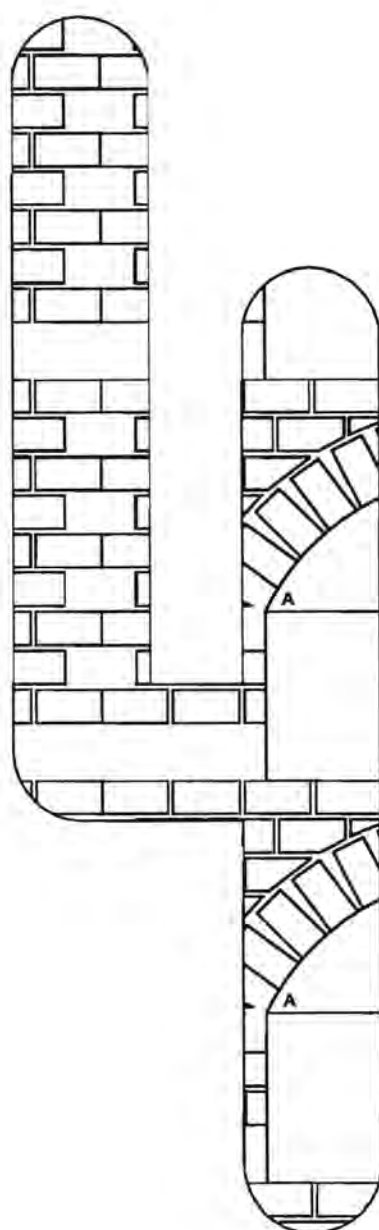




BOUW

EEN HUIS IS GEEN KAARTENHUIS

CORA VAN WITTMARSCHEN
LIANNE DE VET

TIMMERVROUW

Cora van
Wittmarschen



**'als timmervrouw
heb je de hele
bouw in de hand'**

'Timmeren vind ik het mooiste wat er is,' zegt Cora van Wittmarschen. Ze doceert het timmervak aan het CVTB (Centrum Vakopleiding Technische Beroepen). Het CVTB is een praktijkgerichte opleiding. Tachtig procent van de tijd wordt besteed aan praktijkonderricht, de resterende twintig procent aan theorie. Behalve in timmeren wordt er lesgegeven in metselen, schilderen, stucadoeren en tegelzetten, de zogenaamde 'natte bouw'; en verder in de metaalvakken lassen, constructiebankwerken, elektro en elektronica. Naast haar werk bij het CVTB studeert Cora in de avonduren aan de PTHN, de Pedagogische Technische Hogeschool Nederland te Utrecht. Na deze opleiding zal ze bevoegd docent timmeren zijn.

Cora volgde na het vwo een halfjaar de Sociale Academie. Ze wilde graag met mensen werken maar merkte al snel dat het louter theoretisch gepraat op de academie haar niet zo lag. Daarom besloot ze in de psychiatrie te gaan, waar de combinatie werken/leren haar meer aansprak. Na drie jaar werkzaam te zijn geweest in de psychiatrie, stapte ze over naar het bouwvak.

'Ik werkte altijd al liever met mijn handen. In de psychiatrie knapte ik samen met de cliënten de kapotgegooide stoelen op. Dat vond ik wel een goede therapie: prima als je een stoel kapot maakt om je woede kwijt te raken, maar dan moet je hem ook maar zelf repareren. En ik deed mee omdat ik het leuk vond.' Ze woonde in die tijd in kraakpanden die door de bewoners zelf werden opgeknapt. 'Gas, elektra en water aanleggen, muren metselen, noem maar op. Op een bepaald moment ben ik bij het vrouwenklussencollectief gaan werken. Voor vijf gulden per uur deden we klussen voor vrouwen met een uitkering. Ik heb er twee jaar gewerkt, en ik heb er ontzettend veel geleerd. We leerden elkaar de beginselen van het bouwvak.'

Ze volgde een omscholing bij het CVTB, het instituut waaraan ze nu als docent is verbonden. Na haar omscholing heeft ze zes jaar in de bouw gewerkt als timmervrouw. 'Timmeren vond ik het moeilijkst, maar het was het vak dat ik het liefst wilde leren. Want als timmervrouw heb je de hele bouw in de hand. Je begint en je eindigt op een bouw. Dat realiseren de meeste

mensen zich niet. Alle andere vakmensen, de metselaar, de loodgieter, de stukadoor, komen een stukje doen en zijn daarna weer weg, maar de timmerman of -vrouw blijft. Dus moet je ook het overzicht hebben. Je moet de tekeningen kunnen lezen, met machines kunnen omgaan, bijtijds in de gaten hebben dat het hout op is, etcetera.'

Cora was altijd al gefascineerd door constructies. 'Ik wil weten hoe ze in elkaar zitten, en heb heel wat gesloopt om te zien hoe het werkt. Ik werk nu het liefst aan een dak of goot, mooie houten bouwwerken in elkaar zetten.'

Hoe is het om als vrouw in de bouw te werken? 'Het heeft een half jaar gekost voordat ze me echt accepteerden. In het begin schopten ze mijn hamer van de steiger, dan moet je wel even ergens doorheen bijten. Maar dat was acht jaar geleden. De meiden die nu als timmervrouw werken hebben het wat makkelijker. Zolang je je niet anders voordoet dan je bent en laat merken dat je zin hebt om je handen uit je mouwen te steken, gaat het goed. Je moet ook van een geintje houden. Ik merkte dat ik het eerst

werd geaccepteerd door de wat oudere mannen en daarna door de jongens van achttien en jonger. De mannelijke collega's van mijn eigen leeftijd hadden de meeste moeite met een vrouw op de bouw. Ik denk dat ik voor hen het aureool van mannenberoep, het macho-achtige, het meest aantastte. De sfeer op de bouw, het recht voor z'n raap, spreekt me erg aan. Als er iets misgaat dan foeter je even lekker. En het verdwijnt in de lucht, want je hebt geen dak boven je hoofd. Op een kantoor blijft dat allemaal tussen die muren hangen.'

