BETON IN DE LANDBOUW (2)

Geprefabriceerde elementen

De prefabricatie van betonproducten dateert uit het einde van de 19de eeuw, maar heeft zich vooral na de wereldoorlog van 1940-'45 sterk ontwikkeld. Ambachtelijke bedrijven vormden zich om tot volwaardige fabrieken, waarin alle bewerkingen gemechaniseerd, of zelfs geautomatiseerd zijn, en waarbij elke manuele tussenkomst tot een minimum wordt beperkt.

Daardoor wordt het werk in optimale omstandigheden uitgevoerd, met een maximale kwaliteitswaarborg en beschut tegen weer en wind. Met betonproducten worden bouwwerken gemakkelijker en sneller uitgevoerd. Prefab beton wordt aangewend in talrijke domeinen, met name in agrarische bouwwerken.

De bedoeling van dit bulletin is een overzicht te geven van de voornaamste geprefabriceerde betonproducten die in de agrarische sector worden toegepast. Deze producten worden gebruikt voor het bouwen van stallen of loodsen, maar ook voor silo's of opslagtanks.

DOSSIER CEMENT

28
maart 2002

bouwwerken voor landbouw

prefab beton

BB/S/B

1. ROOSTERVLOERELEMENTEN

In veestallen worden bepaalde delen van de vloer opgebouwd uit een aantal niet-aaneensluitende balkjes, die zich boven een put of een kanaal voor mestopvang bevinden. Deze bijzondere constructie vormt de zogenaamde "roostervloer"; de structuurelementen bestemd om een roostervloer te bouwen worden "roostervloerelementen" genoemd.
Aan roostervloeren worden zowel landbouwkundige als bouwtechnische eisen gesteld. De klassieke bouwtechnische criteria zijn stabiliteit, betondekking, betonsamenstelling enz. De landbouwkundige eisen daarentegen hebben zowel betrekking op de dieren die op de roostervloeren lopen, als op de veehouder die in de stal moet werken. De volgende aspecten zijn daarbij heel belangrijk:

Diervriendelijkheid

Hardheid :

Als een vloer te hard is, liggen de dieren er niet graag op. Bij harde vloeren ontstaan er vooral verwondingen door samendrukking en perforatie. De nadelen die aan betonnen stalroosters verbonden zijn ten aanzien van de hardheid doen zich enkel voor als in de stalruimte geen andere ligplaats is voorzien. Ze kunnen eventueel opgelost worden door het aanbrengen van een goede *coating* (rubber, epoxyhars, ...). Dit is minder van toepassing in rundveestallen waar meestal wel ligplaatsen zijn voorzien.

Beloopbaarheid :

Betonroosters mogen in geen geval glad zijn of worden. Is de vloer te glad, dan hebben de dieren geen houvast en glijden gemakkelijk uit. Hierdoor kunnen aandoeningen of kwetsuren aan de klauwen en poten ontstaan. De gladheid van de vloer wordt bepaald door de stroefheid ervan. Door bevuiling met mest en urine zullen de eigenschappen van de vloer zich door de tijd heen wijzigen. Dit houdt onder andere ook een vermindering van de stroefheid in.

Oneffenheden en scherpe randen moeten zoveel mogelijk vermeden worden om de kans op beschadiging van de klauwen te verkleinen. Vooral aan de spleetopeningen kunnen scherpe bramen voorkomen.

Mestdoorlatendheid

Betonroosters moeten mest en urine gemakkelijk via spleten afvoeren naar de mestkelder. De verhouding van de vrije opening van de spleten t.o.v. het "treedoppervlak" is hierbij belangrijk. Vanuit het oogpunt van dierenwelzijn zijn er bovengrenzen gesteld aan de spleetbreedte. De ideale spleetbreedte is ook afhankelijk van het gewicht van het dier (dat evenredig is met de grootte van de klauw). Te brede spleten veroorzaken verwondingen aan de kroonrand doordat de hele klauw in de spleet zakt.

Zelfreiniging en bevuiling

Betonroosters hebben de positieve eigenschap zelfreinigend te zijn, omdat mest en urine door de gleuven in de mestkelder vallen of door de dieren door de gleuven worden getrapt. De bevuiling hangt nauw samen met de dierbezetting en -activiteit, de verhouding "treed-spleetoppervlak" en de weersomstandigheden. Vooral bij droog en warm weer kan een dunne film van mest en urine zich vastzetten op het oppervlak. Hierdoor kan een vloer extreem glad worden. De mate waarin vocht en vuil in het vloeroppervlak kan achterblijven, wordt bepaald door de ruwheid van het betonoppervlak. (NB: ruwheid ≠ stroefheid... Een ruwe vloer kan spiegelglad zijn!) Te ruwe vloeren kunnen klauwverwondingen veroorzaken door de te sterke afslijting van het hoorn. Vuile vloeren kunnen leiden tot uitglijden, ontstekingen (de mest kan in de klauw dringen), kwetsbaarder klauwen (het hoorn van vochtige klauwen is minder sterk) en verhoogde ammoniakemissie.

Milieu

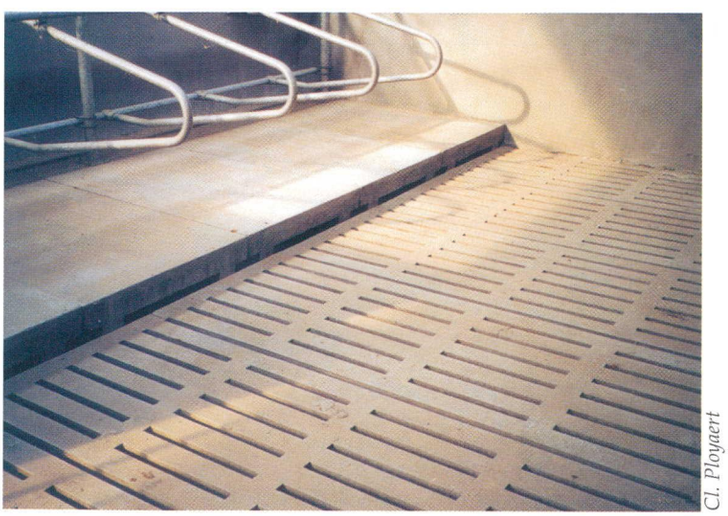
De reductie van ammoniakemissie afkomstig uit stallen wordt naar de toekomst toe een belangrijke factor bij het stalontwerp. In Nederland en Duitsland werden op dit vlak reeds maatregelen getroffen en bestaan er ook normen, in België nog niet. De *Vlaamse Landmaatschappij* (VLM) zou een werkgroep gestart hebben om hiervoor de *Best Beschikbare Technieken* te onderzoeken. Voor rundvee gehuisvest in ligboxenstallen met betonroosters komt ongeveer 60 % van de ammoniakemissie van het roosteroppervlak en 40 % vanuit de mestkelder. Om dit te reduceren dienen de betonroosters gecombineerd te worden met een mestschuif en eventueel watersproeiers om mest en urine op regelmatige tijdstippen af te voeren. Door het regelmatig schuiven over de roosters bestaat het gevaar dat het oppervlak als het ware gepolijst wordt en met de tijd gladder wordt. De dieren zullen zich minder zeker en trager bewegen over de roostervloer.

Technische duurzaamheid

Betonroosters liggen meestal in een matig tot zeer sterk agressief milieu. Door de blootstelling aan vaste en vloeibare mestbestanddelen, gassen uit mestkelders, voederzuren en reinigingsproducten kunnen betonroosters na verloop van tijd ernstig aangetast worden. Naast de chemische belasting worden roosters mechanisch belast door de dieren en door hoge-drukreiniging. Duurzaamheid wordt verkregen door de roosters te vervaardigen met een compact beton. Dit betekent een beton met laag watergehalte ten einde zo weinig mogelijk poriën te creëren. Agressieve stoffen kunnen dan minder gemakkelijk binnendringen en het beton aantasten.[1] Het verdient daarom aanbeveling het watergehalte te beperken tot 45 % van de cementmassa.

Reinigbaarheid

Het is aan te bevelen de stallen grondig schoon te maken. Een goed gereinigde stal voorkomt problemen.



Cl. Ployaert

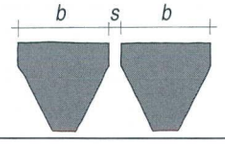
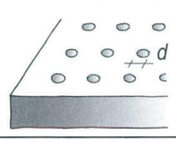
In het normatief document PTV 203 – *"Geprefabriceerde roostervloerelementen van gewapend beton en van voorgespannen beton voor stalgebouwen"* zijn voorschriften geformuleerd die rekening houden met de hierboven vermelde eisen, maar enkel voor niet berijdbare roosters (dus geen aardappelroosters – *zie hiervoor kader op volgende bladzijde).*
Het BENOR-merk voor roostervloerelementen wordt op basis van dit document toegekend. Dit label garandeert het gebruik van kwaliteitsgrondstoffen, een fabricage volgens de regels van de kunst en een kwalitatief hoogwaardig eindproduct. Het is dus ten zeerste aan te raden prefab elementen te gebruiken die dit label dragen.
PTV 203 onderscheidt verschillende soorten roostervloeren, afhankelijk van de soort en de massa van de dieren waarvoor de roostervloer is bestemd *(tabel 1)*, evenals meerdere typen roostervloerelementen *(fig. 1).*

Roostervloertype	Diersoort	Diermassa (kg) (1)
A1	Rundee	< 200
A2		200 – 825
B1	Varkens, schapen en geiten	< 25
B2		25 – 250

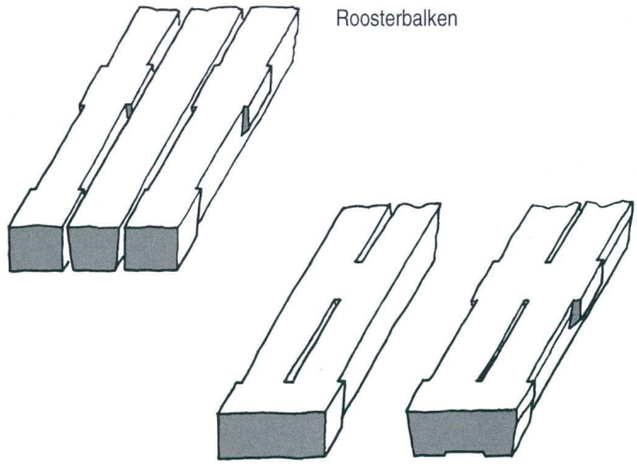
(1) De diermassa stemt overeen met de gemiddelde massa van een groep dieren. De massa van een individueel dier mag de grenswaarde met hoogstens 15 % overschrijden.

Tabel 1 : Roostervloertypen

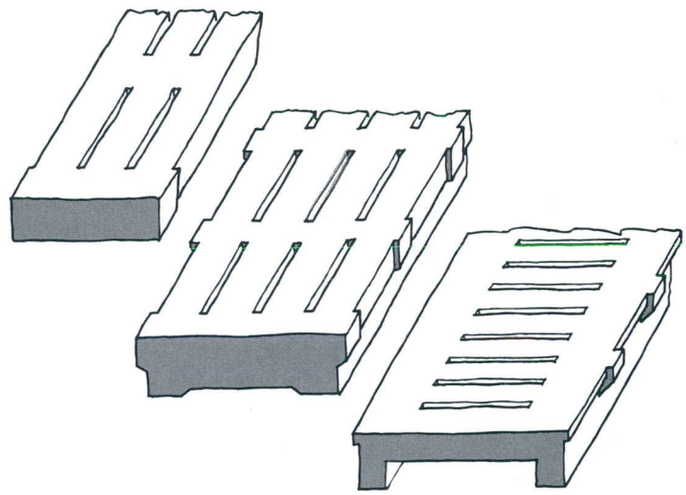
De voorschriften voor de roostervloerelementen betreffen :
- de gebruikte grondstoffen : deze moeten BENOR-gecertificeerd zijn;
- het cementgehalte : hoger dan 300 kg/m³ indien de nominale betondekking van de wapeningen minstens 40 mm bedraagt, en hoger dan 350 kg/m³ indien de nominale betondekking van de wapeningen kleiner is dan 40 mm;
- de sterkteklasse van het beton : minimum C 35/45;
- in het geval van roostervloerelementen van gewapend beton: staalsoort en -type, doorsnede en schikking van de wapeningen (o.a. betondekking);
- uitzicht : de roostervloerelementen mogen geen scheuren vertonen met een scheurwijdte groter dan 0,1 mm en een lengte groter dan 50 mm;
- maat- en vormkenmerken : de balk- en spleetbreedte of de diameter van de openingen in geperforeerde platen worden vastgelegd voor de verschillende klassen *(zie tabel 2)*. Deze maten zijn belangrijk voor het dierenwelzijn (bijv. te brede spleten veroorzaken klauwkwetsuren) en voor de hygiëne (bijv. te nauwe spleten laten te weinig mest door). De hoogst toegelaten afwijkingen van de werkelijke individuele maten t.o.v. de fabricagematen voor lengte, hoogte, balkbreedte, spleetbreedte en de diameter van de ronde openingen zijn eveneens voorgeschreven.
- mechanische sterkte : deze moet verantwoord worden door berekeningen of door proeven, of een combinatie van beide.

