

Optimalisatie van ondersteuningsconstructies en breedplaatvloeren

Januari 2006

Dit informatieblad is bestemd voor klanten en relaties van de betonmortelindustrie, breedplaatleveranciers en ondersteuningsleveranciers en richt zich vooral op medewerkers van bouwbedrijven die zich bezig houden met inkoop, werkvoorbereiding en uitvoering.

Dit informatieblad is een gezamenlijke uitgave van:

GIETBOUW CENTRUM

Het Gietbouwcentrum is een initiatief van de betonmortelfabrikanten, aangesloten bij de branchevereniging VOBN



STIPB
Stichting Promotie Breedplaatvloeren



VSB
Vereniging van steiger-, hoogwerk- en betonbekistingbedrijven

De juiste combinatie door integrale benadering

Voor breedplaatvloeren is onderstempeling op verschillende afstanden mogelijk. Op basis van een uitgebreide studie van VOBN, STIPB en de VSB kan nu een duidelijke uitspraak worden gedaan over de meest optimale en rendabele stempelf afstand en wijze van doorstempelen in relatie tot de gekozen ondersteuningsconstructie. Een belangrijke conclusie is dat integrale benadering van het inkoop- en voorbereidingsproces leidt tot een efficiëntere totaaloplossing voor de breedplaatvloer en de ondersteuningsconstructie. Uit voorbeeldberekeningen blijkt dat dit voordeel kan oplopen tot wel 13%. Dit informatieblad beschrijft de belangrijkste aandachtspunten om te komen tot dergelijke besparingen.

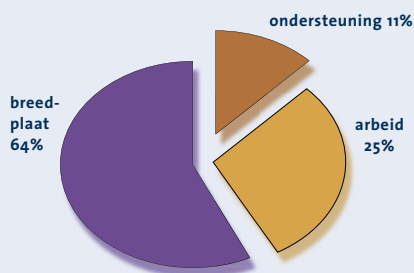
Integrale benadering

Een breedplaatvloer moet voor het storten en tijdens de verharding van de druklaag onderstempeld worden. De maximale h.o.h.-afstand van de onderslagen wordt aangegeven door de leverancier van de breedplaat. De optimale plaats van de onderslagen en daarmee het aantal stempelrijen is mede afhankelijk van de keuze van de ondersteuningsconstructie en zal door het bouwbedrijf alleen in samenspraak met beide leveranciers tot stand kunnen komen.

Aantal stempelrijen en onderslagafstand

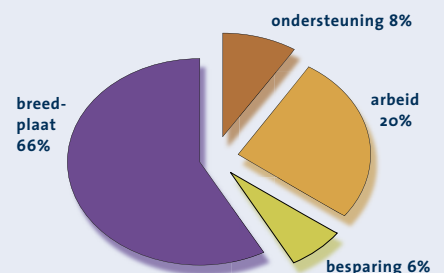
Het aantal stempelrijen in een woningbeuk wordt bepaald door de grenzen van de minimaal of maximaal toelaatbare onderslagafstand in relatie tot de mogelijkheden van de breedplaatvloer en de mate van oplegging op de constructieve wand (wel of geen randstempels benodigd). Binnen een beukbreedte zijn verschillende aantallen onderstempeling mogelijk. Een vraag is steeds weer, hoeveel stempelrijen we in moeten zetten om tot de goedkoopste situatie te komen. In de praktijk zal deze vraag neerkomen op de keuze voor 3, 4 of 5 stempelrijen in een beuk.

Globale kostenverdeling vóór optimalisatie



4 rijen met max. h.o.h. onderslagafstand 1500 mm
Beukmaat 5400 mm, traditionele onderstempeling