Op de vraag wat ze meiden die in de bouw willen werken zou adviseren, antwoordt Cora: 'Doen!' Maar, voegt ze eraan toe, je moet je wel realiseren dat het een zwaar beroep is. Het is fitness in de praktijk en je werkt soms in het stof of de modder. 'Een steiger plaatsen tussen allemaal troep, doorgaan als het regent - daar moet je wel tegen kunnen. Daar staat tegenover dat je vaak in het zonnetje werkt en boven op een dak over de stad kunt uitkijken. Hoogtevrees kun je overwinnen en kracht is iets wat je vanzelf opbouwt; je hoeft echt geen gespierd manwijf te zijn.' ■

Beroep: timmerkracht (v/m), metselaar (v/m), natuursteenbewerker (v/m), tegelzetter (v/m), betonmodelmaker (v/m)

- Opleiding: leerlingstelsel
- Toelatingseisen: vbo-diploma
- Informatie: Stichting Vakopleiding Bouwbedrijf (SVB), Postbus 16256, 2500 BG Den Haag, tel. 070-3441144

Beroep: medewerker woningbouwvereniging (v/m)

- Opleiding: mts bouwkunde
- Toelatingseisen: vbo-diploma met tenminste wiskunde en natuurkunde, soms alle vakken volgens het C- of D-programma of mavodiploma
- Informatie: AOB, Adviesbureaus voor Opleiding en Beroep; Gemeenschappelijk Bureau voor Opleiding en Beroep, Postbus 345, 3990 GC Houten, tel. 03403-79374

Beroep: bouwkundig opzichter (v/m)

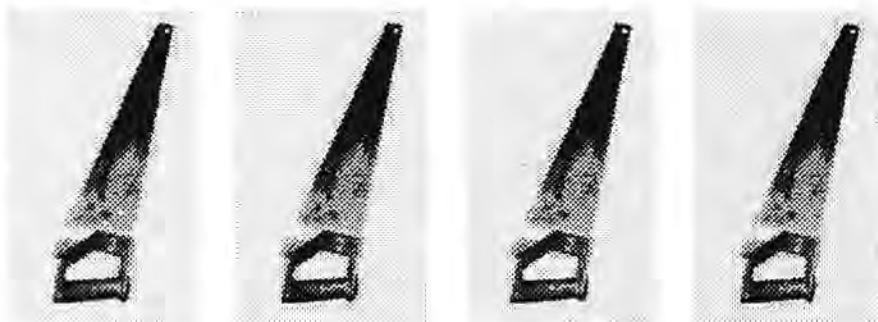
- Opleiding: hts, bouwkunde
- Vooropleiding: havo-diploma met wiskunde B en natuurkunde
- Informatie: AOB, zie adres bij medewerker woningbouwvereniging

Beroep: architect (v/m), stedenbouwkundige (v/m)

- Opleiding: technische universiteit, bouwkunde
- Toelatingseisen: vwo-diploma met wiskunde B en natuurkunde
- Informatie: Technische Universiteit Delft, tel. 015-784240 of Technische Universiteit Eindhoven, tel. 040-473990

1

WISKUNDE IN DE BOUW



Inleiding

De architect heeft een huis ontworpen en een bouwtekening gemaakt die ons heel veel informatie verschaft. Hij levert er geen bestellijst bij, dat zullen we zelf moeten doen. In de bouw komt heel wat handigheid om de hoek kijken. Al die handige dingen die een timmervrouw en een metselaar wel weten en wij soms niet, zijn vaak gebaseerd op wiskunde.

In dit lespakket zul je met allerlei verschillende zaken uit de bouw kennismaken: Hoe tekent een bouwvakker een rechte (of **haakse**) hoek op een betonnen vloer? Voordat de metselaar gaat metselen moet de plaats en de vorm van de muur (het **profiel**) op de betonnen

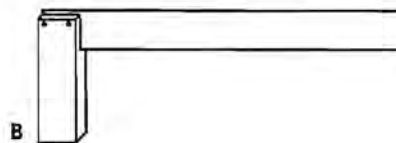
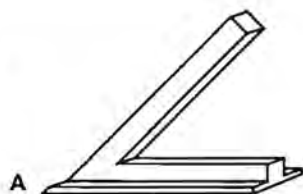
vloer getimmerd worden met houten latten. Deze vorm mag niet kunnen verschuiven. Hoe kiest de timmervrouw de plaats van een deur? Het metselwerk moet mooi doorlopen. Wanneer de muren af zijn komen er balken op voordat de houten vloerdelen getimmerd kunnen worden. Op welke afstand moeten de balken worden gelegd? Hoeveel pannen heb je nodig voor het dak? Naast het huis komt een poortingang met een gemetselde boogconstructie. Voordat een metselaar begint met metselen maakt hij een houten frame waar hij zijn stenen op kan metselen. Hoe maak je zo'n boogvorm?

In de bouw worden nogal wat vaktermen gebruikt. Op pagina 18 is een **woordenlijst** opgenomen.

In verstek zagen

Voordat de timmervrouw een houten balk doorzaagt, tekent zij een lijn op de balk waarlangs zij wil zagen. Om iets netjes recht dus onder een hoek van 90 graden af te zagen gebruikt de timmervrouw een **winkelhaak**. De timmervrouw noemt dit niet recht maar **haaks** zagen.

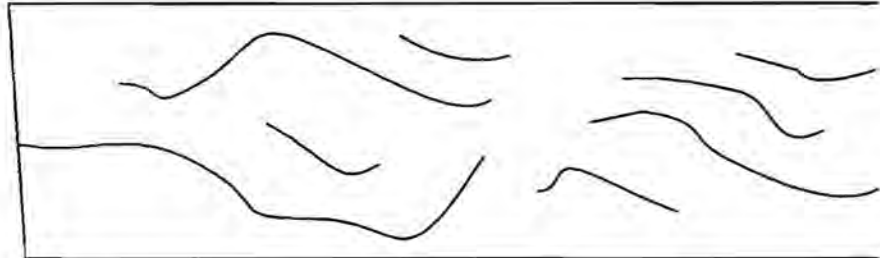
A verstekhaak (45°)
B winkelhaak





- 1 In je geodriehoek zitten 2 winkelhaken verstopt, weet jij waar?

Wil je een plank in een hoek van 45 graden afzagen, dat heet **in verstek**, dan kun je gebruik maken van de verstekhaak. Is deze even uitgeleend, dan kun je dat ook op een andere manier doen:



- 2 a Benodigdheden: geodriehoek of winkelhaak en schaar.
Zorg ervoor dat het uiteinde van de plank kaarsrecht is, dat is meestal niet het geval.
Meet de breedte van deze plank op.
Zet deze afstand in de lengte uit, zodat je een vierkant krijgt.
Teken de diagonalen van het vierkant. Welke hoeken ontstaan er?
- b Knip de plank uit en knip een half vierkant eraf.
Welke vorm kun je van 2 planken maken?
Waar in gebouwen zie je deze toepassingen? Komt dat vaak voor?
Zie je ook een toepassing in het klaslokaal?

Driehoek en vierkant, stevig of niet?

- 3 Maak van vier latjes en vier spijkers een vierkant.
Maak van drie latjes en drie spijkers een driehoek.
Probeer of je beide figuren uit hun vorm kunt duwen.
Wat voor verschil merk je?
Welke vorm gebruik je het meest als je een kaartenhuis bouwt?

Overal om je heen kun je zien dat een driehoek gebruikt wordt om iets te verstevigen. Denk aan het frame van een herenfiets, of de stalen overkapping van stations. Zo'n constructie bestaat vaak uit allemaal driehoeken. Als het vierkanten waren geweest was hij allang in elkaar gestort. Ook het dak van je huis is zo'n voorbeeld. De spanten die het dak dragen worden stevig en onvervormbaar gemaakt door er extra balken tussen te maken die weer driehoeken doen ontstaan. Als je erop gaat letten zie je in de bouwwereld overal driehoekige constructies, om te voorkomen dat een bouwwerk als een kaartenhuis in elkaar zakt!