Roostervloertype	Balkbreedte (mm) *b*	Spleetbreedte (mm) *s*	Diameter opening (mm) *d*
A1	80 — 120	20 — 25	≤ 50
A2	90 — 160	30 — 38	
B1	50 — 80	10 — 12	≤ 25
B2	80 — 120	15 — 20	
			

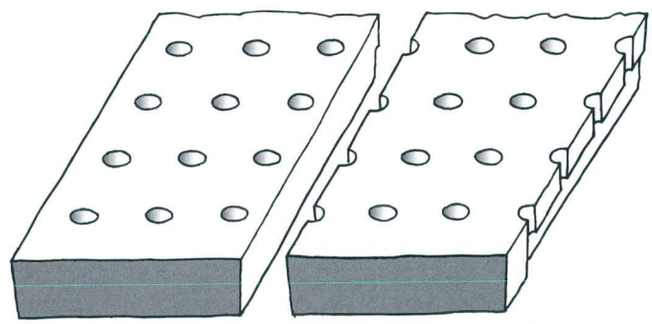
Tabel 2 . Fabricagematen



Tweelingroosters



Roosters



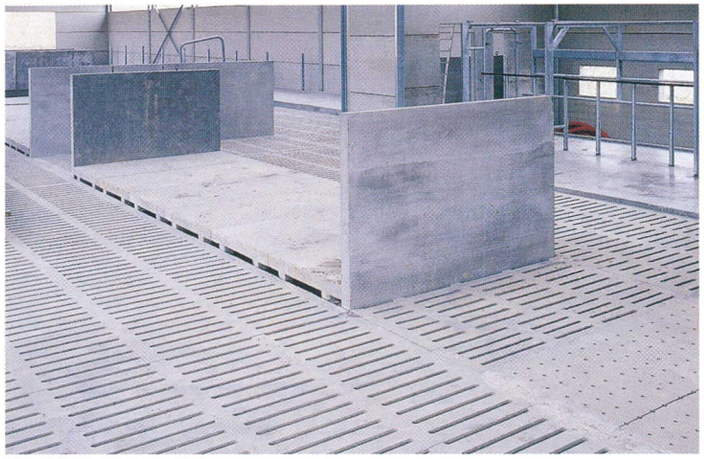
Geperforeerde platen voor ingestrooide loopstal

Fig. 1 : Voorbeelden van roostervloerelementen

Iedere Belgische betonroosterfabrikant heeft een eigen gamma aan roostervloerelementen. Opvallend hierbij is echter de grote verscheidenheid aan afmetingen binnen het assortiment van de verschillende fabrikanten en tussen de fabrikanten onderling. Dit stelt enkele problemen :

- Wanneer een landbouwer enkele roosters in zijn stal wenst te vervangen of zijn stal wenst uit te breiden, is hij genoodzaakt terug naar dezelfde leverancier te gaan en hetzelfde type rooster te kopen.
- Wanneer een voorlichtingsdienst een plan van een stal uittekent voor een landbouwer, moet hij daar een bepaald type rooster (met gegeven afmetingen) aan koppelen. Door de keuze van het roostertype wordt meteen de mogelijke leverancier vastgelegd en tegelijk de vrije keuze van de landbouwer beperkt.
- Daar waar de concurrentie tussen fabrikanten normaal gevoerd wordt over de prijs-kwaliteitverhouding, spelen bij de betonroostervloerelementen de afmetingen momenteel ook een grote rol. In termen van concurrentie is dit nochtans een weinig relevant gegeven.

Om het hoofd te bieden aan deze problemen nam de vereniging van betonroosterfabrikanten het initiatief om een varkens- en rundveerooster te ontwerpen met standaardmaten. Hierbij werd rekening gehouden met de geometrische voorschriften van PTV 203. Let wel, dit wil niet zeggen dat dit standaardrooster daarmee ook automatisch voldoet aan de andere eisen van PTV 203, en dat het bijgevolg een BENOR-rooster is ! Onderstaande *tabel 3* geeft een overzicht van de afmetingen van de standaard varkens- en rundveeroosters:



	Breedte (mm)	Hoogte (mm)	Lengte (mm)	Spleet-breedte (mm)	Balk-breedte (mm)
Rundvee 200 - 825 kg	1000	180	2000	38	105
			2250		
			2500		
			2750		
			3000		
			3250		
			3500		
Varkens 25 - 250 kg	500	100	800	20	79 tot 82
			900		
			1000		
			1250		
			1500		
			1750		
			2000		
			2250		
			2500		

Tabel 3 : Afmetingen van de standaard rundvee- en varkensrooster

AARDAPPELROOSTERVLOEREN

Aardappelroostervloerelementen zijn geprefabriceerde platen van gewapend beton. Deze platen zijn voorzien van overlangse of dwarse spleten met het oog op een perfecte doorgang van de in de kelder geblazen lucht. De typische maximum aslast van het verkeer op deze elementen ligt tussen 10 en 12 ton.

Cl. Ployaert

2. INRICHTING VAN RUNDVEESTALLEN

Melkkoeien worden in ons land van eind september tot begin mei op stal gehouden, de rest van het jaar lopen ze in de weide. De stal moet de dieren dus beschermen tegen de winteromstandigheden en mogelijkheden bieden voor een diervriendelijke huisvesting, terwijl de melkveehouder een redelijk inkomen moet kunnen verdienen. De laatste decennia heeft de stallenbouw voor melkvee een grondige evolutie gekend. Tot 1960 werden de koeien uitsluitend in ingestrooide bindstallen gehouden. Naar Amerikaans voorbeeld waren na de oorlog wel enkele loopstallen met stro gebouwd. Het hoge stroverbruik (8 kg per dier per dag) maakte dit staltype oneconomisch. In 1960 werd de loopstal met ligboxen ontdekt. Dit stalconcept dat in verschillende types bestaat (de ingestrooide vrije loopstal, de roostervloerloopstal of de ligboxenloopstal) wordt vandaag het meest toegepast op gespecialiseerde melkveebedrijven. De overgang van bindstal naar loopstallen heeft geleid tot het ontstaan van de ligboxenstal met voedergang.

In een vrije loopstal wordt een aantal roostervloerelementen vervangen door geprefabriceerde platen van gewapend beton (de zogenaamde ligboxdekplaten) als rustplaats voor de dieren *(fig. 2)*. Deze rustplaatsen hebben in de regel een helling van 2 tot 3 % zodat de urine snel naar de roostervloerelementen afloopt. De afwerking van deze prefab platen kan zowel glad als ruw zijn. Te noteren valt dat er nog geen norm of technisch voorschrift bestaat. Er zijn dus ook geen elementen met BENOR-merk op de markt.

Aan de kopzijde van de ligboxen wordt meestal een muurtje voorzien, eveneens van geprefabriceerd beton.

De voedergang bestaat uit vloerelementen in de vorm van een omgekeerde dubbele T, met daarop een gewapende, ter plaatse gestorte druklaag. De elementen kunnen aslasten dragen van 10, of zelfs 15 of 20 ton *(fig. 3)*.

1 - vloerelement
2 - stelmortel
3 - voegwapening (Ø 5 # 150)
4 - krimp-buigwapening (Ø 4 # 100)
5 - druklaag

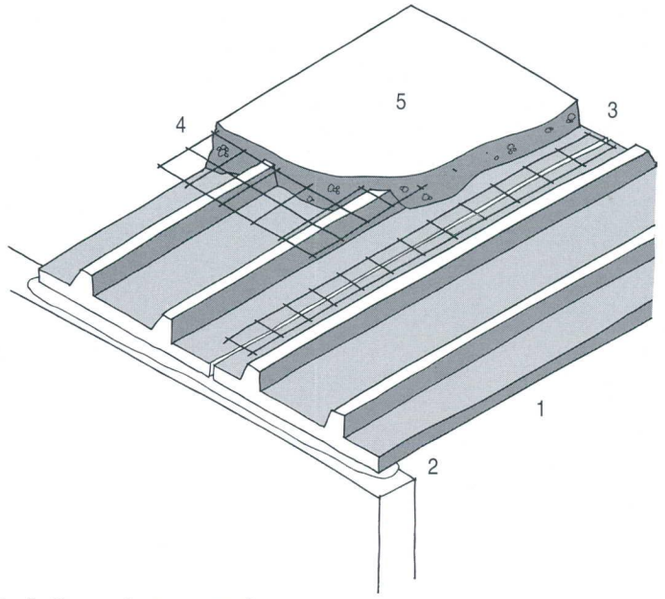
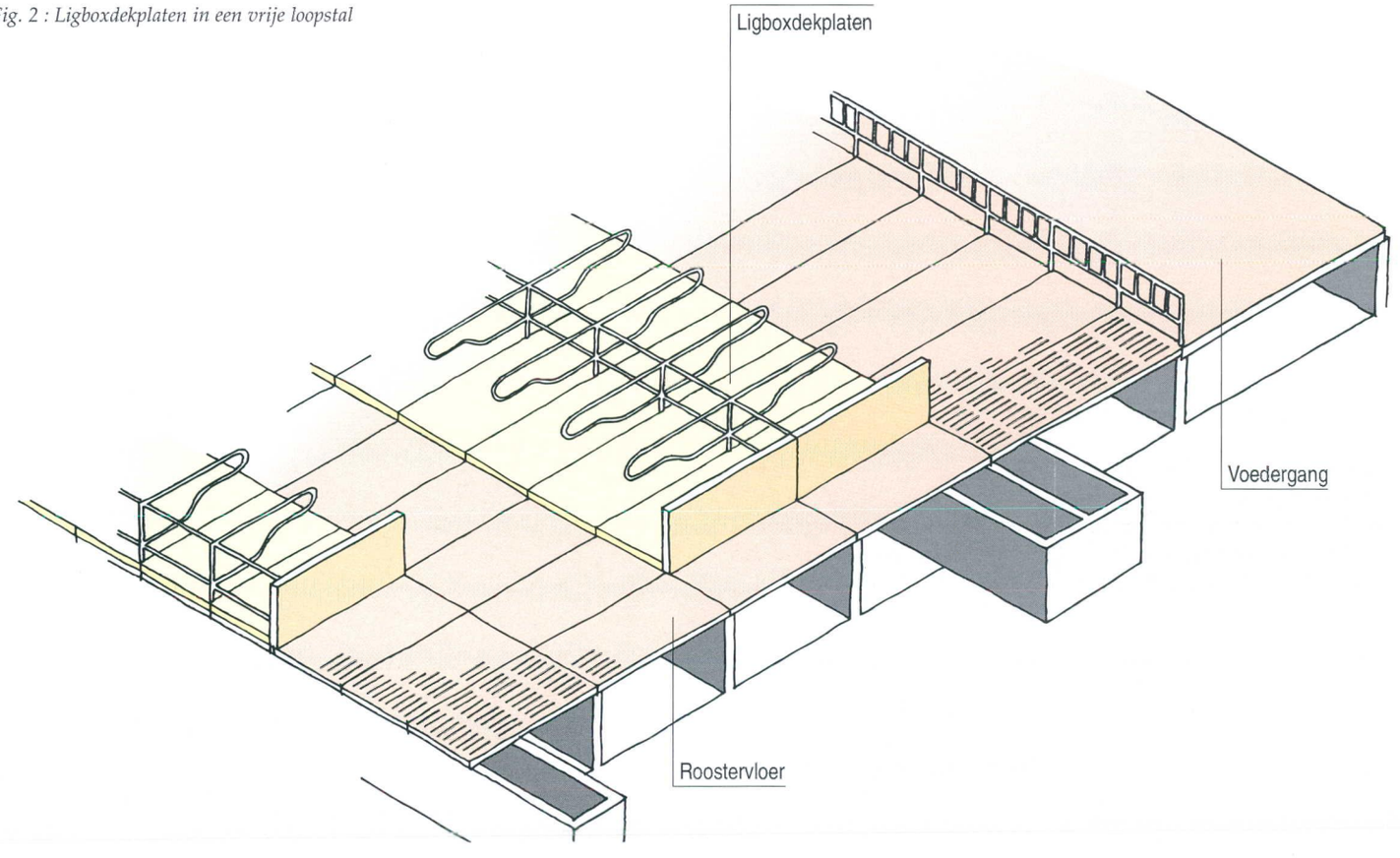


