

E 487

58

De Bezonningsliniaal¹⁾

Een nieuw eenvoudig hulpmiddel voor de beoordeling van de bezonning en de dagverlichting

door

Bibliotheek Hoofdkantoor TNO
's-Gravenhage 12/8 '63

A. J. KRUGER

Medewerker Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O.

Geen enkele architect zal er in deze tijd nog aan twijfelen, dat hij bij het ontwerpen van zijn gebouwen dient te zorgen voor een goede bezonning en dagverlichting. Helaas wordt dit echter dikwijls louter op het gevoel gedaan, hetgeen tot grote teleurstellingen aanleiding kan geven. Hoe nauwkeurig men te werk moet gaan blijkt b.v. uit het feit, dat in sommige gevallen de bezonning reeds aanzienlijk verandert wanneer men de oriëntatie van een gebouw 15° à 20° varieert.

De bezonning van een punt wordt bepaald door de tijdstippen van verschijnen en verdwijnen van de zon in de verschillende seizoenen. Enig inzicht in de dagverlichting van een punt krijgt men uit de zgn. hemelfactor, dit is de verhouding van de verlichtingssterkte door rechtstreeks onverzwaakt hemellicht van een overal even heldere hemel in een punt binnenshuis en de horizontale verlichtingssterkte in het vrije veld. De hemelfactor in een punt is dus een maat voor de verlichtingssterkte in dat punt, voorzover afkomstig van het deel van de hemel, dat men van dat punt uit kan zien.

Wil men een nauwkeuriger inzicht hebben in de dagverlichting dan dient men een correctie aan te brengen voor de indirecte verlichting afkomstig van reflecties tegen wanden en muren binnen en buiten. ²⁾ Het is echter goed om eerst te leren werken met het begrip hemelfactor en pas later verdere verfijningen toe te passen.

Door architecten en anderen zijn verschillende methoden en hulpmiddelen bedacht, die bij de objectieve bepaling van de bezonning en de dagverlichting goede diensten kunnen bewijzen. Genoemd kunnen worden:

- 1) Verschillende grafische methoden ³⁾, waarmee men de bezonningsduur en de hemelfactor van een of ander beschouwd punt kan voorspellen.
- 2) Een bezonningsapparaat ³⁾, waarmee men een inzicht kan krijgen in de bezonning van een complex van gebouwen door de stand van een maquette t.o.v. een als kunstzon dienstdoende lamp te veranderen.
- 3) De bezonnings-hemelfactormeter ⁴⁾, een instrument, waarmee in een bestaand gebouw rechtstreeks voor elke dag van het jaar de bezonningstijden van elk willekeurig punt kunnen worden afgelezen en de hemelfactor kan worden gemeten.

Om een goede bezonnings- en dagverlichtingspraktijk te waarborgen zijn de genoemde hulpmiddelen echter nog niet voldoende. De grafische methoden (1) vereisen vrij veel tijd. Het apparaat met de „kunstzon” (2) is doelmatig, maar van tamelijk grote afmetingen en vrij kostbaar in aanschaf en gebruik, zodat het alleen door grotere instellingen kan worden aangeschaft.

De bezonnings-hemelfactormeter (3) is bestemd voor de bepaling van de bezonning in bestaande gebouwen; bij het voorspellen van de bezonning uit de tekening kan hij weliswaar belangrijke hulp bieden, doch slechts dan wanneer men een lamp en modellen te hulp roept.

De bezonningsliniaal is zeer eenvoudig in het gebruik, goedkoop en klein van afmetingen.

Na het instrument te hebben ingesteld aan de hand van enkele eenvoudige uit de ontwerptekening te bepalen gegevens, kan men in één oogopslag voor alle maanden van het jaar constateren tussen welke tijdstippen van de dag er op een bepaald punt zonnenschijn is. De hemelfactor bepaalt men door het tellen van een aantal ruitjes van een diagram.

Met de bezonningsliniaal is na te gaan de invloed van:

- 1) de oriëntatie van de gevel op de bezonning;
- 2) de op een afstand van de gevel aanwezige belemmeringen op de bezonning en de hemelfactor;
- 3) de buiten de gevel uitstekende belemmeringen op de bezonning en de hemelfactor;
- 4) de plaats en afmetingen van het venster op de bezonning en de hemelfactor.