Globale kostenverdeling na optimalisatie

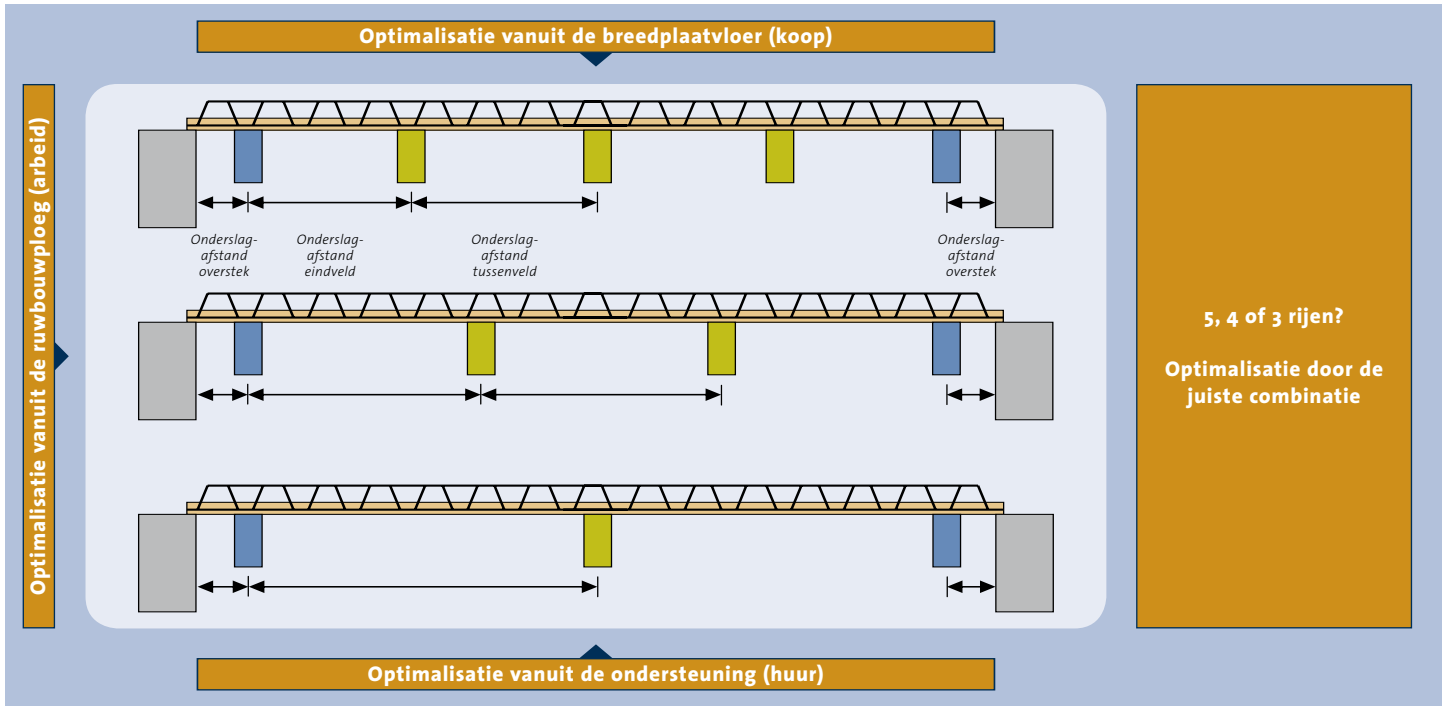


van 4 naar 3 rijen met max. h.o.h. onderslagafstand 2100 mm
Beukmaat 5400 mm, traditionele onderstempeling

Besparingsmogelijkheden door optimalisatie

Economisch gezien is een breedplaatvloer het meest gunstig bij minder grote onderslagafstanden en dus meer stempelrijen. Beperking van de huur en arbeid van de ondersteuningsconstructie vraagt echter om zo weinig mogelijk stempelrijen en daarmee grotere onderslagafstanden. Het optimum wordt gevonden door de integrale benadering van de breedplaatvloer, de ondersteuning en de arbeid. Optimalisatie van de ondersteuningsconstructie en breedplaatvloer kan leiden tot een goedkopere vloer. Uit onderzoek blijkt dat één stempelrij minder al een besparing kan opleveren van 6%.

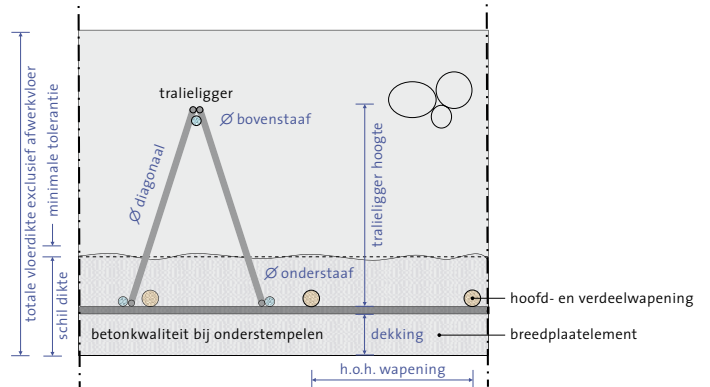
Waar zitten optimalisatiemogelijkheden?