Fig. 3 : Doorsnede van een voedergang

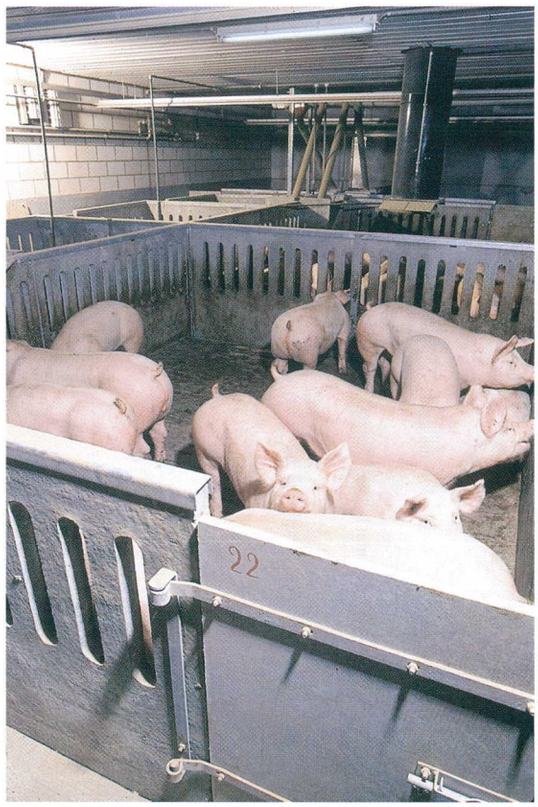
Fig. 2 : Ligboxdekplaten in een vrije loopstal



3. INRICHTING VAN VARKENSSTALLEN

Vóór de jaren zestig werden varkens in kleine eenheden in polyvalente primitieve niet-geïsoleerde stallen gehouden. De hokken boden de biggen weinig bescherming tegen doodliggen : de zeug liep vrij rond en verkleumde biggen hadden een te trage vluchtreactie. Met de jaren kwam het kraamhok dat in een speciale afdeling werd geplaatst. Het werd steeds beter geïsoleerd en verwarmd. Vanaf de jaren '70 werd het met roosters uitgerust en evolueerde het diervriendelijk aspect tot het niveau dat we vandaag kennen. Voor varkenstallen bestaan inderdaad reeds tal van welzijnsvoorschriften, bijvoorbeeld :

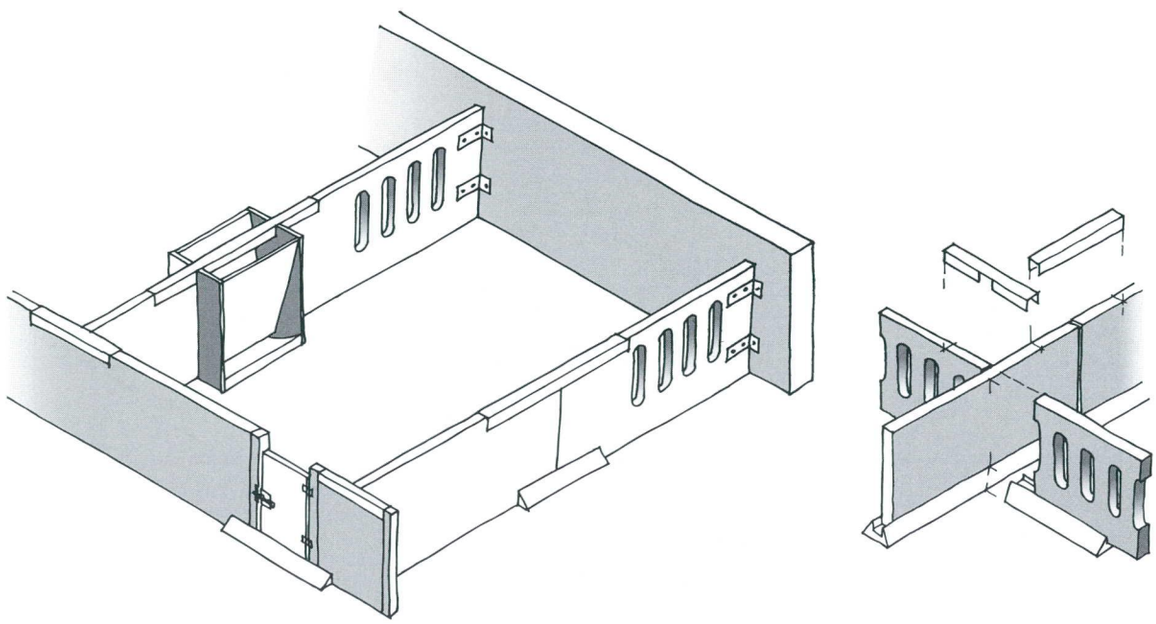
- De stallen moeten zo gebouwd en ingericht zijn dat elk dier zonder problemen kan liggen en opstaan, over een reine plaats beschikken om te rusten, en andere varkens zien.
- De vloeren van de hokken moeten een stevig, stabiel en stroef oppervlak vormen, maar zonder uitsteeksels, om te vermijden dat de dieren zich kwetsen.
- Voeder- en drinkinstallaties moeten zo ontworpen, geplaatst en onderhouden worden dat het risico op verontreiniging van voeder of water beperkt wordt.
- Door middel van isolatie, verwarming en ventilatie van het gebouw moet ervoor gezorgd worden dat de luchtcirculatie, het stofgehalte en de gasconcentraties binnen zodanige grenzen worden gehouden dat zij niet schadelijk zijn voor de dieren.
- Bij gebruik van kunstmatige ventilatie is een noodventilatie en een alarmsysteem vereist.
- Alle automatische of mechanische apparatuur moet minstens eenmaal daags geïnspecteerd worden, defecten moeten zo spoedig mogelijk hersteld...



M. Gronemberger

De betonindustrie biedt een brede waaier van mogelijkheden om hokken uit te voeren *(fig. 4)*. De prefab betonwanden zijn open, halfopen of dicht. Alle nodige bevestigingen worden meestal bijgeleverd door de fabrikant. Ook betonnen voederbakken zijn te verkrijgen.

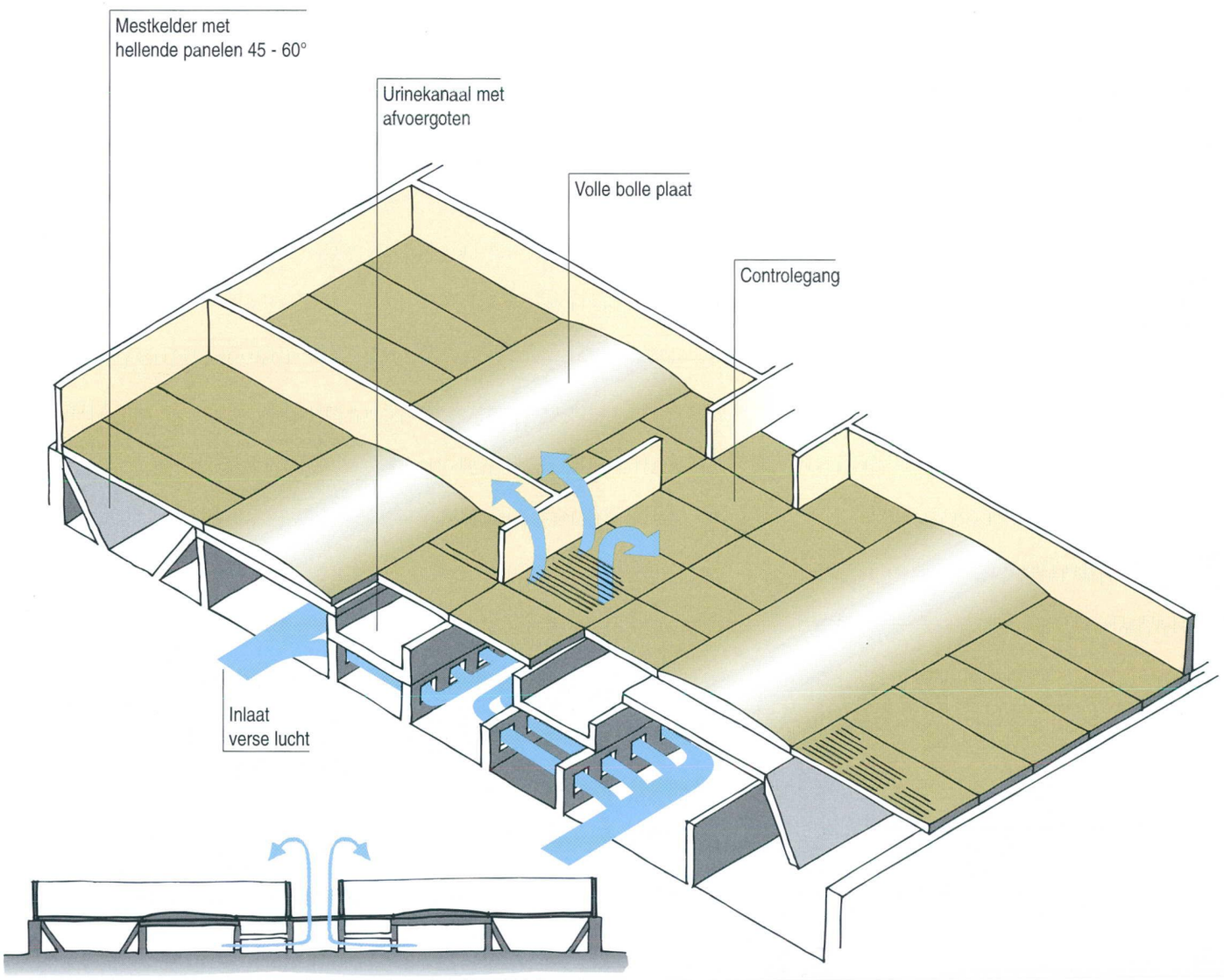
Fig. 4 : Exemple de compartiment pour porcs



Wat de klimaatregeling betreft, biedt de prefab industrie eveneens een aantal mogelijkheden. Deze koppelen overigens verluchting aan een vermindering van de ammoniakemissie. Het betreft onder andere een ventilatiesysteem met ondergrondse luchtaanvoer (via de mestkelders).
Het systeem is een 100 % prefab kelder-unit bestaande uit een geheel van prefab kelderwanden, een goot, schuine wanden, bolle vloerplaten en roosters *(fig. 5)*.

Het *luchtverversingssysteem* werkt als volgt : de verse lucht komt de stal binnen via luchtinlaten aan de buitenzijde. De ruimte onder de ligvloer van de dieren wordt hierbij als luchttoevoerkanaal gebruikt. De verse lucht passeert vervolgens via openingen in de draagmuur van de goot onder het urinekanaal door. Via de betonnen roosters in de controlegang stroomt hij daarna omhoog langs de scheidingswand tussen gang en hokken. Tenslotte verspreidt de verse lucht zich langzaam in de verschillende hokken. Het ondergronds luchtinlaatsysteem heeft een sterk conditionerend effect : in de zomer wordt de binnenkomende lucht afgekoeld, in de winter wordt hij opgewarmd. Het gevolg hiervan is een opmerkelijke energiebesparing. Een extra pluspunt is dat er van windinvloed geen sprake is.