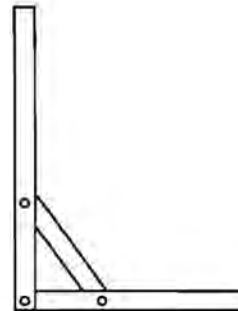
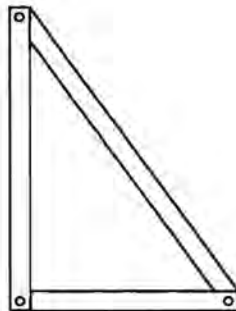


De 3-4-5-steek

De muren van een huis staan bijna altijd **haaks** op elkaar, ze vormen rechte hoeken. Om deze uit te zetten op een kale vloer gebruikt de timmervrouw een **bouwhaak**, een soort superdriehoek. Twee lange latten die samen een rechte hoek vormen en een derde lat om het zaakje vast te zetten. Deze wordt gemaakt met behulp van de 3-4-5 driehoek. Als je een driehoek maakt met deze maten, dan zit er vanzelf een rechte hoek in! Dit volgt uit de stelling van Pythagoras.

- 4 Die 3-4-5 zijn verhoudingsgetallen.
Noem nog twee andere drietallen, waar ook een driehoek met een rechte hoek bijhoort.

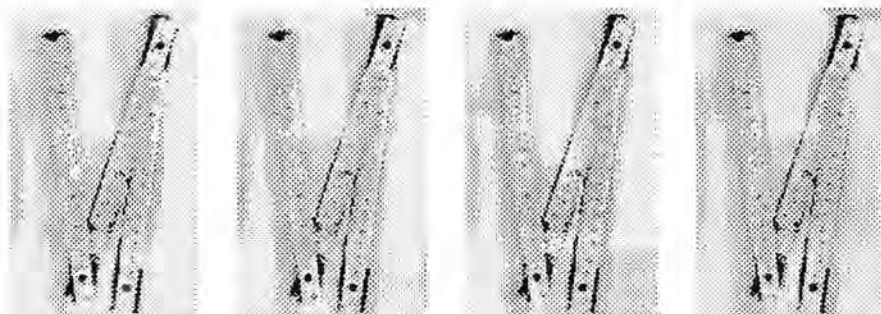
De timmervrouw spijkt de latten zo op elkaar dat er een driehoek ontstaat met deze verhoudingen.



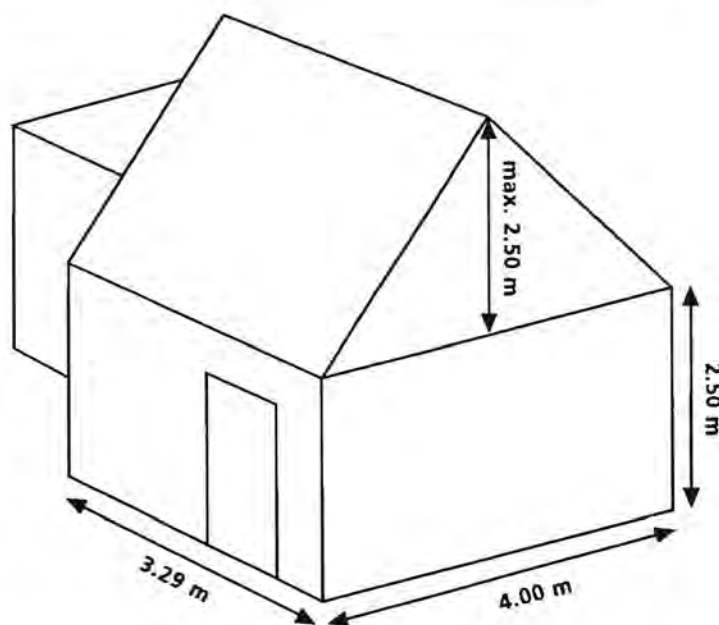
- 5 Maak een bouwhaak van latten van 60 en 80 cm.
Hoe kun je controleren of je een echte bouwhaak hebt?
Die derde lat zit meestal niet aan het einde van die andere twee latten vast, maar helemaal in het begin.
Waarom zou de timmervrouw dat doen?

2

OP DE
BOUWPLAATS



Het uitzetten van de muren



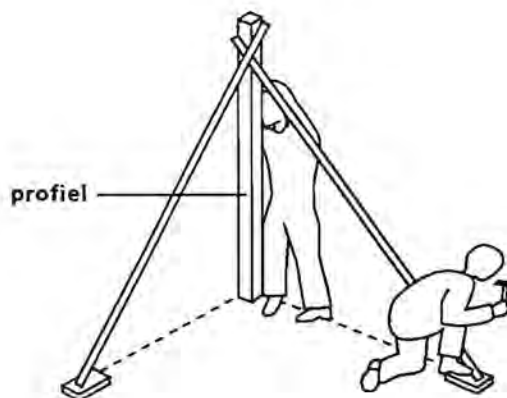
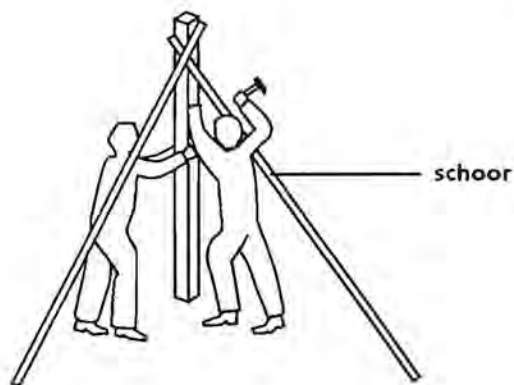
Het huis dat wij willen gaan bouwen is eenvoudig van vorm. Het voorste gedeelte heeft een verdieping met een pannendak. In het achterste gedeelte komt de keuken. Zoals je op de tekening hierboven ziet heeft de keuken een plat dak. Het beton voor de vloer is al gestort, de muren moeten nog gemetseld. Voordat je kunt gaan metselen moet je eerst de plaats waar de muren moeten komen op de vloer aangeven. We gaan de maat van de keuken op de **bouwvloer** uitzetten. De keuken wordt 2.00 meter lang en 2.50 meter breed. Overleg met je docent over de plek van de **bouwplaats**.