Optimalisatiemogelijkheden vanuit de breedplaat

De maximale onderslagafstand bij de breedplaatvloer is afhankelijk van de beukbreedte, de totale vloerdikte en de oplegging op de wand en daarmee wel of geen randstempel. Daarnaast spelen factoren als plaatafmetingen, schildikte, veranderlijke belasting tijdens de uitvoeringsfase, het soort bouw en de aan te houden belastingsfactoren een rol.

Door te variëren met de schildikte, hoofdwapening c.q. voorspanwapening en de tralieligger, is een grotere of kleinere onderslagafstand mogelijk.

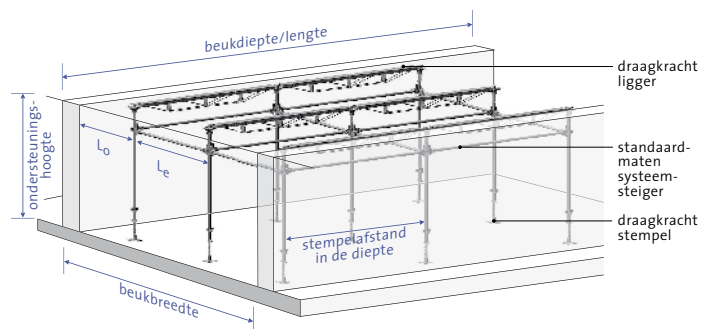


Optimalisatiemogelijkheden vanuit de ondersteuning

Ondersteuningsconstructies worden opgebouwd met stempels en baddingen (traditioneel) of met systeemondersteuning. Ook hier wordt de maximale onderslagafstand bepaald door de beukmaat, ondersteuningshoogte, beuklengte, totale vloerdikte en de oplegging op de wand en daarmee wel of geen randstempel.

Variaties in het aantal stempelrijen en onderslagafstand is mogelijk door de keuze en draagkracht van de onderslagen (badding, dubbele badding, H20 drager of overige systemen) en de stempels.

Minder stempels c.q. stempelrijen leveren een besparing op in de totale huurkosten.



L_0 onderslagafstand L overstek
 L_e onderslagafstand L eindveld

Optimalisatiemogelijkheden vanuit de arbeid

De hoeveelheid manuren per beuk wordt mede bepaald door de hoeveelheid ondersteuningsmateriaal dat in een beuk moet worden geplaatst en verwijderd. Systeemondersteuning vraagt minder manuren in vergelijking met traditionele ondersteuning, maar kent veelal hogere huurkosten. Het voordeel van systeemondersteuning komt uit het tempo en een kortere inzetijd voor stempelen en herstempelen.

Minder stempels c.q. stempelrijen kan een besparing opleveren op de totale post manuren.

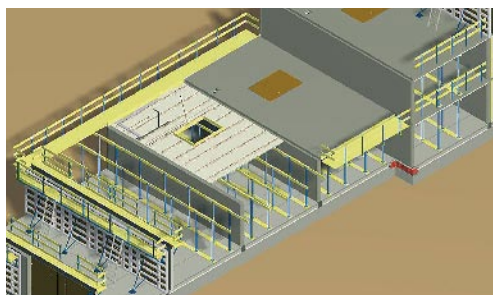


Aandachtspuntenlijst breedplaatvloer en ondersteuningsconstructie

Breedplaatvloer

Vloerdikte en legplan

- ▶ Overspanning
- ▶ Belasting (+ scheidingswanden) en eisen doorbuiging
- ▶ Type breedplaat: gewapend of voorgespannen
- ▶ Sterkteklasse druklaag
- ▶ Brandwerendheidseisen en milieuklassen
- ▶ Eindveld of tussenveld (doorgaand, ook in uitvoeringsfase)
- ▶ Eisen geluid (appartementen, wel of geen zwevende dekvloer)
- ▶ In te storten leidingen van installaties (riolering, ventilatie)
- ▶ Gekoppelde of aangestorte onderdelen (balkons, gevelmetselwerk, e.d.)
- ▶ Plaats en grootte van (trap)sparingen
- ▶ Versterkte stroken bij raamopeningen (in kopgevels)
- ▶ Plaatbreedte (2,40 – 2,50 – 2,70 – 3,00 m) resp. pasplaten
- ▶ Inzage in de volledige draagconstructie en stabiliteit van het bouwproject is vereist
- ▶ Opgave van lijn- en puntlasten door de hoofdconstructeur
- ▶ Opgave van belastingen in uitvoeringsfase door het bouwbedrijf