Fig. 5 : Schematische voorstelling van het luchtinlaatsysteem door ondergrondse luchttoevoer in een varkensstal



De *reductie van de ammoniakemissie* is vooral gebaseerd op volgende principes:
- Het emitterende oppervlak, d.w.z. de totale oppervlakte waar mest in contact staat met de stallucht, is zo klein mogelijk. Daartoe worden gesloten bolle platen gebruikt in plaats van roostervloerelementen, evenals schuine platen die onder een hoek van 45 tot 60° in de mestkelder geplaatst worden. Doordat de platen bol zijn, raken de ligruimten minder bevuild, hetgeen een bijkomende reductie van de ammoniakemissie oplevert.
- Urine en meststoffen worden snel afgevoerd. Mest- en urinekanalen zijn immers voorzien van uitlaatopeningen naar de opslagkelder.

4. BETONKOLOMMEN EN -BALKEN : HET SKELET VAN EEN GEBOUW

Kolommen leiden de verticale en horizontale lasten af naar de funderingen. Op de balken rusten gordingen die op hun beurt de dakbedekkingselementen dragen.
Het geheel van kolommen en balken vormt een portiek. Een reeks gelijke portieken vormt het skelet van een gebouw. Met betonnen skeletten kunnen min of meer ruime stallen en loodsen worden gebouwd zonder inwendige hindernissen. Hierdoor ontstaat een ruimte met een polyvalent karakter, hetgeen thans door de evolutie van de productie- en exploitatietechnieken noodzakelijk is. Verder bezit het beton meerdere specifieke voordelen die een daling van de exploitatiekosten opleveren. Vermeldenswaard zijn onder andere de uitstekende duurzaamheid zonder enig onderhoud, de brandweerstand *(zie kaderstuk 'Brandweerstand van bedrijfsgebouwen')*, de onvervormbaarheid en de bescherming die het biedt tegen corrosie.
Er bestaan twee grote types betonskeletten, beide gebaseerd op een opeenvolging van portieken voorzien van 2 of 4 scharnieren, namelijk:
- kadervormig;
- spantvormig.

Een *kadervormig skelet (fig. 6)* is samengesteld uit rechte balken en kolommen. De kolommen worden beschouwd als ingeklemd in de fundering en scharnierend aan de top, waar ze worden belast door balken die er eenvoudig zijn opgelegd. De kolommen hebben een vierkante of rechthoekige doorsnede en kunnen voorzien worden van een of meerdere consoles om balken te ondersteunen, bijvoorbeeld voor een tussenvloer *(fig. 7)*.
De balken hebben ofwel een constante hoogte (rechte flenzen), ofwel een variabele hoogte (bovenflens met dubbele helling en rechte onderflens).
Balken met een constante hoogte en met rechthoekig, I- of T-profiel worden toegepast voor :
- de ondersteuning van een eventuele tussenvloer;
- een dak met enkelvoudige helling.

Balken met een variabele hoogte worden enkel toegepast in daken. Hun maximum traagheidsmoment bevindt zich in het midden van de overspanning, d.i. ter hoogte van het grootste buigmoment. Hun dubbele helling, die naargelang de fabrikant 20 tot 100 mm/m bedraagt, zorgt voor de waterafvoer. Deze balken worden lichter gemaakt door gebruik te maken van een I-profiel (het meest voorkomende en meest rationele) of een T-profiel (omwille van esthetische of onderhoudseisen), met rechthoekige uiteinden *(fig. 8)*.
Een *spantvormig skelet (fig. 9)* daarentegen bestaat uit niet-rechte elementen, kolommen in de vorm van krukken en sterk hellende balken in de vorm van een omgekeerde V. De krukken zijn halfscharnierend aan de voet en scharnierend aan de balken in de zone waar het moment onder permanente belasting nul is. De elementen hebben een rechthoekige doorsnede. Dit type skelet blijkt bijzonder economisch voor overspanningen van ongeveer 20 m.
De elementen worden in metalen vormen vervaardigd in gewapend of voorgespannen beton. In het geval van voorgespannen beton worden ze vervaardigd met een tegenpijl, waardoor de vervormingen in gebruikstoestand verminderd worden.
Gordingen bestaan uit volwandige balken van gewapend of van voorgespannen beton die vrij steunen op twee opleggingen. Twee korte consoles aan de uiteinden van de gordingen vergemakkelijken hun plaatsing op de dakbalken. De dwarsdoorsnede is trapezium-, I-, T-vormig ... In het geval van verticale gevelbekledingselementen die aan de gordingen worden vastgehecht of in het geval van een grote dakhelling, worden de buitenste gordingen op scheve buiging belast en hebben zij een versterkte L- of TT-doorsnede *(fig. 10)*. De overspanning van gordingen varieert tussen 5 en 12 m, terwijl de tussenafstand 3 m kan bedragen.

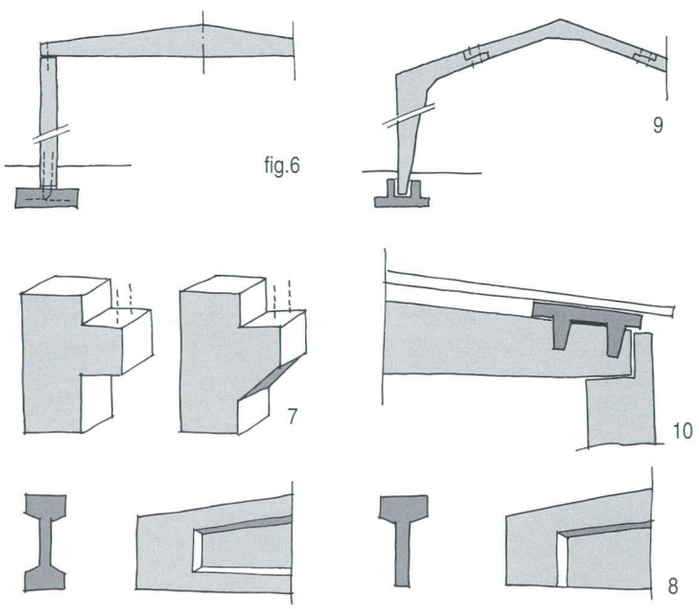


Fig. 6 : Kadervormig raamwerk
Fig. 7 : Voorbeelden van consoles, recht en afgeschuind
Fig. 8 : Balken met een variabele hoogte en een I- of T-doorsnede
Fig. 9 : Spantvormig raamwerk
Fig. 10 : TT-gordingen rustend op een balk met variabele hoogte

5. VLOERELEMENTEN

Vloerelementen zijn geprefabriceerde plaatvormige elementen van voorgespannen beton. Onder de meest voorkomende toepassingen vermelden wij bodemplaten (boven een put of kelder), tussenvloeren (bijvoorbeeld voor het opslaan van stro boven een stal) of dakelementen. Over het algemeen worden ze gebruikt in toepassingen met grote overspanningen, zware lasten en/of kleine bouwhoogten.
De meest gebruikte vloerelementen zijn *(fig. 11)* :
-de types in de vorm van een omgekeerde U;
- de holle elementen.

Deze elementen bieden het voordeel dat ze voorzien zijn van uitsparingen in langsrichting, waardoor hun eigengewicht aanzienlijk verminderd wordt. Bovendien zijn ze zelfdragend en hoeven in de regel niet geschoord te worden.

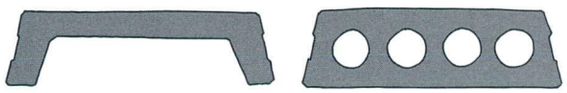


Fig. 11 : Element in omgekeerde U en hol element

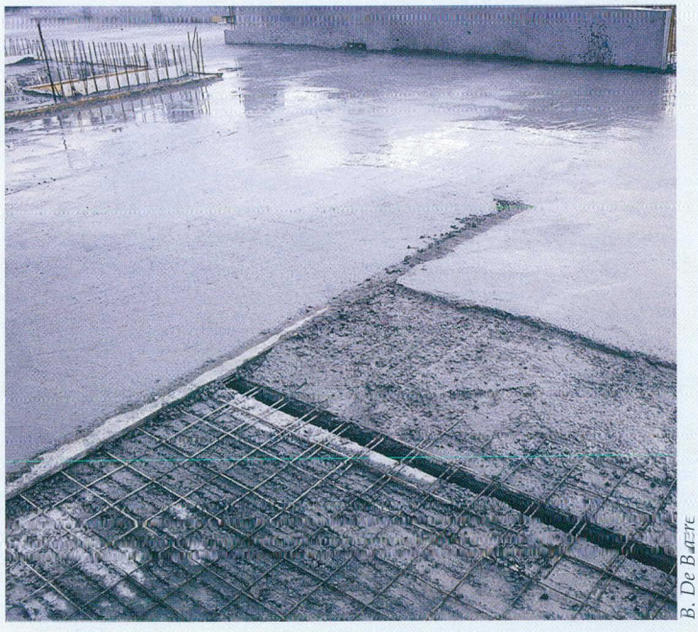
Elementen in de vorm van een omgekeerde U zijn, in doorsnede, samengesteld uit twee schuine verticale ribben en verbonden d.m.v. een plaat. Door het gebruik van gladde metalen bekistingen, vertonen de elementen een glad ondervlak. Het bovenvlak is ruw, wat de aanhechting van een gebeurlijke deklaag/druklaag ten goede komt *(zie kader)*.

Holle elementen hebben een trapeziumvormige doorsnede en zijn voorzien van een aantal overlangse holtes. Ze worden bekomen door extrusie. Het ondervlak is glad, het bovenvlak is ruw om de aanhechting van de deklaag te vergemakkelijken. Merk op dat holle elementen met het merk BENOR beschikbaar zijn. Deze elementen voldoen aan de voorschriften van het normatief document PTV 201 *"Geprefabriceerde holle vloerelementen van gewapend beton en van voorgespannen beton"*. Deze voorschriften betreffen :
- de fabricage (betontype, soort en schikking van de wapeningen, voorspannen van het beton);
- de afgewerkte elementen (fabricagematen, aspect, mechanische sterkte, brandweerstand);
- het ontwerp en de verwerking van de elementen.

REALISATIE VAN DE DRUKLAAG

De nominale dikte van een in situ gestorte betonlaag op de vloerelementen bedraagt minstens 30 mm. Lagen met een nominale dikte van 50 mm of meer zijn gewapend. Met betrekking tot de betonsamenstelling en de wapening gelden volgende aanbevelingen:
- sterktekklasse van het beton: minimum C 25/30
- grootste nominale korrelgrootte van de granulaten: 14 mm
- wapening : - nuttige last < 10 kN/m² : Ø5, 150 x 150
  - nuttige last ≥ 10 kN/m² : Ø5 , 100 x 100

Vóór het storten van het beton worden stof, verontreinigingen, losse deeltjes en stagnerend water verwijderd van het bovenvlak van de vloerelementen, dat vervolgens bevochtigd wordt. Ter hoogte van de opleggingen en langsvoegen (tussen de geprefabriceerde elementen) worden de nodige maatregelen getroffen om het weglekken van betonspecie te vermijden.
Met betrekking tot de afwerking en nabehandeling van het beton gelden de aanbevelingen uit *bulletin nr. 24 – "Cementgebonden Bedrijfsvloeren (2) – Uitvoering"*.
Noteer dat een betonlaag op een geprefabriceerde draagstructuur (de zogenaamde industriële dekvloer) noodzakelijkerwijs aan de draagstructuur moet vasthechten. De plaat mag zich niet los van deze laatste vervormen. Daarom is het aanbrengen van krimpvoegen niet verantwoord. Bij onvoldoende aanhechting ontstaan door de krimpspanningen schuifkrachten in het aanhechtingsvlak. Deze kunnen aanleiding geven tot loskomen en scheurvorming.



B. De Baere

Door zijn gering warmtegeleidingsvermogen loopt de temperatuur in de betonmassa slechts zeer traag op. Die fysische eigenschap verleent het beton een hoge brandweerstand en verklaart de voorkeur van bouwheren, architecten, brandweer en verzekeraars voor dit materiaal. Met beton kan aan de gestelde brandweerstandseisen worden voldaan zonder de constructie-elementen te overdimensioneren.