Allereerst zal nu in dit artikel de gang van zaken bij het bepalen van de bezonning worden beschreven.

*

De projectiemethode

Het principe

Bij het oplossen van bezonningsproblemen gaat het er in eerste instantie om een goede projectiemethode te vinden. Gebleken is nu, dat er verschillende goede oplossingen mogelijk zijn.

De voor de „bezonningsliniaal” gekozen projectie is er een van de vele en als zodanig ook niet nieuw.

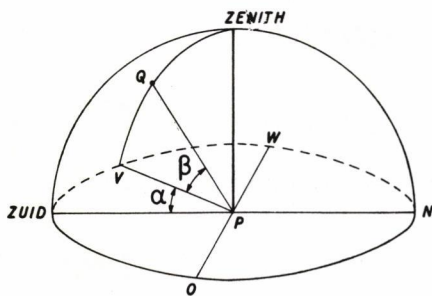


Fig. 1: Hemelkoepel en horizonvlak. Punt Q van de hemelkoepel wordt bepaald door de hoogte β en het azimut α .

Zoals men in fig. 1 afgebeeld vindt, kan ieder punt Q van de hemelkoepel worden vastgelegd door de hoogte β en het azimut α . Bij de hier toegepaste projectiemethode worden alle punten van de hemelkoepel afgebeeld door de punten binnen een cirkel. De punten van verschillende hoogte, maar met hetzelfde azimut α worden afgebeeld op een straal, die een hoek α maakt met de aangenomen zuidrichting (zie fig. 2).

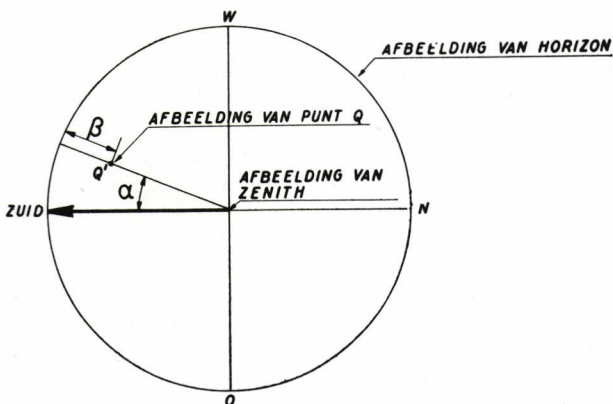


Fig. 2: Alle punten van de hemelkoepel worden afgebeeld binnen de cirkelomtrek. Q' is hier de afbeelding van punt Q; de cirkelomtrek is de afbeelding van de horizon en het middelpunt die van het zenit.

De afstand van het projectiepunt t.o.v. de cirkelomtrek is evenredig gemaakt met de hoogte β van het te projecteren punt in graden. De evenredigheidsfactor is hierbij zo gekozen dat een hoogte van 90° net overeenkomt met de lengte van de straal van de cirkel, zodat het zenit samenvalt met het middelpunt van de cirkel.

De punten met een hoogte van 0° liggen uiteraard op de omtrek van de cirkel, zodat deze de projectie is van de horizon.

Een belangrijke konsekwentie van de gevolgde methode is, dat een verticale lijn, b.v. de verticale begrenzing van een huis, voorgesteld wordt door een lijnstuk, dat door het middelpunt van de cirkel gaat.

De projectie van de zonnebanen

Figuur 3b geeft de projectie van de zonnebanen, volgens bovenstaande methode. De zon doorloopt iedere dag een baan aan de hemel, die 's zomers

hoger ligt dan 's winters. In fig. 3a zijn alleen de banen getekend, die doorlopen worden op de kortste en de langste dag. In fig. 3b is nu de projectie getekend van de banen, die de zon doorloopt op ongeveer de 21e dag van alle maanden van het jaar. Het zijn de lijnen aangeduid met I, II, III enz.