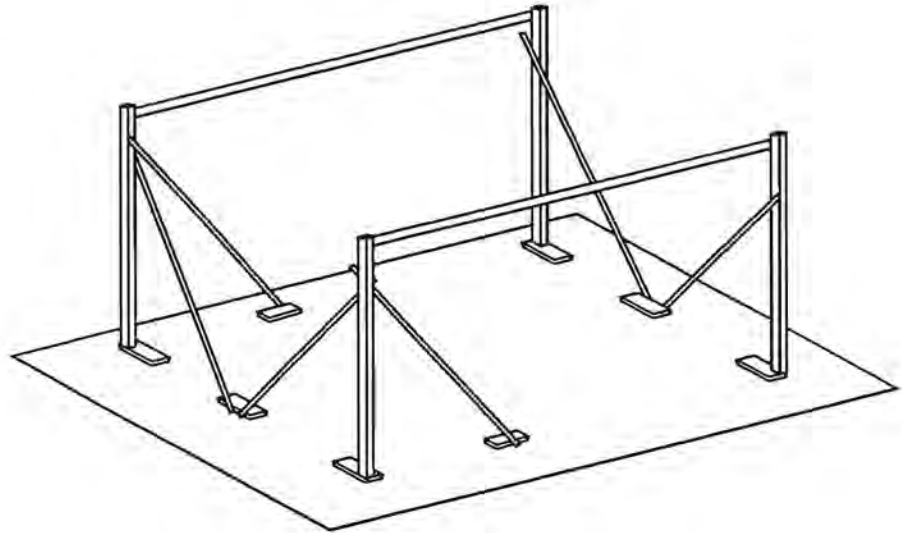


- 6 Benodigdheden: bouwhaak, krijtje, meetlint of meetlat.
 Zet met een krijtje en je bouwhaak een rechte hoek uit.
 Verleng de krijtstreep met een lange lat tot de juiste maat, de muren worden 2 en 2,5 meter.
 Vanaf die aangestreepte punten zet je weer 2 en 2,5 meter uit, zodat de vorm van de keuken zichtbaar wordt.
 Meet de lengte van de twee diagonalen.
 Hoe kun je controleren of je het goed hebt gedaan?

Het stellen van profielen

Om ervoor te zorgen dat de muur kaarsrecht wordt, neemt de timmervrouw een **profiel** en twee **schoren**. De profielen worden aan de vloer vastgezet, precies op de hoekpunten van de muren. De timmervrouw kijkt met de waterpas of het profiel loodrecht staat en een collega spijkt een schuine lat (de **schoor**) vast aan de grond. Elke muur die gemetseld wordt moet keurig waterpas staan, één toren van Pisa is al genoeg! Dat zie je hieronder getekend:

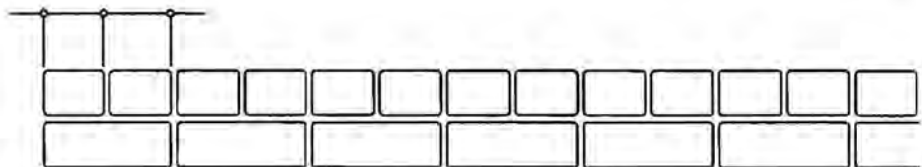




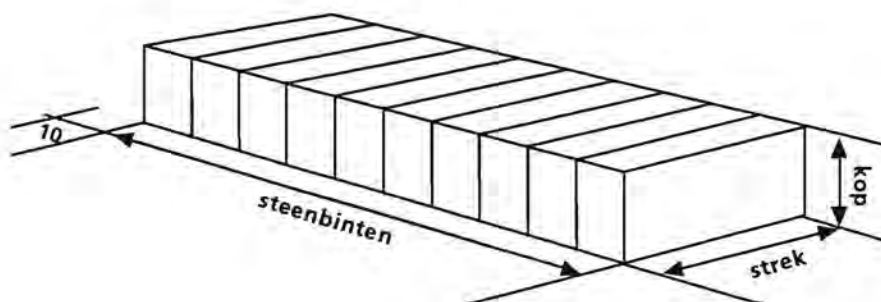
7 Waarom zijn die schuine latten (de **schoren**) aan het profiel bevestigd?

Rekenen met koppenmaat

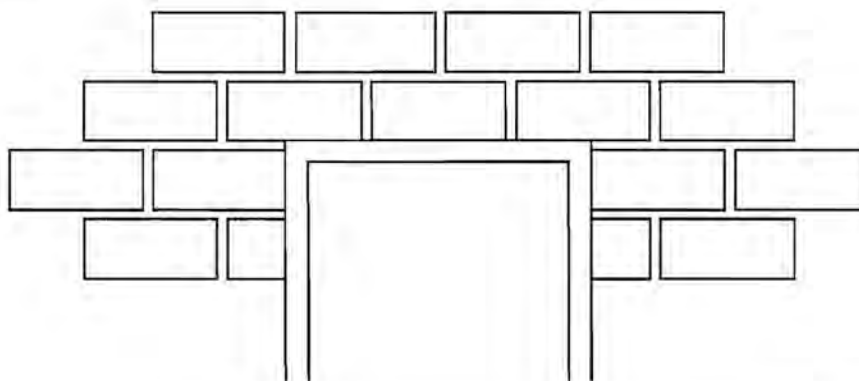
Schoon metselwerk, daar is over nagedacht. De metselaar kan niet zomaar wat stenen op elkaar leggen. Hij heeft zich te houden aan een voorgeschreven patroon, metselverband genoemd. Er zijn allerlei soorten metselverbanden mogelijk.



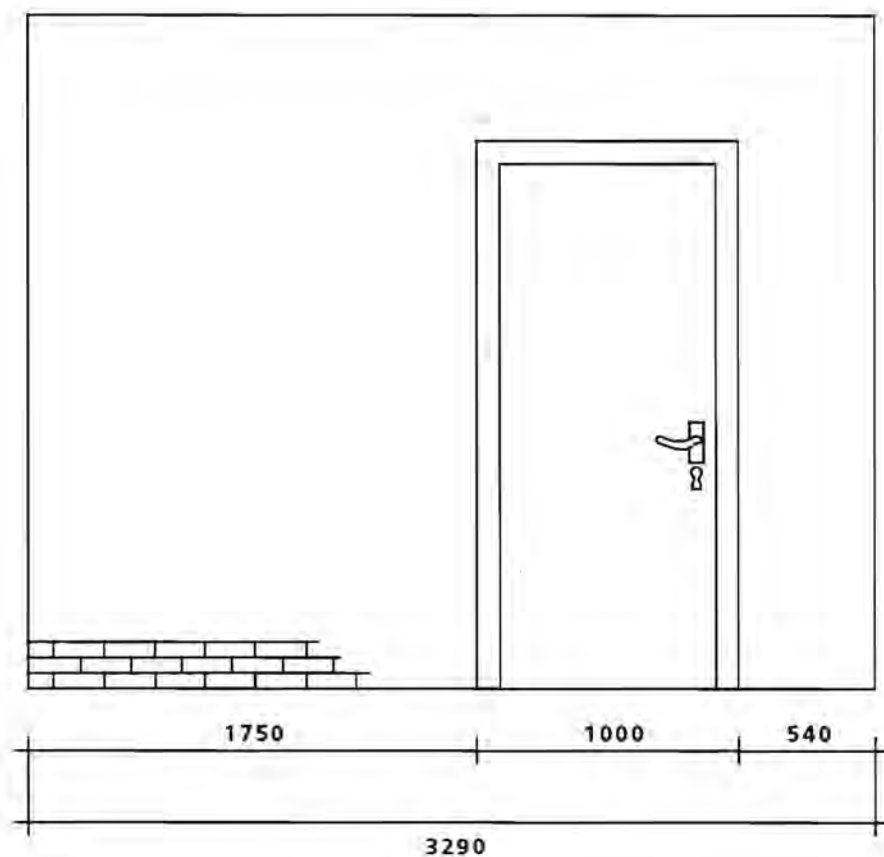
Aan de verhouding tussen lengte en breedte van een steen zijn eisen gesteld. Een steen komt aan het einde van een muur de hoek om en dan moet er in verband kunnen worden doorgemetseld. Een bouwvakker spreekt over **kop** en **strek** wanneer hij 't heeft over de breedte (kop) en de lengte (strek) van een steen.