Ondersteuningsconstructie

H.o.h.-afstand stempelrij

- ▶ Schildikte
- ▶ Type breedplaat: gewapend, voorgespannen of traditioneel
- ▶ Aanwezige hoeveelheid wapening, dimensie tralieliggers resp. mate van voorspanning
- ▶ Betondruksterkte van breedplaat in uitvoeringsfase
- ▶ Vereiste toeg (oneven of even aantal stempelrijen)
- ▶ Afstemming draagkracht/stijfheid ondergrond/onderliggend vloersysteem
- ▶ Stortbelasting druklaag (0,5 kN/m² + druklaag)
- ▶ Overspanning vloer (mogelijke indeling tussen wanden: overstek, eindveld en tussenveld)
- ▶ Randoplegging breedplaat
 - Opleglengte
 - ≤ 40 mm, altijd randondersteuning nodig
 - ≥ 40 à 60 mm volgens opgave leverancier, geen randondersteuning nodig
 - Vlakheid
 - wel / geen vilt
- ▶ Plaats (trap)sparingen: veiligheid, leuning / dichtleggen
- ▶ Tijdelijke belasting op vloer i.v.m. afbouw (scheidingswanden)
- ▶ Onderliggende ondersteuning (stempelbelasting t.g.v. doorstampelen)

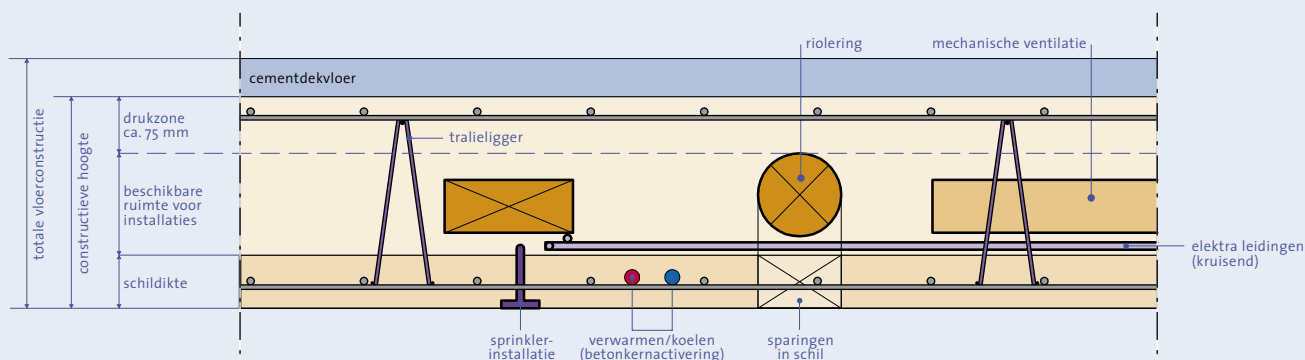
Let op

- Bij doorknippen tralieliggers t.b.v. installaties: plaatselijk extra stempelrij nodig
- Bij te grote h.o.h.-afstanden van de stempelrijen kunnen de doorbuigings-eisen worden overschreden

Leidingen, wapening, tralieliggers, sparingen en installaties

In de druklaag van de breedplaatvloer kunnen onder andere leidingen voor elektra, water, mechanische ventilatie en riolering worden opgenomen. Zeker bij een hoge concentratie aan leidingen of kruisende leidingen en/of een geringe dikte van de druklaag is coördinatie van de installaties in een vroeg stadium van de werkvoorbereiding vereist.

Na montage in het werk worden op de breedplaatvloeren de benodigde voorzieningen aangebracht zoals leidingen, sparingen en randkisten. Ook wordt de vereiste additionele wapening op de vloer aangebracht. Wanneer het voor het leidingverloop nodig is om een deel van de tralieliggers weg te knippen, dan moet deze verzwakking gecompenseerd worden door de plaat extra ondersteuning te geven.



Doorstempelen en herstempelen

Inzet, doorlooptijd en draagvermogen

Het maken van de breedplaatvloer kan niet zonder een onderstempeling. Ieder project dient te worden bekeken op de volgende vragen: hoeveel stempels zetten we in (onderstempelen), hoeveel lagen zetten we in de stempels (doorstempelen), hoe lang moeten we ze minimaal laten staan en wanneer mogen we een deel weghalen (herstempelen) en wanneer mag alles er weer onderuit?