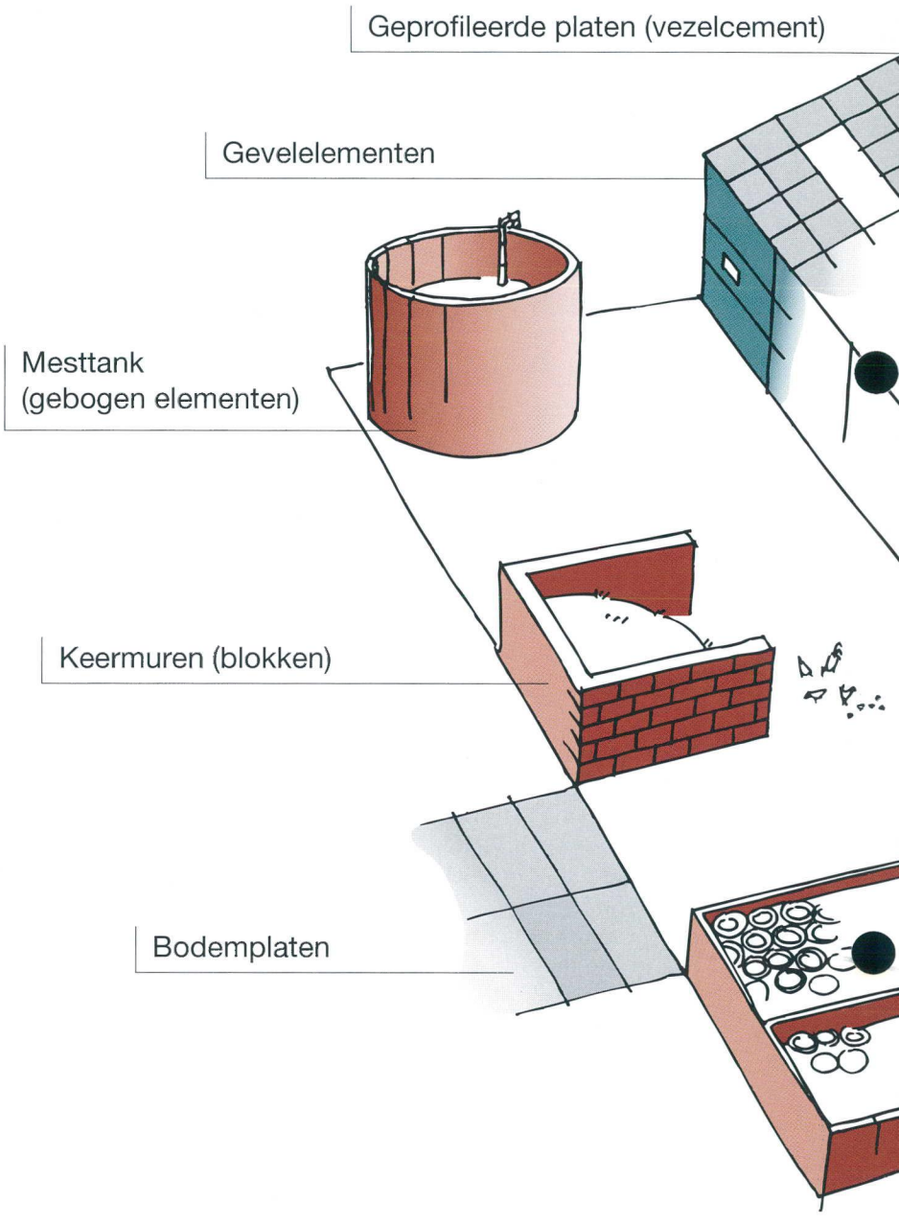
De eenvoudigste rekenkundige controle van de brandweerstand van elementen in gewapend en voorgespannen beton beperkt zich tot het gebruik van tabellen waarin de minimum secties en minimum betondekking op de wapening worden gegeven. Zij worden vermeld in het Belgisch nationaal toepassingsdocument (het Belgische "NTD") van deel 1.2 van de structurele Eurocode beton (EC2). Uit die tabellen blijkt dat structuurelementen van beton gemakkelijk een brandweerstand (Rf) halen van één uur.

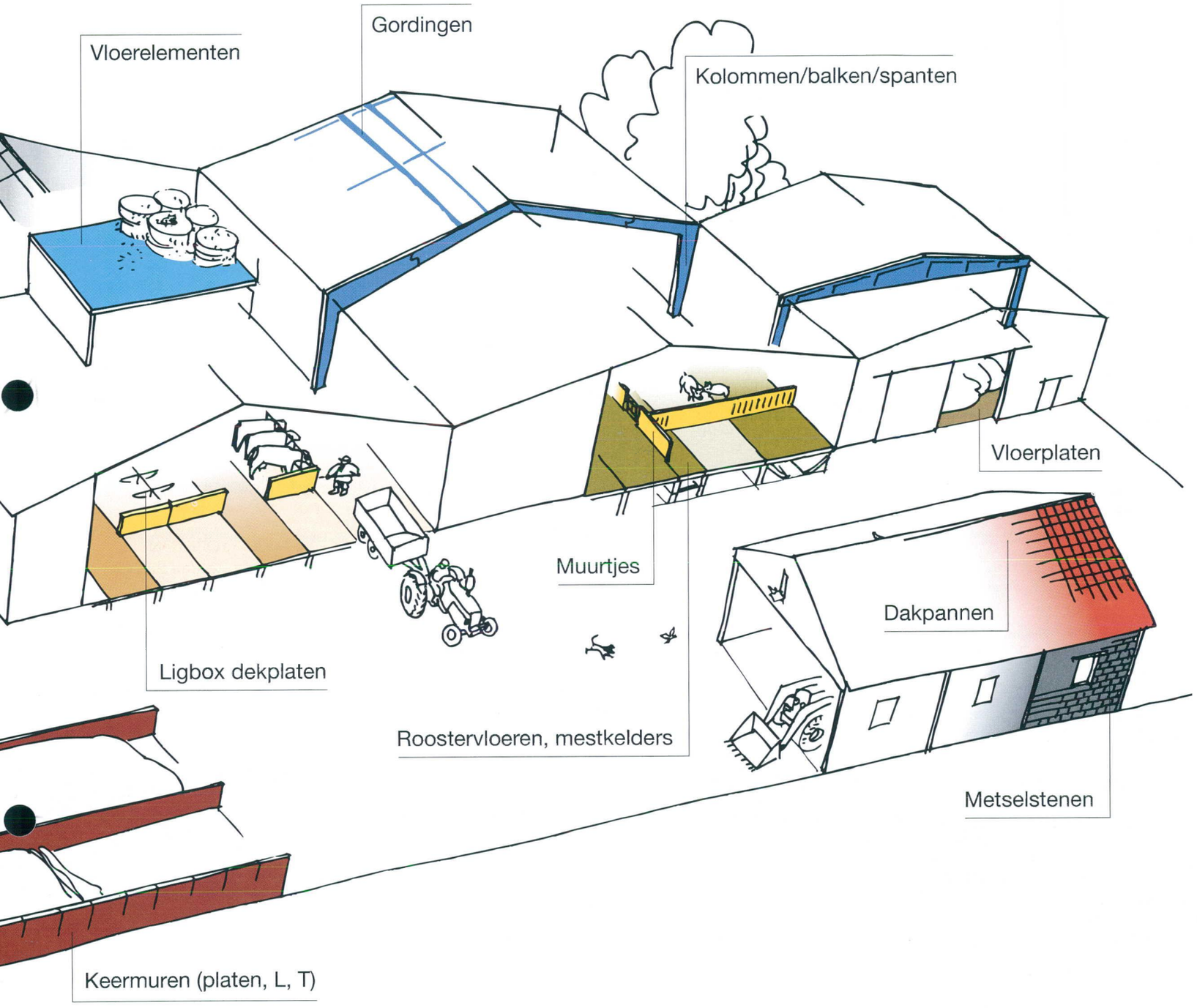
Van bij het ontwerp moeten bouwheer en architect rekening houden met de eisen van brandweer en verzekeraars. Deze laatsten verkiezen beton omwille van de "passieve" bescherming die het materiaal dankzij zijn intrinsieke eigenschappen biedt : onbrandbaarheid en stabiliteit bij brand. De "actieve" beschermingsmaatregelen zoals *sprinklers*, automatische detectie en de tussenkomst van de brandweer, vullen de passieve beschermingsmaatregelen enkel aan. Zij houden immers van nature uit altijd een bepaald risico in, dat gebonden is aan menselijke vergissingen en fouten (niet in werking treden, verwaarloosd onderhoud...). Het compartimenteren van een gebouw is dan ook fundamenteel om de risico's die alle partijen lopen, te beperken. Een brandmuur met een brandweerstand van 4 uur kan gemakkelijk gerealiseerd worden in beton, cellenbeton of metselwerk met betonblokken. De ervaring leert dat de stabiliteit van betonstructuren zelfs door een hevige brand niet bedreigd wordt, terwijl aanpalende gebouwen met een onbeschermd stalen dakspant instorten. Bovendien is het feit dat de betonstructuur na de brand dikwijls ter plaatse kan hersteld worden, een goede zaak voor de bouwheer die zijn productieapparaat zo snel mogelijk zal kunnen herstellen en zijn uitbatingsverliezen minimaliseren.

Reglementair valt de veiligheid bij brand onder de verantwoordelijkheid van de bouwheer. Hij bepaalt samen met de architect de actieve en passieve maatregelen om zijn gebouw te beschermen. Hij past de reglementen toe van de gemeente (brandweereisen) en van de federale overheid. Bijlagen 1 tot 5 van het Koninklijk Besluit (KB) van 19 december 1997 leggen de basisnormen vast waaraan nieuwe gebouwen met verdiepingen moeten voldoen inzake preventie tegen brand en ontploffing.

De toekomstige bijlage 6, die betrekking heeft op bedrijfsgebouwen, waartoe gebouwen voor de landbouw behoren, moet nog getekend worden. Toch passen de brandweerdiensten (die dit ontwerp van bijlage 6 kennen) ze reeds toe. Ze vormt een synthese van de goede praktijkregels in België.

Tot slot dient onderstreept te worden dat deze reglementering enkel betrekking heeft op de bescherming van personen, niet van goederen noch gebouwen. Het is aan de architect en bouwheer om hier keuzes te maken.





Het agrarisch milieu is chemisch agressief. Daarom zijn een goede verdichting, evenals een zo laag mogelijke water-cementfactor zeer aangewezen om een goede duurzaamheid te bekomen. Dit zijn essentiële kenmerken eigen aan prefab beton.
De vervaardiging in de fabriek biedt nog tal van andere voordelen:

- *Elk element dat door de fabrikant als onbevredigend wordt geacht, wordt verwijderd.*
- *Na de fabricage bevindt het element zich in gunstige verhardingsomstandigheden.*
- *De fabriek beschikt over vakkundig personeel en de geschikte uitrusting voor de vervaardiging van een welbepaald type element. Ervaring is een niet te onderschatten troef.*
- *In sommige gevallen kan het interessant zijn het element in een andere positie te storten dan die waarin het op de bouwplaats gemonteerd zal worden. Dit biedt interessante mogelijkheden op gebied van esthetische afwerking.*

Natuurlijk biedt de snelle plaatsing ook een aanzienlijk voordeel. Bovendien is deze doorgaans eenvoudig, maar ze moet hoe dan ook in overeenstemming zijn met de aanbevelingen van de fabrikant.

6. GEVELBEKLEDINGSELEMENTEN

Wanneer ze stevig verbonden zijn met de structuur, vervullen betonnen gevelbekledingselementen van loodsen en stallen de functies van zowel afdichting als windverband. Zij zorgen voor de omhulling van de draagconstructie en vangen meestal zonder aanvullende verstijving de windbelastingen op die vervolgens via de kolommen en balken naar de funderingen worden overgedragen.
Onder de courante opties van gevelbekleding in agrarische gebouwen vindt men :
- traditioneel metselwerk;
- wandelementen (betonpanelen).

Ze kunnen ontworpen zijn als zelfdragend of opgehangen aan het skelet.