- 8 a De stenen worden zo gemaakt dat twee koppen + twee voegen even lang zijn als een strek + een voeg.
Je kunt ook zeggen: de lengte van een steen ...
- b Om het aantal stenen uit te rekenen rekent iedereen in de bouw met een **koppenmaat**, dat is een kop + een voeg.
De koppenmaat is meestal 110 mm.
Vertel in je eigen woorden wat dat betekent.



Tussen een muur en een raam- of deurkozijn zit geen voeg. Boven een deur moet het metselwerk netjes doorlopen. De architect berekent zijn kozijn-afmetingen zo dat het kozijn netjes ingemetseld kan worden zonder dat er lelijk gehakte stukjes steen te zien zijn omdat het net niet uitkwam. Hij moet dus rekening houden met de lengte en de breedte van de steen. Een voeg is 10 mm dik.



- 9 Hoeveel stenen zijn er nodig om een rij te kunnen metselen links van de deur? En rechts van de deur? Boven de deur?

Extra opdracht:

Een metselaar rekent 16 steenlagen in 1 meter hoogte.

Kun jij een schatting maken hoeveel stenen je nodig hebt om deze muur te metselen? Hoeveel stenen zou je bestellen?

3

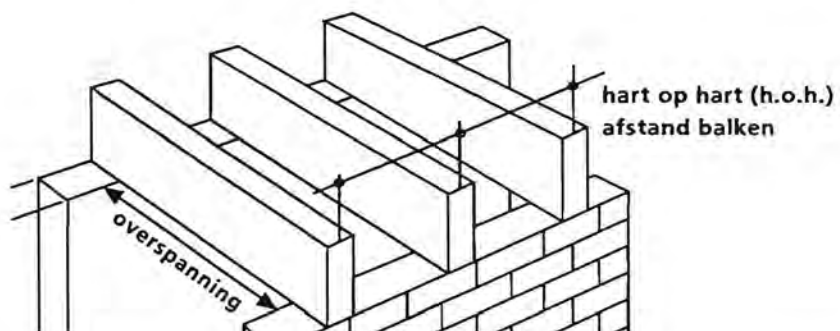
DE EERSTE VERDIEPING



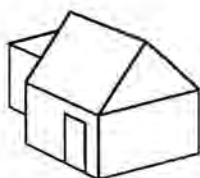
Rekenen met balkenlaag

Als alle muren zijn gemetseld, dan kan de vloer van de eerste verdieping erin. Een houten vloer ligt op houten balken. Deze balken worden netjes verdeeld over het vloeroppervlak. Omdat de balken niet altijd even dik zijn, wordt er altijd gewerkt met de **hart op hart maat**, afgekort de HOH-maat. Deze maat loopt van het midden, het hart van de ene balk naar het midden van de volgende balk.

Hoe kleiner deze maat, hoe dichter de balken bij elkaar liggen en hoe steviger de vloer zal worden. Toch wordt er altijd naar gestreefd om zo goedkoop mogelijk te bouwen. Hoe minder balken je nodig hebt hoe goedkoper het wordt. Het is ook onzin om meer balken te leggen dan nodig is.



Op de tekening die de timmervrouw van de architect krijgt staat altijd de **maximale** HOH-maat aangegeven, bijvoorbeeld 610 mm. 'Maximaal' betekent dat ze niet verder van elkaar af mogen liggen dan 610 mm. Als de balken te ver uit elkaar liggen, kan de vloer doorzakken. Ze mogen wel dichter bij elkaar liggen, daar wordt de vloer alleen maar steviger van. De timmervrouw berekent de afstand tussen de balken.

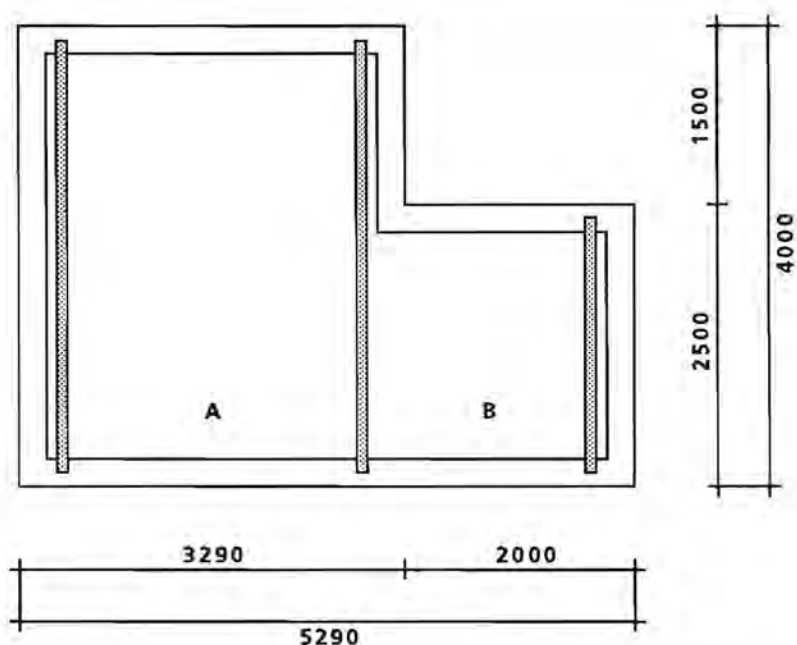


De balken die vlak langs de muur liggen heten strijkbalken en zijn al in de tekening aangegeven. Zij liggen niet strak tegen de muur aan maar 5 cm er vanaf. Dat is een bouwvoorschrift omdat de leidingen van de centrale verwarming en de elektra er nog langs moeten kunnen.

De architect zet de volgende gegevens op de bouwtekening:

- muurdikte 210 mm.
- balkdikte 63 mm.
- afstand muur tot strijkbalk 50 mm.
- balkoplegging 100 mm
- max. HOH-maat 610 mm.