Doorstempelen

In het algemeen dienen te storten vloeren onderstempeld te worden zodanig dat het eigen gewicht en stortbelasting van de te vervaardigen vloer door 2 of 3 onderliggende vloeren gedragen kan worden. Het juiste aantal zal door berekening moeten worden bepaald.

De inzet van het aantal stempels en de hoeveelheid stempelrijen, de optimale plaats en de h.o.h.-afstanden van de onderslagen worden in overleg bepaald tussen het bouwbedrijf en de leverancier van de breedplaat en de ondersteuningsconstructie. Zoals eerder aangegeven zijn meerdere varianten in een beuk mogelijk. Het tijdstip van verwijderen resp. herstempelen wordt bepaald door de sterkte-ontwikkeling van de betonnen druklaag, het aantal verdiepingsvloeren dat boven de beschouwde vloer gestort gaat worden en de cyclus waarin dat plaats zal vinden. Het is dus belangrijk om met de constructeur van het project te overleggen.

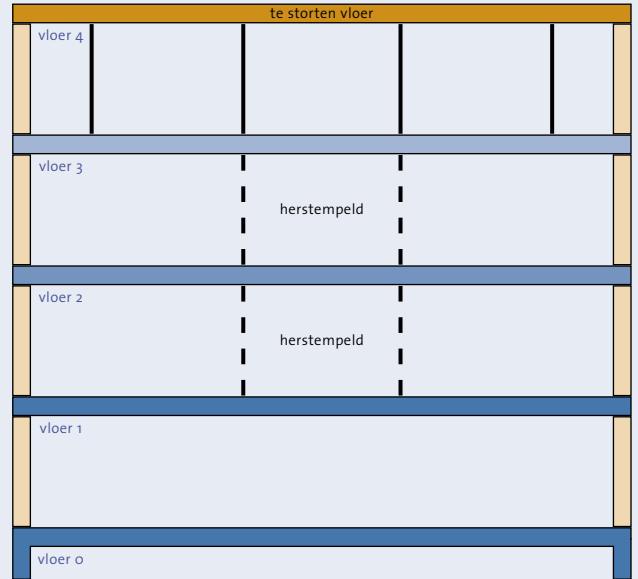
Herstempelen

Ter voorkoming van overbelasting op stempels en onderliggende vloeren wordt herstempeling toegepast. Dat wordt bereikt door de stempels te laten schrikken door deze te lossen en weer aan te draaien. Hierdoor wordt de onderliggende vloer ontlast van het eigen gewicht van de bovenzijde en kan vervolgens weer bijdragen aan het ondersteunen van de te storten bovenzijde. Bij dit herstempelen van vloeren worden veelal de randstempels nabij de betonwanden verwijderd, omdat de betonwanden in staat zijn deze randbelasting op te nemen.

Tijdstip van herstempelen (ontkisten)

Het moment waarop de vloer voldoende sterkte heeft ontwikkeld om zijn eigen gewicht te dragen wordt bepaald door de sterkte-ontwikkeling van het beton van de betreffende vloer.

Volgens NEN 6722 (VBU) wordt voor dragende bekistingen een minimale sterkte van 14 N/mm² vereist en dit dient door de constructeur getoetst te worden. De ontwikkelde betondruksterkte wordt bepaald aan de hand van de methode 'gewogen rijpheid' volgens NEN 5970. Indien geen controleberekeningen worden uitgevoerd dienen bij ontkisten de vereiste minimale kubusdruksterkten volgens tabel 6 NEN 6722 (VBU) toegepast te worden.



Toelichting voorbeeld

In dit voorbeeld is uitgegaan van een cyclus van 7 kalenderdagen. Aangehouden is een arbitraire sterkte-ontwikkeling van de druklaag:

Vloer 4: te storten

Vloer 3: 7 dagen oud,

70% van de eindsterkte

Vloer 2: 14 dagen oud,

90 % van de eindsterkte

Vloer 1: 21 dagen oud,

100% van de eindsterkte

Bovengenoemde waarden zijn afhankelijk van de verhardingsomstandigheden en dienen ter plaatse getoetst te worden.