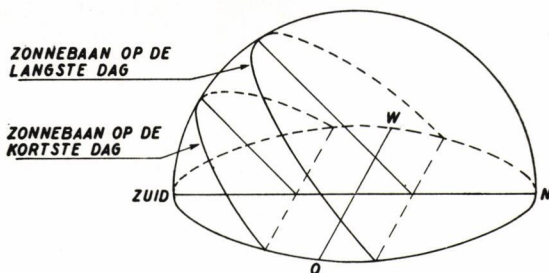


Fig. 3a: Hemelkoepel met de banen die de zon doorloopt op de kortste en de langste dag.

In totaal vindt men in de figuur slechts zeven banen. Dit komt omdat de zon op dagen, die evenver verwijderd zijn van de kortste dag, dezelfde baan doorloopt. Met uitzondering van de banen voor de kortste dag (I) en de langste dag (VII) worden alle banen dus 2 maal per jaar doorlopen. De ongeveer radiaal lopende lijnen 4, 5, 6 enz. verbinden de punten van de banen waar de zon zich op de gehele uren bevindt. B.v. op 19 februari en 23 oktober bevindt de zon zich om 10 uur zonnentijd op de in fig. 3b aangegeven plaats.

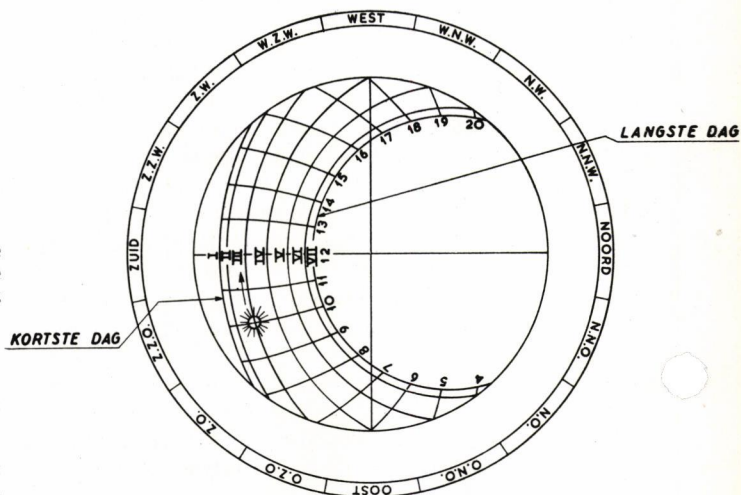


Fig. 3b: Projectie van de banen die de zon doorloopt op \pm de 21e dag van de maanden van het jaar. I: 23 december (kortste dag) II: 26 januari en 22 november, III: 19 februari en 23 oktober, IV: 21 maart en 23 september, V: 20 april en 23 augustus, VI: 21 mei en 23 juli, VII: 21 juni (langste dag).

De toepassing van de projectiemethode op de bezonningsliniaal

A. Bepaling van de invloed van de oriëntatie van de gevel

Om een volledig inzicht te verkrijgen in de bezonnings van een vertrek zou men de tijdstippen van verschijnen en verdwijnen van de zon moeten weten