Bovenaanzicht van de zoldervloer:

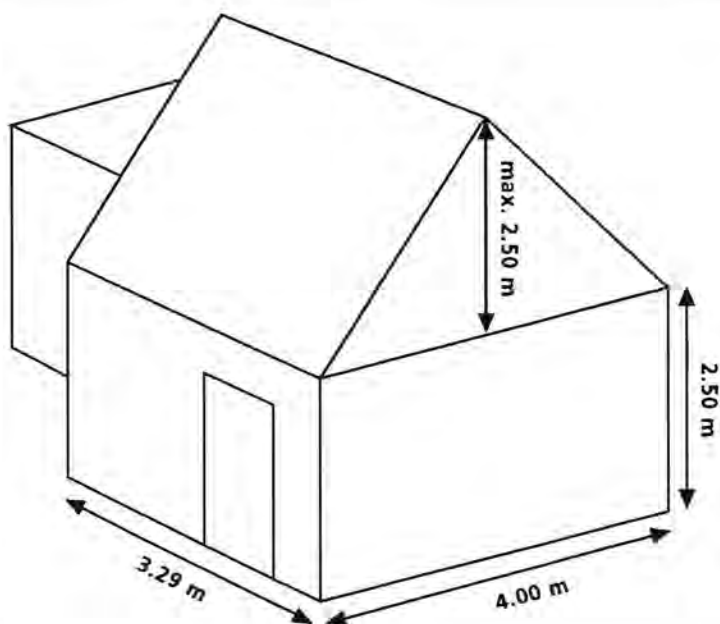


- 10 a** Hoeveel balken zijn er nodig voor deel A van de vloer?
Wat wordt de HOH-afstand van de balken?
- b** Hoeveel balken zijn er nodig voor deel B van de vloer?
Wat wordt de HOH-afstand tussen de balken?
- c** Balken kunnen geleverd worden in de volgende lengtes:
3.90 m, 4.20 m, 4.50 m, 4.80 m, 5.10 m.
Wat zou jij bestellen?



Het dak

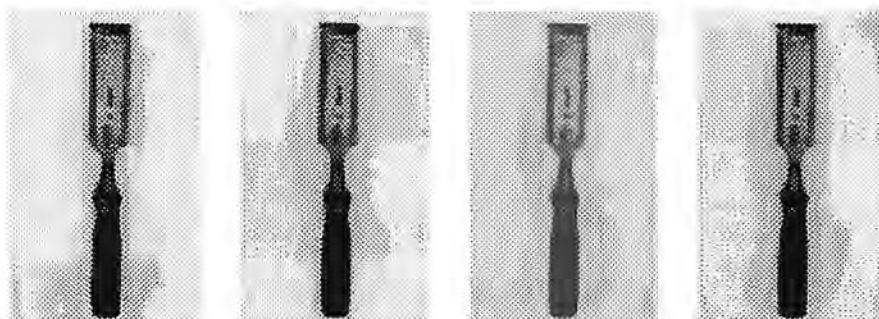
Dakpannen overlappen elkaar om de regen goed af te kunnen voeren. Wanneer je wilt uitrekenen hoeveel pannen er nodig zijn voor dit dak, moet je de afstand tussen de pannen weten. Die is gemiddeld 31 cm in de hoogte en 20 cm in de breedte. Het dak van het huis mag niet hoger worden dan 2,5 meter.



- 11 a Hoeveel dakpannen passen er boven elkaar?
 b Hoeveel dakpannen passen er naast elkaar?
 c Hoeveel dakpannen zou jij bestellen?

4

DE AFWERKING

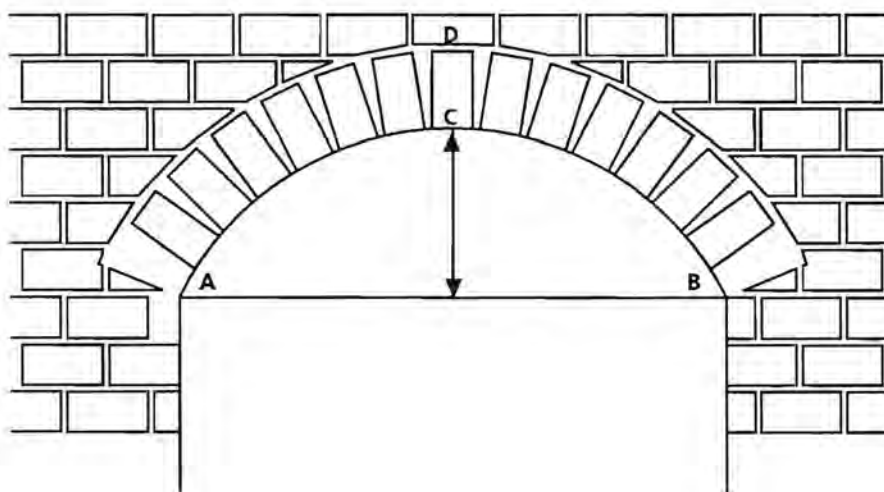


Constructie van gemetselde bogen

Boven kozijnen of een poort treffen we vaak gemetselde bogen aan. De boog, deze ronde vorm, werd vroeger boven een opening gemetseld om het gewicht van de muur erboven op te vangen. Het vereist wel een degelijk stukje metselwerk. In oude kerken zie je ook veel gemetselde bogen, het was de enige manier om zo'n groot gebouw met zo'n grote open binnenruimte te bouwen.

Naast het huis dat we aan het bouwen zijn, komt een poort met een gemetselde boog erboven. Eerst maakt de metselaar een tekening op een van die grote spaanplaten die hij heeft liggen. Hij heeft namelijk die gebogen vorm nodig als ondersteuning om op te metselen. Als de muur hard is, kan deze vorm weggehaald worden.

We kijken stiekem over zijn schouder mee en doen het in verkleinde vorm na. Daarvoor heb je een geodriehoek, een potlood, passer en een blanco vel papier (A4) nodig.





- 12 • De metselaar meet nauwkeurig de breedte van de poort en tekent die afstand op het midden van de spaanplaat. Neem voor de breedte van de poort 10 cm, noem het lijnstuk AB.
- Hij tekent de **hartlijn**, anders gezegd: hij tekent de middelloodlijn van AB.
 - Hij kiest op de hartlijn het hoogste punt van de onderkant van de boog (noem het punt C). Het hoogste punt van de boog komt dan precies 1 steenlengte hoger (kies punt D 2 cm boven C).
 - Hij trekt de lijnstukken AC en BC.
 - Hij tekent de middelloodlijnen van AC en van BC.
 - Het snijpunt van die 2 middelloodlijnen valt precies op de hartlijn. Dat punt noemt onze metselaar het **porringspunt** P.
 - Teken een cirkelboog door C met als middelpunt P. De tweede cirkelboog gaat door D.