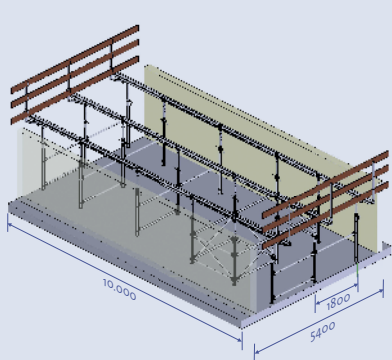
Het draagvermogen van de appartementenvloer $d = 280$ mm kan als volgt worden berekend:

$$\begin{aligned}
 \text{eigen gewicht} &= 0,28 \times 24 = 6,72 \text{ kN/m}^2 \times 1,2 = 8,06 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{dekvloer} &= 0,05 \times 20 = 1,00 \text{ kN/m}^2 \times 1,2 = 1,20 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{scheidingswanden} &= 0,80 \text{ kN/m}^2 \times 1,2 = 0,96 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{nuttige belasting} &= 1,75 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 = 2,63 \text{ kN/m}^2 \\
 \hline
 q_{\text{rep}} &= 10,27 \text{ kN/m}^2 \quad q_d = 12,85 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

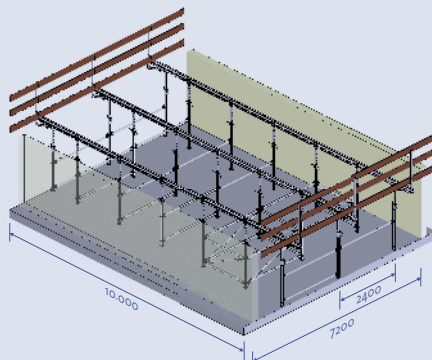
eigen gewicht	stortbelasting	1,00
	druklaag	5,52
	breedplaat	1,20
	stempels	0,25
werkbelasting te storten vloer 4		7,97

cyclus 7 dagen ouderdom/%	draag- vermogen q_d in % verharding	eigen gewicht (e.g.)	nuttig draagvermogen		
			per vloer q_d - e.g	vloeren cumulatief	
7 d / 70%	9,00	6,72	2,28		
14 d / 90%	11,57	6,72	4,85	7,13	< 7,97
21 d / 100%	12,85	6,72	6,13	13,26	> 7,97

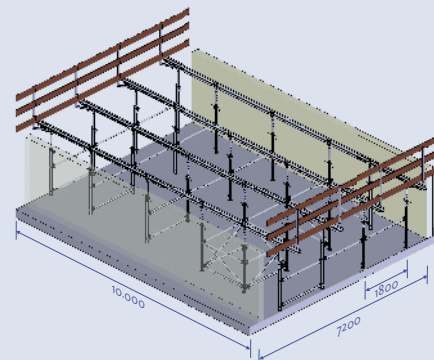
belasting en draagvermogen in kN/m²



Beukmaat $b=5,40\text{ m} \times l=10,0\text{ m} \times$ vloerdikte $d=0,20\text{ m}$



Beukmaat $b=7,20\text{ m} \times l=10,0\text{ m} \times$ vloerdikte $d=0,23\text{ m}$



Beukmaat $b=7,20\text{ m} \times l=10,0\text{ m} \times$ vloerdikte $d=0,28\text{ m}$

Voorbeeldberekening optimalisatie

In de studie van VOBN, STIPB en VSB zijn drie voorbeelden uitgewerkt om te onderzoeken of optimalisatie besparend kan werken.

Zowel voor de traditionele ondersteuning als systeemondersteuning is gekeken naar het effect van het aantal rijen in een beuk ten opzichte van de totaalprijs voor de vloer, het effect op prijs voor de koop van de breedplaatvloer, de huur van de ondersteuning en de hoeveelheid benodigde arbeid.