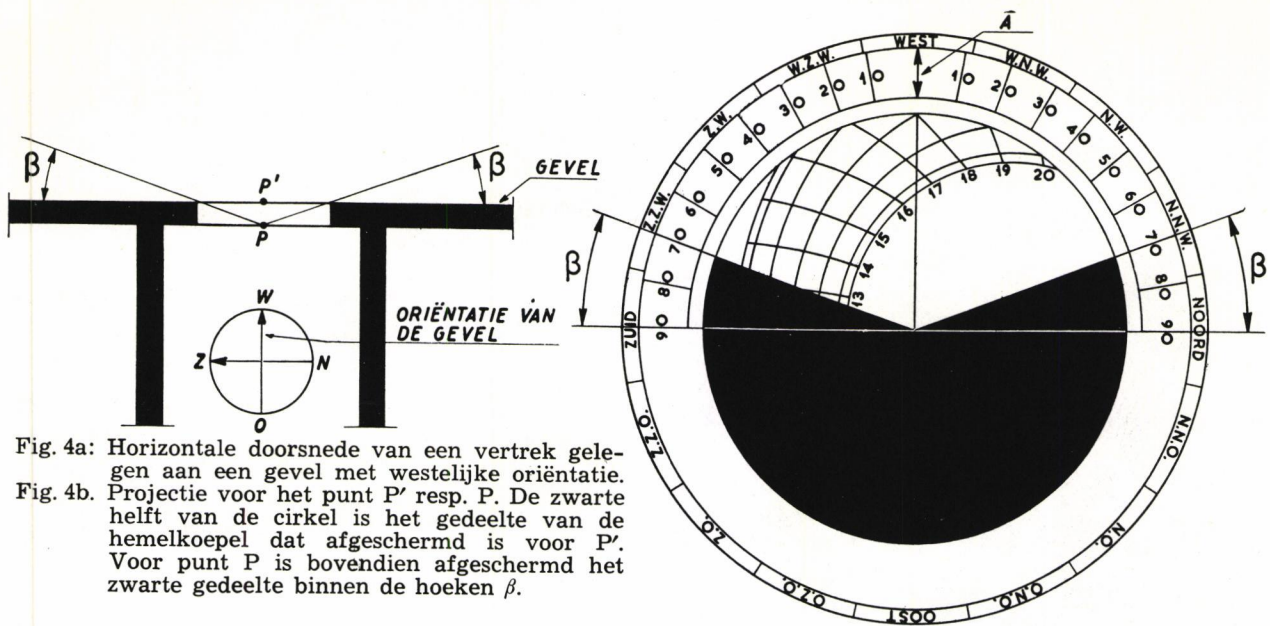


Fig. 4a: Horizontale doorsnede van een vertrek gelegen aan een gevel met westelijke oriëntatie.
 Fig. 4b: Projectie voor het punt P' resp. P. De zwarte helft van de cirkel is het gedeelte van de hemelkoepel dat afgeschermd is voor P'. Voor punt P is bovendien afgeschermd het zwarte gedeelte binnen de hoeken β .