De gebogen vorm ABC zaagt hij uit met een decoupeerzaag en op de plaats van de hartlijn bevestigt hij een lat. Zo kan hij punt P markeren met een spijker. De boogvorm plaatst hij boven de poort, aan de spijker maakt hij een touw vast. Wanneer hij een steen op de boogvorm metselt, zorgt hij ervoor dat de steen precies langs het strakgespannen touw loopt.

- 13 Teken enkele stenen in je tekening, zodat de metselboog zichtbaar wordt.

Woordenlijst

balkoplegging	Een maat die aangeeft hoever een balk op de muur mag liggen (niet te ver anders gaat hij rotten).
bouwhaak	Een hoek van 90°, zelf gemaakt van latten van + 1 meter, om een hoek van 90° af te tekenen op de bouwvloer.
bouwplaats	De plaats waar gebouwd gaat worden. De vloer waar op men aan het bouwen is, van beton of van hout.
haakse hoek	Rechte hoek, hoek van 90°.
hart	Het midden.
hartlijn	De middelloodlijn.
in verstek zagen	Een hoek afzagen van 45° (elke andere hoek heet vals verstek).
kop	De breedte van een steen.
kozijn	Het hout dat niet meedraait wanneer je de deur of het raam open doet.
metselverband	Het patroon van de stenen dat je ziet in een muur.
porringspunt	Het middelpunt waar vanuit de twee bogen van de metselboog worden getekend.
profiel	Lange balken die de plaats en de vorm van de muur aangeven.
schoren	De schuine latten waarmee het profiel vastgezet wordt.
spatlijn	Touw dat geïmpregneerd is met krijt. Wanneer je het strakgespannen touw optilt en loslaat, spat het krijt op de vloer en geeft de plaats van de muur aan.
strek	De lengte van een steen.
strijk balk	De eerste balk die langs de muur ligt.
vloerdelen	De planken waarvan de houten vloer, die op de vloerbalken ligt, gemaakt is.
winkelhaak	Een stuk gereedschap om een hoek van 90° af te tekenen.

Inleiding

De bouw, in het bijzonder het timmervak, maakt zonder dat bouwvakkers zich dat nu zo realiseren, heel veel gebruik van wiskunde. Het zit er vol mee. Voortdurend moet er gerekend worden: hoeveel materiaal heb je nodig, wat is de verdeling van de badkamertegels in een vlak, hoe verdeel je de gipsplaten over het plafond, hoeveel beton moet ik bestellen. De bouw maakt bij het uitzetten van een nieuw huis gebruik van de eigenschappen van driehoek en rechthoek. De uitslag maken van een trap kan een wiskundig hoogstandje zijn. Ook werken met houtbewerkingsmachines in een werkplaats roept vragen op over toerentallen

gecombineerd met verschillende diameters zaagbladen en de diverse v-snaren. Hier bestaan zelfs formules voor.

Als rode draad van dit lespakket is gekozen het bouwen van een eenvoudig huis. De onderdelen die aan bod komen vindt u hieronder.

De bouw maakt veelvuldig gebruik van de stevigheid van de driehoek, die in tegenstelling tot het vierkant onvervormbaar is, vandaar de titel van dit pakket. Zoals u zult begrijpen kunnen niet alle opdrachten door de leerlingen op ware grootte worden uitgevoerd. Tijd en onvoldoende praktische vaardigheden spelen hierbij een rol.

Een overzicht in chronologische volgorde:

	op ware grootte	in verkleinde vorm op papier
plank recht aftekenen en in verstek afzagen		x
(on)vervormbare driehoek/vierkant	x	
bouwhaak maken	x	
maten uitzetten op de vloer	x	
stellen van profielen	wordt niet uitgevoerd	
boogconstructie		x

Bij de resterende onderwerpen (koppenmaat, balkenlaag en dak) worden berekeningen gemaakt, zodat uw leerlingbouwvakkers de bestelling kunnen doorgeven.

Doelstelling

Leerlingen maken in dit werkboek kennis met diverse aspecten uit de bouw; leren eenvoudige bouwberendingen uit te voeren; leren de volgende begrippen: in verstek zagen, de onvervormbaarheid van de driehoek, de 3-4-5 steek, de koppenmaat, de hart-op-hartmaat, het poringspunt in een boogconstructie.

De doelgroep

Dit lespakket is geschikt voor alle vormen van voorgezet onderwijs. Deze lessenserie kan worden aangeboden als de stelling van Pythagoras aan de orde is geweest, zodat de leerlingen dit kunnen gebruiken bij de 3-4-5 steek en het pannendak. De boogconstructie, het laatste onderdeel van dit pakket, vereist enige passervaardigheid, de middel-

loodlijn komt aan de orde. De berekeningen van de antwoorden zijn afgeleid van de gebruikelijke berekeningen uit de bouw. Formules hebben we bewust achterwege gelaten. Veel opdrachten kunnen op verschillende niveau's en manieren worden uitgerekend, afhankelijk van het niveau van de groep. Mm-papier kan hier zijn nut bewijzen. De tijdsduur is zeer afhankelijk van de werkwijze die u met uw groep kiest en derhalve moeilijk in te schatten.

Materialen

Hamer, spijkers, latten (van 60 cm, 80 cm, lengte naar keuze voor de dwarslat; zie opdr. 4); Om te meten: duimstok, meetlint, touw (zie opdr. 5); geodriehoek, passer, blanco A4 (zie de segmentboog); mm-papier en een pak speelkaarten naar believen.

Antwoorden

- 2 Het verstek wordt bij voorbeeld gebruikt bij de aftimmerlijsten van een deur- en raamkozijn of bij een schilderijlijst. Geeft u les in een oud gebouw dan kunt u wellicht gemakkelijk toepassingen in het lokaal aanwijzen.
 - 3 Deze opdracht kan ook met ander materiaal worden uitgevoerd. Alternatieven zijn karton met splitpennen of constructiespeelgoed zoals meccano of constructor.
Bij het vierkant zal een ruit ontstaan, deze vorm is niet stabiel. De driehoek blijft dezelfde driehoek, hoe je ook duwt of trekt. Bij het bouwen van een kaartenhuis zet je steeds 2 kaarten schuin tegen elkaar (een driehoekige vorm) die met het volgende paar worden verbonden.
- Extra:** laat de leerlingen op straat of thuis naar driehoekige vormen zoeken. Een voorbeeld: het kruis achter een boekenkast of een winkelstelling; zonder kruis blijft het geheel niet staan.
- 4 Het mag ook 6-8-10 zijn of 60 cm - 80cm - 100cm.
 - 5 De hoek moet exact 90° zijn. De derde lat is in de praktijk een stuk korter, omdat die alleen maar de rechte hoek op zijn plaats hoeft te houden. Deze bouwhaak wordt gebruikt bij opdracht 6.