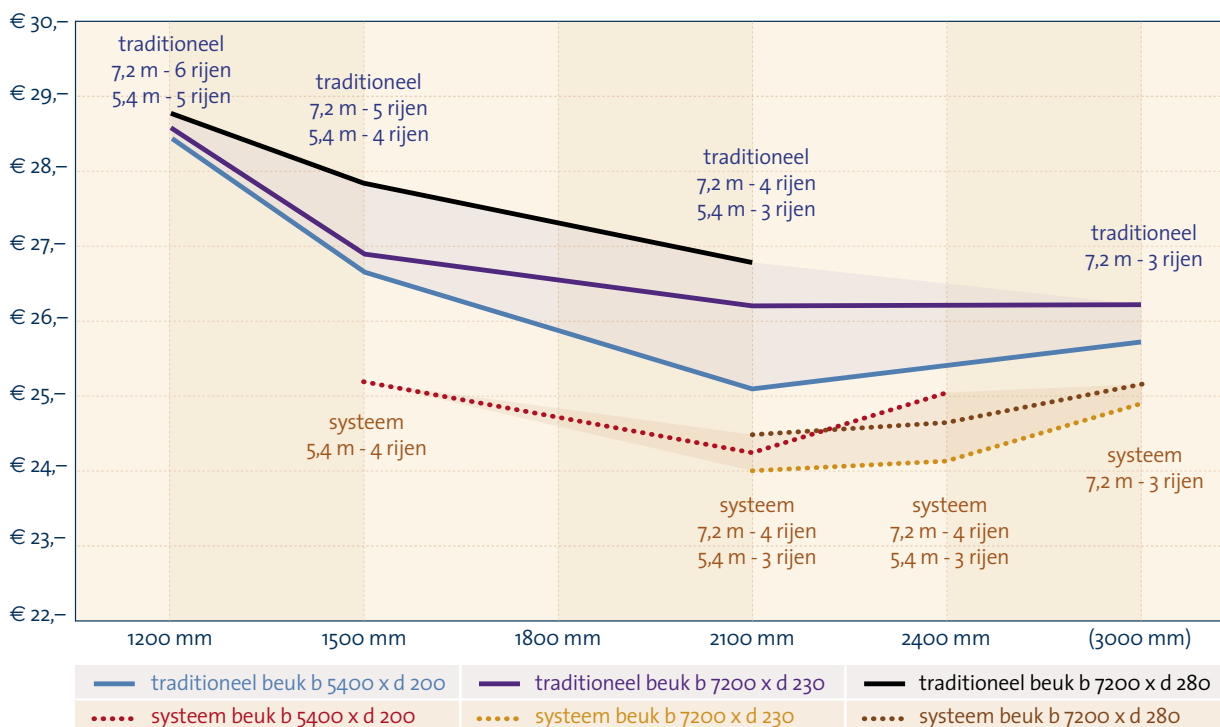
Bij grotere beukmaten is rekening gehouden met teruglopende stempelafstanden in de diepte en daarmee met meer stempels in een rij dan bij kleinere beukmaten. Voor de berekening van de huurkosten van de ondersteuning is een aanname gedaan voor de doorlooptijd voor het doorstempelen en het herstempelen.

► Effect	
Breedplaat (koop)	Geringe meerprijs t.g.v. grotere onderslagafstand
Ondersteuning (huur)	Groter voordeel door minder stempelrijen en minder huur
Arbeid (aanbr./verw.)	Groter voordeel door minder stempelrijen en minder arbeid
Besparingsmogelijkheden door optimalisatie!	

Financieel voordeel haalbaar

- Uit de voorbeeldberekeningen blijkt dat in alle gevallen financieel voordeel te halen is bij een integrale benadering van inkoop en uitvoering van de ondersteuningsconstructie en de breedplaatvloer. Hoe minder rijen in een beuk hoe lager de totale kosten zijn voor de gehele vloerconstructie.
- Het voordeel kan flink oplopen tot wel 13%. De grootste procentuele daling wordt bereikt bij 2 tot 3 rijen traditionele ondersteuning minder. Systeemondersteuning heeft door materiaaloptimalisatie de voordelen al in zich.
- De meest gunstige onderslagafstand in de voorbeeldberekeningen ligt tussen de 2100 mm en 2400 mm. Een onderslagafstand van 3000 mm kan rendabel zijn, maar laat in de berekeningen weer oplopende kosten zien, vanwege de extra benodigde voorzieningen in de niet-voorgespannen breedplaat.
- Voor de niet-voorgespannen breedplaat wordt een onderslagafstand van meer dan 3000 mm afgeraden vanwege golving in de schil i.v.m. de toelaatbare doorbuigingsseis en extra gevaar bij het doorknippen van tralieliggers (geen overwaarde meer).

Relatie totale kosten breedplaat en onderstempeling per m² en onderslagafstand (prijspeil 2005).