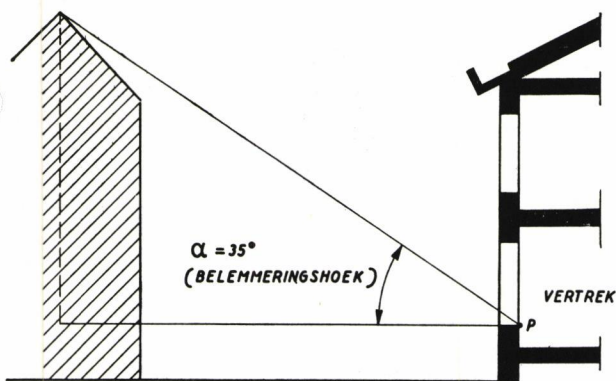


FIG. 5a

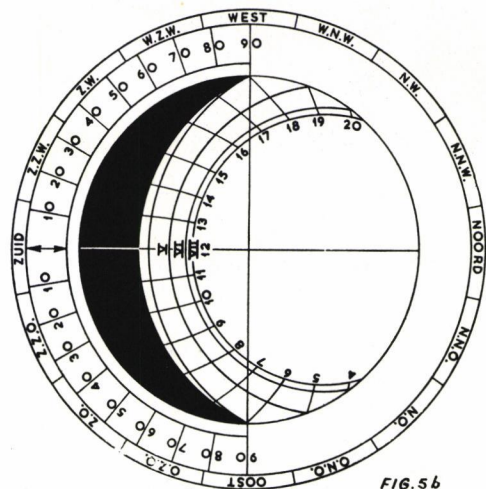


FIG. 5b

DOORLOPEND



FIG. 5c

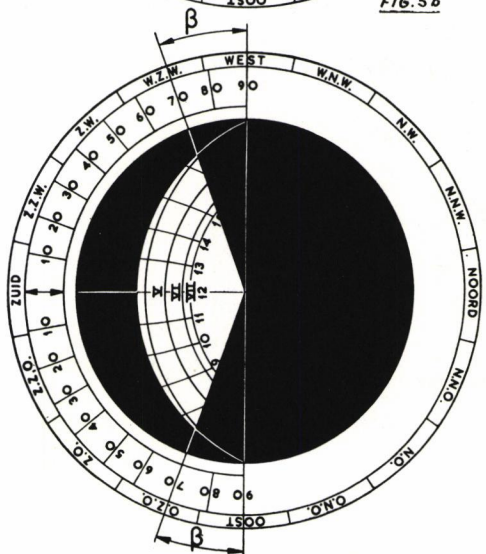
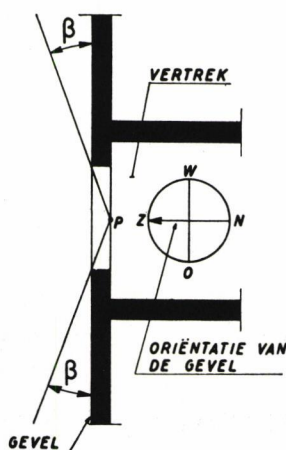


FIG. 5d

Fig. 5a: Vertikale doorsnede.
 Fig. 5b: Horizontale doorsnede.
 Fig. 5c: Het zwarte deel is de projectie van de overstaande belemmering.

Fig. 5d: Binnen de kleinste cirkel de projectie van de gevel + de overstaande belemmering.

De figuren 5a en 5b geven respectievelijk de verticale en de horizontale doorsnede voor het geval van een overal even hoge, ononderbroken, zeer ver doorlopende huizenrij tegenover de eigen gevel. De oriëntatie van de gevel is hier zuidelijk.

Figuur 5c geeft de afbeelding van het deel van de hemelkoepel dat afgeschermd wordt door de tegenoverliggende belemmering bij een belemmeringshoek van 35° . Fig. 5d geeft de volledige projectiefiguur voor punt P.

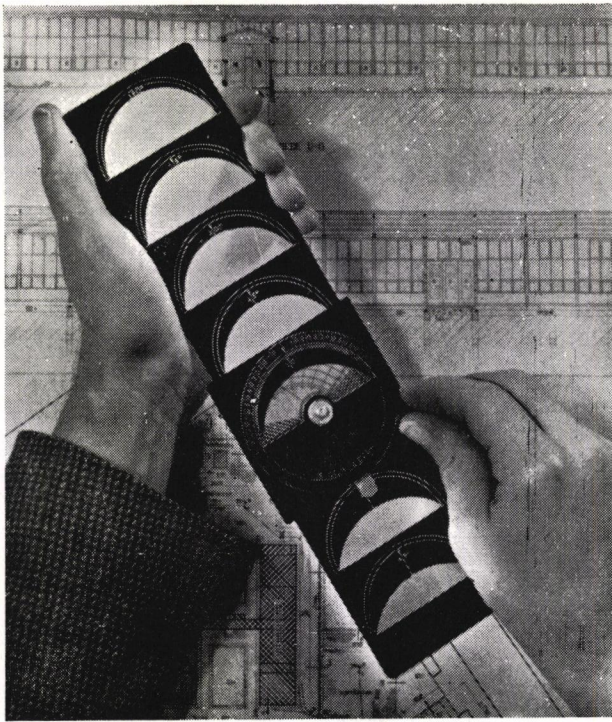


Fig. 6: De complete bezonningsliniaal.

voor een aantal punten van het vertrek. Met de bezonningsliniaal kan dat, maar meestal is het niet nodig.

Een goed inzicht in de tijden, dat er ergens in het vertrek (waar dan ook) zon is, krijgt men uit de bezonningstijden van een punt in het midden van de vensterbank aan de binnenkant van de gevel (het punt P van fig. 4a). Omdat de dikte van de gevel een gedeeltelijke belemmering vormt, ontstaat een dode hoek (β) is in de tekeningen steeds gelijk aan 20° genomen.

Met de bezonningsliniaal kan de afscherming t.g.v.