Metselstenen

Door hun dubbele functie – afdichten en isoleren, zowel akoestisch als thermisch – bieden betonmetselstenen de klassieke oplossing voor zowel buiten- als binnenmetselwerk.
De op de Belgische markt verkochte metselstenen kunnen in klasses ingedeeld worden volgens verschillende criteria, namelijk:
- het materiaal waaruit ze gemaakt zijn: compact beton van harde toeslagmaterialen voor metselstenen met grote mechanische weerstand; of halfopen lichtgewichtbeton met lichte toeslagmaterialen van natuurlijke oorsprong (bijv. Bims en slak in korrelvorm) of kunstmatige oorspong (bijv. geëxpandeerde leisteen en klei);
- de vorm : vol, hol of geperforeerd, groot of klein;
- de toepassing: metselstenen voor niet-zichtbaar of zichtbaar metselwerk; voor buiten- of binnenmetselwerk.

Voor niet-zichtbaar metselwerk worden zowel lichte als zware betonmetselstenen gebruikt. De lichte betonmetselstenen (volumieke massa = 600 à 1900 kg/m^3), waarbij hoofdzakelijk geëxpandeerde klei als licht toeslagmateriaal wordt gebruikt, worden meestal toegepast voor binnenmetselwerk. In vergelijking met de zware betonmetselstenen (volumieke massa > 1900 kg/m^3) vertonen zij een hogere kruip en krimp, maar beschikken over een betere thermische en akoestische isolatie en een verhoogde brandweerstand.
Voor zichtbaar metselwerk bestaat er een zeer breed gamma van zware betonmetselstenen. Alle kleuren zijn mogelijk : wit, grijs, zwart, rood, geel... Gekleurde granulaten van goede kwaliteit geven aan het beton een zeer mooi uitzicht. Bovendien zijn verschillende texturen en structuren zijn mogelijk.
Het gebruik van BENOR-gecertificeerde betonmetselstenen vormt een kwaliteitswaarborg. Dergelijke stenen voldoen immers aan de strenge eisen van de norm NBN B21-001 *"Specificaties voor betonmetselstenen"*. De eisen betreffen enerzijds de maat-, vorm- en aspectkenmerken, en anderzijds de mechanische en fysische kenmerken : druksterkte, volumemassa van de metselsteen en van het beton, krimp en opzwelling, wateropslorping en vorstweerstand. De metselstenen kunnen dan worden ingedeeld in verschillende klassen volgens hun toepassing : buiten-, funderings-, zichtmetselwerk...

Wandelementen

Wandelementen zijn plaatvormige elementen die verticaal of in lichte helling geplaatst worden. De verschillende op de markt beschikbare kleuren en vormen laten toe gebouwen te realiseren met een verzorgde architectuur en waarbij de technische functies van de constructie niet uit het oog worden verloren. Bijkomende voordelen zijn:
- groot formaat, met bovendien een beperkt aantal bevestigingen en voegen, en een snelle montage;
- waterondoorlatendheid : de voegen zijn meestal ontworpen met een tand- en groefverbinding, en worden afgewerkt met een afdichtingskit;
- demonteerbaarheid, waardoor ze kunnen worden hergebruikt, bijvoorbeeld bij een latere uitbreiding van het gebouw.

Wandelementen zijn van gewapend of van voorgespannen beton en omvatten dikwijls twee of drie verschillende lagen, waarvan één een doorlopende isolerende kern vormt (*sandwich*-panelen).
De buitenafwerking kan gewoon ruw zijn of een meer uitgesproken esthetisch karakter vertonen door het gebruik van wit beton en/of een geschikte oppervlaktebehandeling, bijvoorbeeld :
- uitgewassen beton met zichtbare granulaten;
- gestructureerd sierbeton.

Voorbeelden van courant gebruikte wandpanelen zijn in *tabel 4* samengevat. Elke fabrikant heeft zijn eigen standaardafmetingen. Veelgebruikte lengtes zijn nochtans 5 en 6 m. Alle afmetingen kunnen afhankelijk van de vraag binnen een bepaald bereik variëren.

Binnen het controle-organisme van betonproducten (PROBETON) werd een werkgroep belast met het opstellen van technische voorschriften voor de certificatie van deze elementen en het gebruik van het BENOR-merk. Dit document (PTV nr. 212 – *"Delen A t.e.m. D – Geprefabriceerde wandelementen van gewapend beton en van voorgespannen beton"*) zal voorschriften geven voor de grondstoffen, de fabricage en de afgewerkte producten. Binnenkort wordt het dus mogelijk wandelementen te verkrijgen voorzien van het BENOR-merk, hetgeen een kwaliteitsgarantie inhoudt. Hierbij moet worden opgemerkt dat PTV 212 aan het betonoppervlak een criterium stelt inzake wateropslorping. Dit is een belangrijk gegeven voor de hygiëne en reinigbaarheid van gebouwen.

Type wandelement	Aantal lagen	Laagkenmerken
Betonwanden	1	Glad beton gestort op een metalen bekisting. Dergelijke panelen worden meestal gebruikt voor specifieke toepassingen zoals keermuren, binnenmuren, brandmuren, enz.
Holle wanden	1	Eén enkele laag voorzien van doorlopende holten in langsrichting. Het betreft een voordelige oplossing wanneer aan het gebouw geen thermische isolatie-eisen gesteld worden. Merk op dat het buitenoppervlak gebezemd wordt.
Silex panelen	2	- Buitenlaag : beton op basis van silex granulaten. Na verharding wordt deze laag onder hoge druk uitgewassen, zodat de silex granulaten zichtbaar worden. - Binnenlaag : grijs beton; deze laag wordt handmatig afgestreken.
Silex sandwich panelen	3	- Buitenlaag : idem silex panelen. - Tussenlaag : isolerende laag van geëxpandeerd polystyreen of polyurethaan. - Binnenlaag : idem silex panelen.
Panelen met otoonmotief	1	Het beton wordt gegoten op een rubberen mat met bakstoenmotief. Het eindresultaat is een paneel met een gemetseld uitzicht, maar dan wel volledig in beton. Voor de kleur kan men kiezen tussen grijze panelen die dan nadien vaak geschilderd worden, ofwel rode panelen die geen verdere afwerking vergen. Er moet wel opgemerkt worden dat "steen" en "voeg" bij deze panelen dezelfde kleur hebben.
Panelen met steenstrips	2	- Buitenlaag : echte steenstrips (gewone gevelstenen maar minder dik). Er is keuze tussen verschillende steen- en voegkleuren. - Binnenlaag: grijs beton voorzien van een wapeningsnet. Deze laag wordt handmatig afgestreken. Het eindresultaat is nauwelijks te onderscheiden van een traditioneel gemetselde muur in gevelsteen.

Tabel 4 : Overzicht van verschillende types wandpanelen

© Ployaert/P. Van Audenhove

7. DAKBEDEKKINGSELEMENTEN

Betondakpannen

Door hun fysico-mechanische én esthetische kenmerken hebben de betondakpannen een belangrijk aandeel op de markt van de dakbedekkingsmaterialen kunnen verwerven. Ze bieden volgende voordelen :

- gemakkelijke plaatsing dankzij hun maatvastheid en vlakheid;
- interessante esthetische kenmerken dankzij de verschillende beschikbare kleuren en de gevarieerde vormgeving;
- economisch aspect.

Noteer dat in België betondakpannen met BENOR-merk beschikbaar zijn. Het certificaat wordt door PROBETON toegekend aan dakpannen die voldoen aan de eisen van de norm NBN EN 490 *"Betonnen dakpannen en toebehoren - Productspecificaties"*. De vergunning is gecombineerd met een Technische Goedkeuring (ATG) voor het dakbedekkingssysteem.

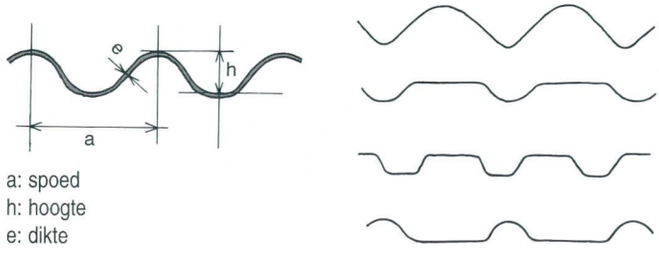
Geprofileerde platen van vezelcement

Geprofileerde platen van vezelcement zijn elementen waarvan de dwarsdoorsnede uit golven bestaat zoals aangegeven in *figuur 12*. Vroeger werden asbestvezels gebruikt, maar sedert een aantal jaren is overgeschakeld op asbestvrije producten. Thans kunnen en mogen op de markt uitsluitend asbestvrije producten verhandeld worden. Asbestvrije golfplaten zijn te herkennen aan de vermelding NT *(Non asbestos Technology)*, overeenkomstig de norm NBN EN 494 – *"Geprofileerde platen van vezelcement en hulpstukken voor daken – Productspecificatie en beproevings methoden"*, dit in tegenstelling tot de vroegere asbesthoudende golfplaten die met AT *(Asbestos Technology)* werden aangeduid. De vermelding is steeds samen met nog andere fabricatiegegevens terug te vinden op de golfplaten en is in het materiaal geperst.

De vezelcement golfplaat combineert op een unieke wijze volgende eigenschappen:

- weerbestendigheid : langdurige bescherming tegen weer, wind, regen en vorst;
- bestandheid tegen chemische invloeden : daar waar andere materialen na korte tijd in een corrosief milieu worden aangetast, bieden vezelcementproducten een lange levensduur;
- diffusiegedrag : door een hoge buffercapaciteit zijn ze ideaal bij toepassingen boven ruimtes met hoge dampproductie;
- gunstig gedrag bij brand;
- geluidsisolatie : door de voldoende hoge massa per m^2 is er een goede demping van het geluid van regen en hagel;
- licht gewicht : hierdoor is een lichte dakconstructie mogelijk;
- grote biologische weerstand : het product wordt niet aangetast door insecten, e.d.;
- esthetische kenmerken.

Fig. 12 : Verschillende soorten geprofileerde platen



a: spoed
h: hoogte
e: dikte

(bron EN 494 : 1994)

AGRARISCHE GEBOUWEN : IN HARMONIE MET HET LANDSCHAP?

De laatste jaren evolueerden bedrijfsgebouwen tot uniforme rechthoekige loodsen zonder enige architecturale creativiteit. Door een verkeerde inplanting, schaal en kleurgebruik steken ze vaak scherp af in het landschap.

Het is nochtans mogelijk bedrijfsgebouwen beter te integreren in het landschap. Dit is niet alleen voor de land- en tuinbouwer aangenamer, het komt ook het imago van de landbouwsector ten goede. Enkele ideeën en suggesties:

- Vermijd zoveel mogelijk dat de gebouwen verspreid liggen. Een versnipperde inplanting is economisch ongunstig en verstoort de kwaliteit van het landschap.
- Geef de voorkeur aan eenvoudige, niet te grote gebouwen. Het verdient aanbeveling een grondoppervlakte van 1200 m^2 en een lengte van maximum 70 m niet te overschrijden. Indien dit niet mogelijk is, bestaan er verschillende mogelijkheden om lange gebouwen minder te doen opvallen. Het gebouw kan bijvoorbeeld in twee volumes opgesplitst worden. Zo kan bij melkveestallen de lengte van het gebouw gemaskeerd worden door het melklokaal als aparte eenheid voor de stal te plaatsen. Door de structuur van het gebouw zichtbaar te maken krijgt de gevel ritme. Hoge struiken kunnen de impact van het gebouw verzachten. Gevelopeningen en poorten hebben een gelijkaardig effect.
- Probeer ook steeds de dakhellingen te uniformiseren. Een gelijke helling van de daken zorgt voor rust, eenheid en harmonie in een hoevecomplex. Uniformisering slaat ook op de dakvorm en de gebruikte materialen .
- Vermijd kleine uitkragende elementen in de topgevels. Ze leiden tot ongelijkmatige veroudering van het muuroppervlak. Sommige zones van het geveloppervlak blijven immers beschut, terwijl andere aan ultraviolette straling en aan regen blootgesteld worden.
- Kies kwaliteitsmaterialen en verwerk ze op een correcte manier. Ongeacht of ze voor de binnenstructuur of de buitenafwerking toegepast worden, zorgen kwaliteitsmaterialen voor een beter gedrag van het gebouw in de tijd. Materialen van slechte kwaliteit geven aanleiding tot vroegtijdige veroudering en een negatieve perceptie van het gebouw. Ook een correcte uitvoeringstechniek maakt het gebouw beter bestand tegen weersomstandigheden, mechanische belastingen enz.
- Neutrale kleuren, d.w.z. grijze, beige en bruine tonen, integreren zich het best in het landschap. Hoe donkerder deze tinten, hoe beter het gebouw zich in de omgeving inpast. Zwart dient echter vermeden te worden, omdat deze kleur door zijn hardheid een te groot volume in het landschap in beslag neemt.
- Kies matte materialen : ze weerkaatsen het licht veel subtieler dan glanzende. In volle zon worden deze laatste wit en trekken de aandacht.
- De kleurkeuze van de materialen is sterk afhankelijk van de bestaande hoeve. Vooral de kleur van dakbedekkingen moet in harmonie zijn met de bestaande daken. Ook de kleur van de poorten moet afgestemd worden op de bestaande poorten en/of passen bij de dakbedekking.