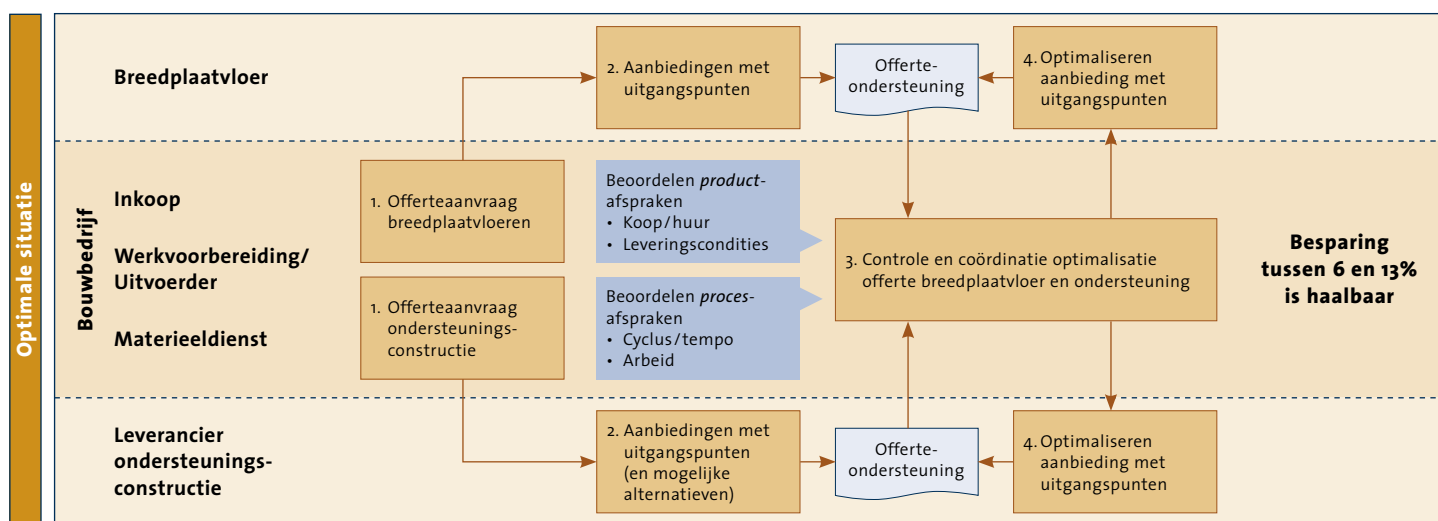
Procesverbetering keuze ondersteuningsconstructie en breedplaatvloeren

Traditioneel worden offertes van de ondersteuningsconstructie en breedplaatvloer in het calculatie- en inkooptraject afzonderlijk van elkaar aangevraagd. Beide leveranciers zullen ieder afzonderlijk trachten de meest voordelige offerte aan het bouwbedrijf aan te bieden om in aanmerking te komen voor de opdracht.

De goedkoopste oplossing voor de breedplaatvloer gaat vrijwel altijd gepaard met een geringere onderslagafstand (ca. 1800 mm) en strookt daarmee niet altijd met de meest ideale aanbieding voor de ondersteuningsconstructie. De goedkoopste oplossing voor de ondersteuningsconstructie vraagt om zo weinig mogelijk materiaal c.q. stempelrijen in de beuk en daarmee een grotere onderslagafstand. Hierin zit het spanningsveld voor de optimalisatie.

De inkoop sluit afzonderlijke contracten af, zonder dat optimalisatie heeft plaatsgevonden. Pas in de fase van de werkvoorbereiding komen de mogelijkheden van optimalisatie aan het licht en zijn de contracten al afgesloten. Onderhandelingen over meer- en minderwerk kan het gevolg zijn.

Geadviseerd wordt om in het offertestadium met zowel de leverancier van de ondersteuningsconstructie en de breedplaatvloer de meeste optimale situatie uit te werken. Uit onderzoek blijkt dat optimalisatie door deze integrale benadering het bouwbedrijf flinke besparingen kan opleveren.



Voor productspecificaties van ondersteuningsconstructies en breedplaatvloeren verwijzen we u graag naar de leveranciers:

Gietbouwcentrum
 Postbus 383
 3900 AJ Veenendaal
 T 0318 55 74 74
 F 0318 55 74 70
 E info@gietbouwcentrum.nl
 W www.gietbouwcentrum.nl

STIPB
 Postbus 194
 3440 AD Woerden
 E info@stipb.nl
 W www.stipb.nl

VSB
 Sectie Betonbekistingbedrijven
 Postbus 190
 2700 AD Zoetermeer
 T 079 353 12 66
 F 079 353 13 65
 E vsb@fme.nl
 W www.vsb-online.nl