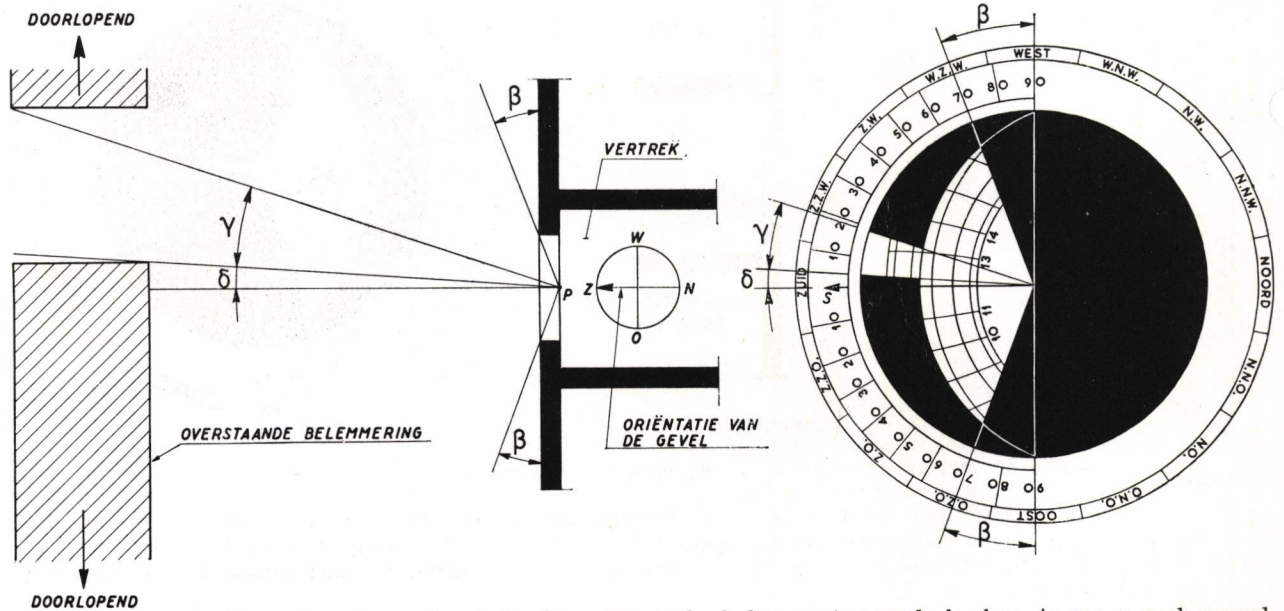


Fig. 7: Bovenaanzicht van een gevel waarin de overstaande belemmering onderbroken is maar wel overal even hoog. De oriëntatie van de gevel is ook hier zuidelijk. Binnen de sector γ is het uitzicht vrij.

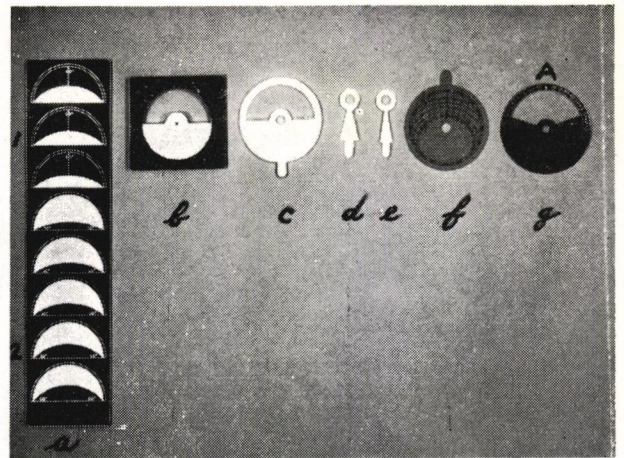


Fig. 8: De onderdelen van de bezonningsliniaal.

deze dode hoek voor iedere hoek op iedere waarde ingesteld kan worden.

Fig. 4a geeft de horizontale doorsnede van een vertrek gelegen aan een gevel met een oriëntatie W., waarbij is aangenomen dat er buiten geen belemmeringen aanwezig zijn.

In fig. 4b vindt men de projectie voor de punten P' en P. De geheel zwarte helft van de cirkel in de projectie geeft aan welk deel van de hemelkoepel en zonnebanen wordt afgeschermd door het gebouw voor het punt P', terwijl voor het punt P de afscherming nog wordt uitgebreid met de sectoren β .