8. KEERMUREN

Dit zijn elementen van gewapend beton in de vorm van een L of een omgekeerde T, of platen. Soms worden ook massieve betonblokken aangewend die koud op elkaar worden gestapeld. Keermuren worden gebruikt voor de meest uiteenlopende goederen en stoffen : voeder, granen, aardappelen, bieten, meststoffen, mest... *(zie ook kaderstuk)*. Sleufsilo's vormen evenwel de belangrijkste toepassing. In vergelijking met een rij-kuilsilo biedt een sleufsilo verschillende voordelen, namelijk:

- meer opslagcapaciteit per m^2 bodem : het ruimtebeslag van de silo wordt beperkt;
- betere kwaliteit van de producten: ze worden beter samengedrukt, vooral zijdelings, en onder betere veiligheidsomstandigheden;
- het opgeslagen voeder is gemakkelijker af te dekken en af te dichten;
- het wegnemen uit de silo's is gemakkelijker omdat langs de randen het opgeslagen materiaal bijna even hoog komt als de muur; er treden dan ook minder verliezen op aan de randen.

Elementen in L-vorm of omgekeerde T

Figuur 13 geeft verschillende voorbeelden van L- of omgekeerde T-elementen. Er bestaan ook hoekelementen. Elke fabrikant bezit zijn eigen gamma, maar over het algemeen zijn de afmetingen als volgt:

- nuttige hoogte : 0,50 tot 4,00 m;
- breedte van het voetstuk (zool) : 0,60 tot 2,25 m;
- wanddikte : 0,09 tot 0,16 m;
- lengte : 1,00 tot 4,00 m.

De keermuren worden geplaatst op een bed van gestabiliseerd zand dat minstens 15 cm dik is en minstens 20 cm breder dan de zool van de betonelementen. In het geval van bodems met gering draagvermogen (waterverzadigde kleigrond die zeer vervormbaar is onder aslasten van 13 ton), kan het noodzakelijk zijn een gewapende betonplaat te voorzien. Niettemin wordt steeds een zandlaag van minimum 1 cm dikte tussen de gewapende betonplaat en de keermuren voorzien. De fundering moet zeer effen zijn, zonder golvingen. Dit vergemakkelijkt de plaatsing en maakt het mogelijk dat de zijvlakken van de elementen over de volledige hoogte tegen elkaar aansluiten.

In de regel is de binnenkant glad bekist, zodat de opgeslagen stoffen zich beter kunnen zetten. De buitenkant is glad bekist, handmatig afgestreken of geborsteld. Op speciale aanvraag leveren bepaalde fabrikanten uitvoeringen in gewassen beton (zichtbare granulaten).

Het concept van een sleufsilo van L- of omgekeerde T-elementen biedt volgende voordelen :

- snelle en eenvoudige plaatsing;
- mogelijkheid tot latere uitbreiding van de silo;
- de elementen zijn steeds verwijderbaar.

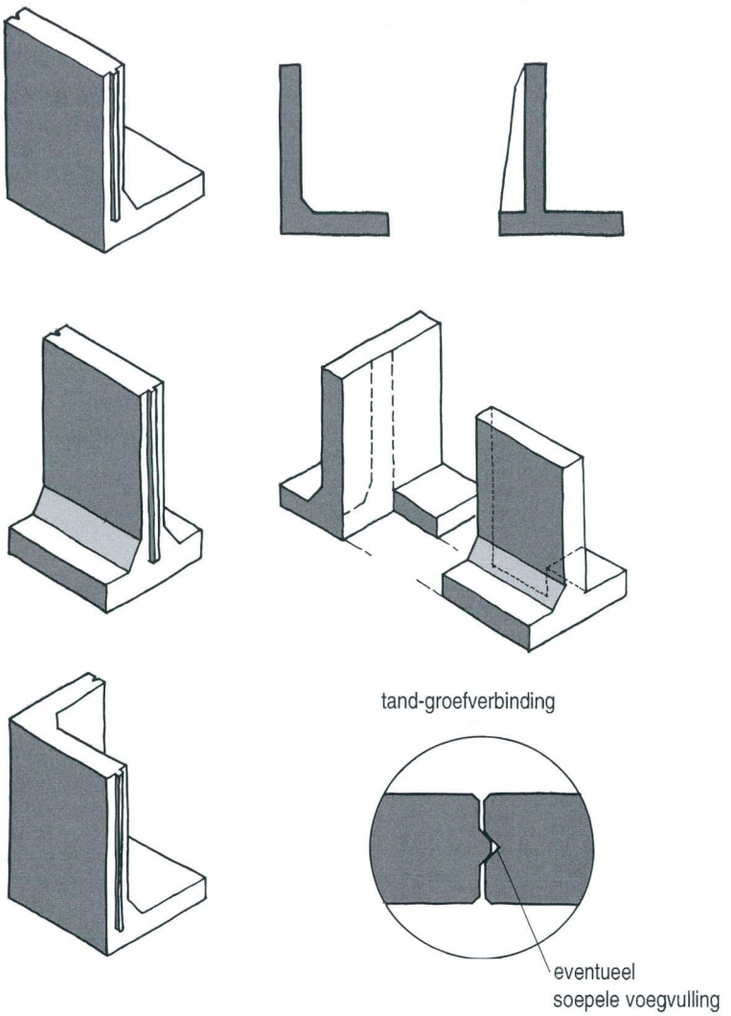


Fig. 13 : Voorbeelden van L- of omgekeerde T-elementen

MESTTANKS VAN PREFAB BETON

Het is mogelijk een (bovengrondse) mesttank te bouwen met behulp van keermuurelementen van prefab beton. Die heeft een cilindervormig grondplan met een diameter gelegen tussen 5 en 31 m. De wanden bestaan uit elementen met een hoogte begrepen tussen 3 en 6 m. De nuttige opslagcapaciteit kan bijgevolg meer dan 3000 m^3 bedragen. De keermuurelementen worden op een betonplaat geplaatst en onderling verbonden door naspankabels die zich aan de buitenkant bevinden.

M. Gronemberger

Plaatvormige elementen

Het betreft vlakke platen met openingen aan hun basis zodat ze door middel van wapeningen in de ter plaatse gestorte bodemplaat van de silo kunnen verankerd worden.
Figuur 14 illustreert de plaatsing van deze elementen. In het terrein wordt een sleuf gegraven van minstens 40 cm diep en 50 cm breed. Hierin worden betonblokken gelegd (30x30x30 cm^3) waarop vervolgens de geprefabriceerde elementen worden gezet. De elementen worden vóór het storten van het beton op hun plaats gehouden met houten schoren. Door de uitsparingen worden wapeningsstaven geplaatst. Hun diameter bedraagt 8 mm voor elementen met een nuttige hoogte kleiner of gelijk aan 2 m, en 12 mm voor elementen waarvan de nuttige hoogte groter is dan 2 m. Vervolgens wordt de bodemplaat van de silo gegoten. Aan de buitenkant van de silo loopt de bodemplaat onder de elementen door over een breedte van 50 cm.
Net als de L- of omgekeerde T-elementen worden ze voorzien van een tand en groefverbinding. De voegen worden gebeurlijk gevuld met een elastisch materiaal. Eén vlak van het element is glad bekist, het ander is handmatig afgestreken. De afmetingen zijn als volgt:
- nuttige hoogte : 0,80 tot 3,50 m;
- wanddikten : 0,14 tot 0,22 m;
- lengte : 1,50 tot 3,00 m.

Stapelblokken

Dit zijn massieve betonblokken die koud op elkaar worden gezet. De opbouw is in feite identiek aan het 'LEGO'-systeem. Om de stabiliteit van een op die manier gebouwde muur te verzekeren, omvat het gamma verschillende blokkenformaten:
- lengte : 600 tot 1800 mm
- breedte : 600 tot 800 mm
- hoogte : 500 tot 600 mm
- massa : 500 tot 1500 kg.

De stabiliteit van dergelijke muren, die soms tot 4 meter hoog zijn, kan nog worden verhoogd door in de blokken stalen staven te verwerken *(fig. 15)*.
Net zoals voor de L- of omgekeerde T-elementen, kan met dit systeem een keermuur worden gebouwd die moduleerbaar blijft en op elk moment verplaatst kan worden.
In alle hierboven beschreven gevallen is het nuttig op de bodemplaat en de silowanden een bekleding *(coating)* aan te brengen. Deze beschermt het beton tegen rechtstreeks contact met de zure omgeving.

Fig. 14 : Plaatsing van plaatvormige elementen

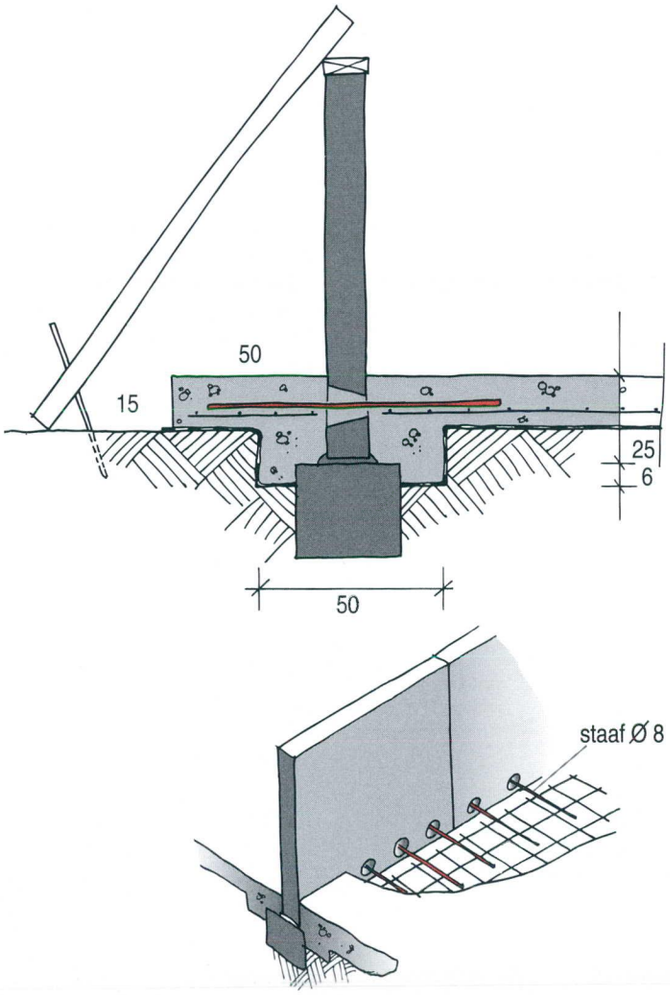
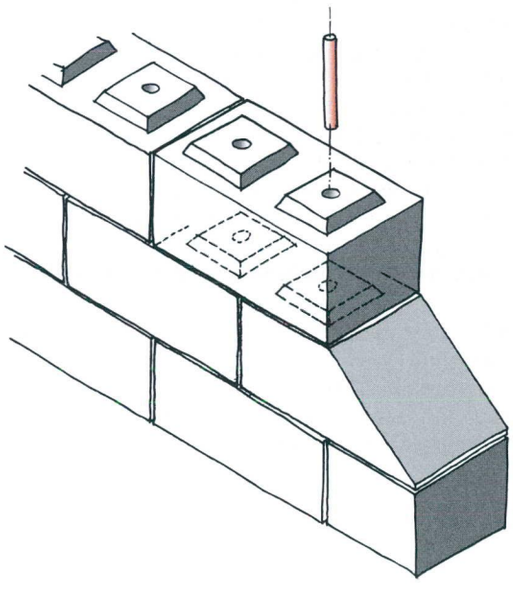


Fig. 15 : Ineenpassende blokken en stalen veiligheidsstaven



9. BEKISTINGSBLOKKEN

Bekistingsblokken *(fig. 16)* zijn holle betonblokken waarin verticale en horizontale wapeningen kunnen worden aangebracht. Ze zijn geprofileerd zodat ze koud (d.w.z. zonder mortel) kunnen worden gestapeld om als bekisting te dienen van een skelet in ter plaatse gestort gewapend beton. De blokken hebben een rechte of gebogen vorm en kunnen gebruikt worden voor de bouw van keermuren voor sleuf- of andere silo's, ronde of rechthoekige tanks, mestkelders... De keermuren kunnen tot 5 m hoog zijn. Voor brandmuren of dragende wanden is er geen hoogtebeperking.
De plaatsing van deze elementen is zeer eenvoudig. Ze gebeurt op een goed genivelleerde bodem en zonder mortel. Stapeling zonder mortel is mogelijk omdat de blokken na vervaardiging nauwkeurig gekalibreerd worden. De eerste laag wordt op funderingsblokken geplaatst, samen met de wachtbeugels voor de verticale wapeningen en die van de bodemplaat. De horizontale wapeningen worden in een daartoe voorziene gleuf gelegd naargelang de stapeling vordert. De blokken van twee opeenvolgende lagen worden geschrankt. Als de gewenste muurhoogte bereikt is, worden de verticale wapeningen geplaatst. Dan wordt de voet van de muur of de bodemplaat gebetonneerd. Nadat dit beton is opgesteven, worden de muren zelf gestort *(zie kader)*.

