplaten zijn vermeld.

4) Bedoeld worden alle diagonalen.

5) Buiging ten opzichte van berekende doorbuiging of opbuiging.

6) NVS: niet voorgespannen.

7) VS: voorgespannen.

8) Vloerplaten TT: dubbel T vloerplaten.

### Maatcontrole

Bij het verifiëren van de bereikte maatnauwkeurigheid dient NEN 3682 te worden toegepast.

#### Opmerking:

In NEN 3682 zijn de algemene regels voor de maatcontrole opgenomen, alsmede informatieve bijlagen met aanwijzingen voor:

- de plaats van meetpunten;
- de registratie van controlemetingen;
- de controle van meetgerei;
- meetmethoden;
- aanduidingen van afmetingen.