- 6 De plaats om de vloer uit te zetten, kunt u zelf aangeven. We noemen slechts enkele mogelijkheden: de kantine, het podium, het plein. Met bordkrijt kan op de vloer getekend worden. De timmervrouw doet dit met een spatlijn. Om nu te controleren of de keukenvloer goed haaks is meet de timmervrouw de diagonalen na, ze moeten even lang zijn.

In de bouw moet de timmervrouw op een betonnen of houten vloer een profiel of kozijn neerzetten waar dan tegenaan gemetseld gaat worden. Profielen zijn die gele palen die op de hoeken van een huis worden gezet. De metselaar kan nu een draad langs deze profielen spannen en weet dan waar hij zijn stenen neer moet leggen. Ook hier zie je dat de driehoek weer veel gebruikt wordt. Deze profielen en kozijnen moeten loodrecht staan, ook met flinke wind of een voorbijscheurende kruiwagen mogen ze niet uit het lood worden geslagen! Ze worden goed aan de vloer vastgespijkerd en aan de bovenkant wordt een lat gespijkerd die er schuin tegen aan komt te staan en verderop ook stevig aan de grond wordt vast gezet. Zo is er een driehoek ontstaan! Het profiel kan nu tegen een stootje.

- 7 Elk profiel krijgt twee hulplatten, schoren, hij moet immers waterpas staan in beide richtingen, alleen schuine latten fixeren de lat.

Als profielen dicht bij elkaar staan mogen ze bovenaan gekoppeld worden. D.w.z. er mag een vierkant van gemaakt worden, zolang ze maar vast zitten aan een driehoek. Een driehoek kan meerdere aangrenzende vierkanten onvervormbaar maken, mits de onderzijde gefixeerd is. Met latjes en spijkers wordt dit snel duidelijk.

- 8 Een muur kan steens of halfsteens zijn. Wij gaan even uit van een halfsteens muur, de muur heeft dan de dikte van een halve steen.
 a ... is gelijk aan 2 steenbreedtes + 1 voeg.
 b 1 breedte + 1 voeg = 110 mm. Dan weten we ook dat de breedte 100 mm en de lengte van de steen 210 mm is.

Stenen worden 'koud' tegen een kozijn aan gemetseld. Er zit geen voeg tussen steen en kozijn. Boven het kozijn moet het metselverband gewoon weer doorlopen. Je kunt dan stellen dat een kozijn-breedte gelijk is aan een aantal koppenmaten + een voeg (simpeler: een voeg meer dan dat er stenen gebruikt zijn).

- 9 De muurdammen tussen de kozijnen hebben als maat: een aantal koppenmaten min een voeg.
 Nu kun je het aantal benodigde koppen uit de tekening berekenen:

$$1750 + 10 = 1760$$

$$1760 : 110 = 16 \text{ koppen, dus 8 hele stenen.}$$

$$540 + 10 = 550$$

$$550 : 110 = 5 \text{ koppen, dus 2 hele en 1 halve steen.}$$

$(1000-10) : 110 = 9$ koppen, dus 4 hele en 1 halve steen.
De totale breedte is 15 stenen.

Leerlingen kunnen op zeer verschillende manieren aan het antwoord komen, bij voorbeeld door een tekening op schaal te maken.

Extra opdracht:

Een schatting: hoogte van de gevel 2,5 m, boven de deur 0,5 m.
 $15 \times 8 + 10,5 \times 32 = 456$ stenen.

Voor de HOH-maat maakte de architect een berekening.
Hij houdt dan rekening met:

- de overspanning: hoe langer de balk moet zijn hoe meer hij door zal buigen, ze zullen dan wat dichter bij elkaar moeten liggen;
- de vloerdikte: een dikke vloer heeft minder ondersteuning nodig dan een dunne vloer, want die heeft meer stijfheid van zichzelf;
- de hoogte van de balk zelf: hoe hoger de balk is, hoe minder hij zal doorbuigen;
- het soort belasting: is het een huiskamer of een opslagplaats van zware boeken.

Het is wenselijk het volgende voorbeeld te geven om de afstand tussen de balken uit te rekenen:

Als een schuur 9 meter breed is en de balk 63 mm dik dan gaat de berekening als volgt:

muurdikte aan beide zijden	210×2	=	420 mm
50 mm tussenruimte	50×2	=	100 mm
halve balkdikte eraf	$(1/2 \times 63) \times 2$	=	63 mm
583 mm totaal			

De afstand tussen het hart van de twee strijk balken: $9000 - 583 = 8417$ mm.

$8417 : 610 = 13,8$ dus 14 openingen, immers: minder balken is niet toegestaan.

De werkelijke HOH-maat: $8417 : \dots = 14$
 $8417 : 14 = 601,2$ mm.

Er komen 15 balken op een afstand van 601 mm uit elkaar.
(Controle: 610 mm is de maximale HOH-maat, 601 mm is de maat die gebruikt gaat worden)

$$\begin{array}{rcl}
 10 \text{ a A: } 210 \times 2 & = & \\
 50 \times 2 & = & \\
 1/2 \times 63 \times 2 & = & \\
 & & \hline
 & & 583 \text{ totaal}
 \end{array}$$

$$3290 - 583 = 2707$$

$$2707 : 610 = 4,4 \text{ dus } 5 \text{ openingen}$$

$$2707 : 5 = 541 \text{ mm,}$$

6 balken (5 openingen) op een afstand van 541 mm.

b B: $2000 : 4 = 500 \text{ mm}$ is de HOH-maat voor de laatste 4 balken.

c 6 balken van $4000 - 420 + 200 = 3820 \text{ mm} = 3,82 \text{ m}$

4 balken van $2500 - 420 + 200 = 2320 \text{ mm} = 2,32 \text{ m}$

De bestelling: 6 balken van 3.90 m, 2 balken van 4.80 m.

11 a Voor het berekenen van het aantal pannenrijen kunnen de leerlingen te werk gaan op een manier die hen vertrouwd is, met of zonder Pythagoras.

$$320,2 : 31 = 10,3. \text{ Er passen } 10 \text{ rijen pannen op het dak.}$$

De nokhoogte wordt dus iets lager dan 2,5 meter, zodat er ook precies 10 rijen pannen op 't dak passen.

b $329 : 20 = 17.$

Naar boven afronden, anders regent 't er aan de zijkant erin!

c $20 \times 17 = 340.$

12 Er bestaan diverse boogconstructies. We laten de leerlingen kennis maken met de constructie van een segmentboog. Andere vormen die voorkomen zijn die van bijvoorbeeld de korbboog en de halffrondboog. De bouwvakker noemt de ondersteuning van zo'n boog een **schenkel** of **formeel**.

In het experimentele examen wiskunde Ibo/mavo C/D 1990 (tijdvak 2) is een vraagstuk opgenomen over een gemetselde boog. U kunt dit vinden in de 'Examenbundel 1990', een uitgave van Educaboek, Postbus 48, 4100 AA Culemborg.