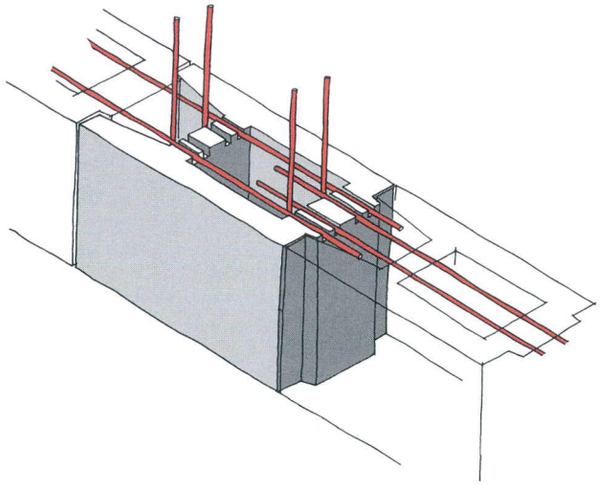


Fig. 16 : Bekistingsblokken

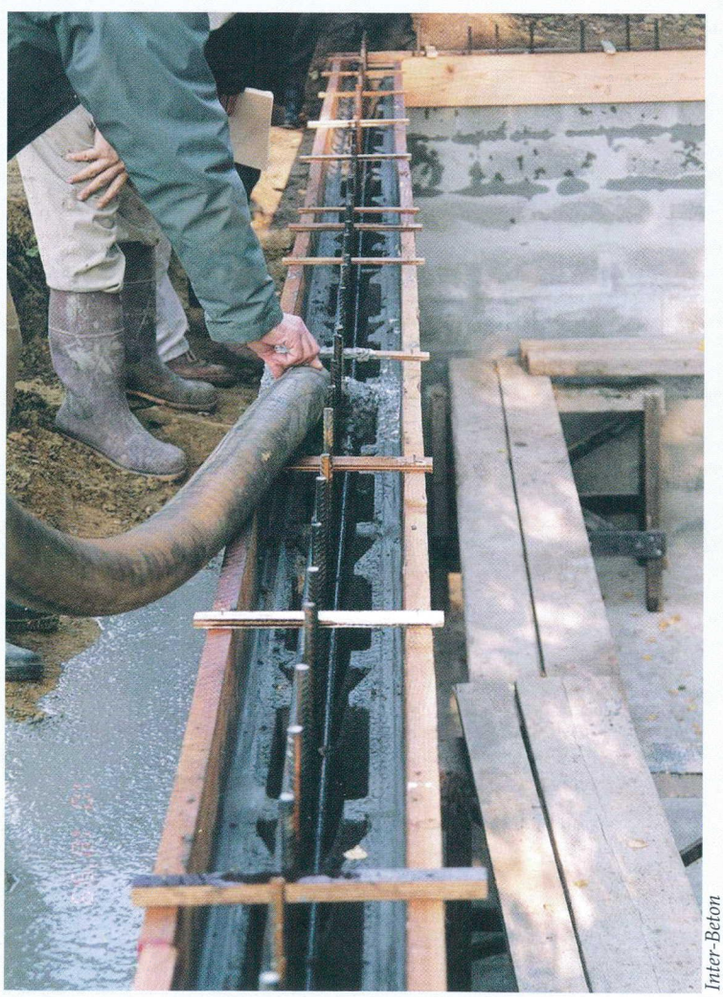
ZELFVERDICHTEND BETON

Zelfverdichtend beton is een zeer vloeibaar, homogeen en stabiel beton dat zonder trillen verwerkt wordt (het verdichten gebeurt enkel door de zwaartekracht) en aan de structuur een minstens gelijkwaardige kwaliteit geeft als die van klassiek getrild beton.

Kenmerkend voor zelfverdichtend beton zijn de eigenschappen in verse toestand :

- Dit type beton moet in de eerste plaats vloeien onder zijn eigen gewicht.
- Het moet ook vloeien in moeilijk bereikbare zones (in een bekisting met dichte wapening...) zonder dat het getrild wordt. Een grote vloeibaarheid is hierbij geen voldoende voorwaarde : bij het uitvloeien in een moeilijk bereikbare zone moet het beton eveneens goed weerstand bieden tegen ontmenging.
- Ook na het storten moet de specie een goede weerstand vertonen tegen statische ontmenging, en dit tot aan de binding. Dit is uiteraard noodzakelijk voor de homogeniteit van het beton.
- Het beton mag zich niet zetten of teveel aanmaakwater uitzweten, anders vermindert de aanhechting van de wapeningen in de bovenzone.
- Dergelijk beton is meestal pompbaar.

Door zijn gemakkelijke verwerkbaarheid en de hoge vullingsgraad van dicht gewapende, moeilijk bereikbare ruimtes, is zelfverdichtend beton perfect geschikt als vulspecie voor muren van bekistingsblokken.



Inter-Beton

Van der Velden

10. BODEMPLATEN

Bodemplaten zijn bedrijfsvloerplaten van ongewapend, gewapend, of zelfs voorgespannen beton. Deze platen kunnen omrand zijn door een stalen hoekprofiel.
De toepassingsmogelijkheden van deze elementen, zowel buiten als binnen, zijn veelvoudig: bodemplaat voor sleufsilo's, vloer van opslagruimte buiten of overdekt, erf, oprit, kasvloer…
De breedte van de platen bedraagt doorgaans 1 m en de lengte 2 of 3 m. De dikte schommelt tussen 10 en 16 cm. Plaatdikte, betonkwaliteit en wapening zorgen voor de weerstand van het element ten aanzien van de uitwendige belastingen. De platen zijn ontworpen voor toelaatbare aslasten van 10 tot 20 ton (200 kN).
Volgende oppervlakte-afwerkingen zijn mogelijk:
- bezemen : voornamelijk voor wegverhardingen, erven;
- afstrijken : voor sleufsilo's, opslagplaatsen;
- bezemen of afstrijken met toevoeging van een slijtlaag.

Om de verhandeling en plaatsing te vergemakkelijken zijn de platen voorzien van twee hijsopeningen. Ze worden op een verdicht zandbed gelegd met een dikte van minimum 10 cm. Heeft de grond slechts een gering draagvermogen (zoals kleigronden, die vervormbaar zijn onder een aslast van 13 ton), dan is het aangewezen zand-cement te gebruiken. Bij de plaatsing moet tussen elk element een voeg van minstens 5 mm voorzien worden. Vervolgens worden de voegen gevuld met zand; afdichten met een kit hoeft niet.
Bodemplaten zijn zo ontworpen dat ze verwijderbaar zijn en volledig en gemakkelijk hergebruikt kunnen worden. Bovendien kunnen plaatselijke zettingen van de fundering gemakkelijk opgevangen worden, ongeacht de grootte of de plaats van de zetting.
Er dient opgemerkt te worden dat er ook bodemplaten met gaten bestaan (ongeveer zoals geperforeerde roostervloerelementen voor stallen met stro). Omdat ze een gedeeltelijke doorgroei van het gras toelaat, kan een dergelijke betonverharding gebruikt worden als verbindingsweg tussen weide en stal. Deze oplossing is ideaal om te vermijden dat het terrein in een moederpoel herschapen wordt.

FEBELCEM

dit bulletin is een publicatie van :
FEBELCEM - Federatie van de Belgische Cementnijverheid
Voltastraat, 8 - 1050 Brussel
tel. 02 645 52 11
fax 02 640 06 70
http://www.febelcem.be
e-mail: info@febelcem.be

auteur :
Ir C. Ployaert

vertaling :
V. Van Caeneghem

foto's :
A. Nullens
(tenzij anders vermeld)

verantw. uitgever :
J.P. Jacobs

wettelijk depot:
D/2002/0280/06

0BIBLIOGRAFIE

PTV 203 : Geprefabriceerde roostervloerelementen van gewapend beton en van voorgespannen beton voor stalgebouwen
Brussel : PROBETON, 1998

PTV 201 : Geprefabriceerde holle vloerelementen van gewapend beton en van voorgespannen beton
Brussel : PROBETON, 1997

NBN B21-001 : Metselstenen - Specificaties voor betonmetselstenen
Brussel : BIN, 1988

NBN-EN 490 : Betonnen dakpannen en toebehoren - Productspecificaties
NBN-EN 494 : Geprofileerde platen van vezelcement en hulpstukken voor dakbedekkingen - Productspecificatie en proefmethoden
Brussel : BIN, 1994

VERVAKE V. ; SONCK B.
Betonvloeren : kwaliteitseisen, normalisatie, onderhoud en reparaties
Studienamiddagen : Bevloering in melkveestallen
Ministerie van Middenstand en Landbouw, 2000

SONCK B. ; BOUSSERY K.
Rundveestallen milieu- en diervriendelijke inrichten – Een hele evolutie
Boer & Tuinder – Landbouw & Techniek, 2000, nr. 23, p. 18

DAELEMANS J.
De varkensstal : comfort voor dier en mens
in: *Hygiëne en comfort in de varkensstallen*
Ministerie van Middenstand en Landbouw, maart 1998

SMOLDERS M. ; VAN WAGENBERG G.
Ondergronds luchtinlaatsysteem bij vleesvarkens functioneert goed.
Praktijkonderzoek varkenshouderij
Proefstation voor de varkenshouderij te Rosmalen, dec. 2000, nr. 6

HENDRIKS J.; DE LEEUW L.
Introductie van emissie-arme stallen in Vlaanderen
AgriBETON, 2e trim. 2001, nr. 2, p. 18-21

PIETERS D.
Systeembouw met steenmotief of steenstrips
AgriBETON, 4e trim. 1999, nr. 4, p. 27

Conseils pour l'intégration paysagère des bâtiments agricoles.
Direction générale de l'agriculture – Direction générale de l'aménagement du territoire, du logement et du patrimoine
Ministère de la Région wallonne, 2001

STORME K.
Architectuur en Landbouw – Boeren werken aan landschapsopbouw – Agrarische gebouwen in harmonie met hun omgeving ?
Bouw & Renovatie, sept.-okt. 2000, nr. 56

SPINCEMAILLE L.
Daken in golfplaten van vezelcement
AgriBETON, 2e trim. 2001, nr. 2, p. 14-17

FOUARGE B.
Silo's
Tijdschrift Beton, nr. 148, p. 69-80
Brussel: FEBE, dec. 1998

Les produits en béton préfabriqués en usine
Fiche Technique AB5
Paris : CIMBETON, 2000

Bétons auto-plaçants – Recommandations provisoires
Paris : Association française de Génie civil, juli 2000

BETON ADEMT

Met onze dank aan de talrijke fabrikanten van betonproducten voor hun technische en didactische bijstand.