Bij de bezonningsliniaal is de projectiefiguur van de zonnebanen aangebracht op een doorzichtig plaatje (fig. 8f), waarboven een ander plaatje (fig. 8g) kan draaien. Hierop is de zwarte halve cirkel voor de afscherming door de eigen gevel aangebracht. Op de omtrek van het plaatje voor de gevelprojectie is een hoekverdeling aangebracht met een pijl A. (Van deze hoekverdeling zal het

nut nog duidelijk worden gemaakt). De plaatjes moeten nu zo worden gedraaid, dat de pijl A de oriëntatie van de gevel aanwijst op de windroos, die aan de omtrek van het plaatje met de zonnebaanprojectie is aangebracht.

In het punt P' kan nu geen zonneshijn zijn, wanneer de zon zich bevindt in die delen van de zonnebanen, die lopen door de geheel zwarte helft van de projectiecirkel; in het punt P bovendien niet voor die delen, die worden bedekt door de sectoren β .

De sectoren β kunnen willekeurig vergroot of ver-

kleind worden door het verdraaien van twee afschermplaatjes die aan het bovenste plaatje (8g) bevestigd zijn.

Voorbeeld: Op de kortste dag (I) is er in fig. 4b in punt P zon van 13.20 tot 15.40 uur. Op 21 februari en 21 oktober (III) is er (in fig. 4b) zon van 13.10 tot 16.40 uur.

B. Bepaling van de invloed van eenvoudige overstaande belemmeringen

In de figuren 5a en 5b vindt men resp. de verticale en de horizontale doorsnede voor een situatie, waarbij tegenover de eigen gevel een hieraan even-

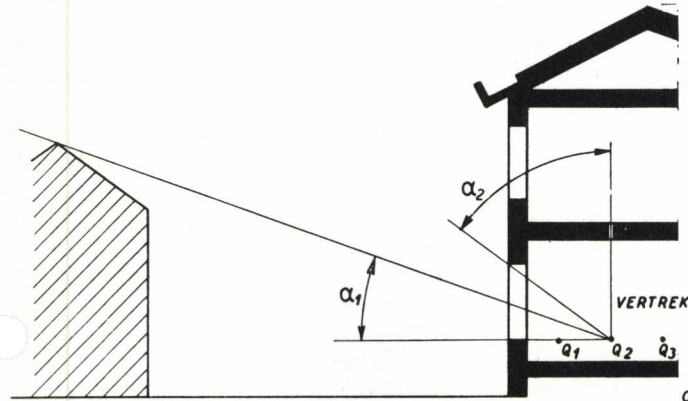


FIG. 9a

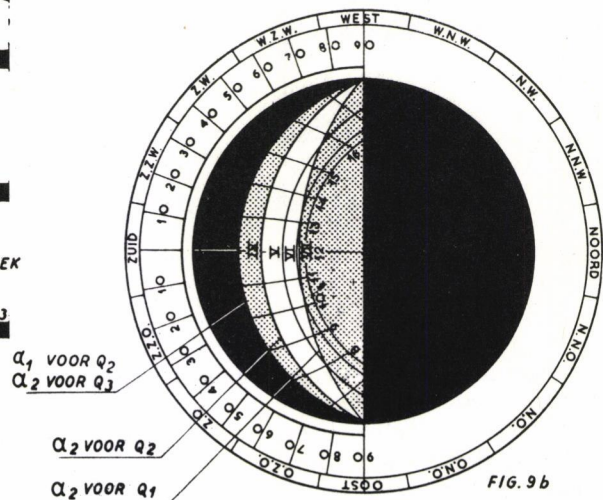
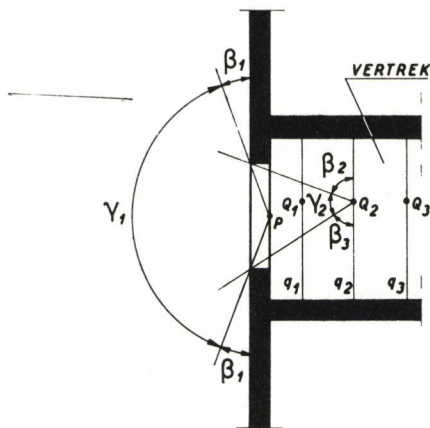


FIG. 9b

DOORLOPENL



FIG. 9c



DOORLOPEND

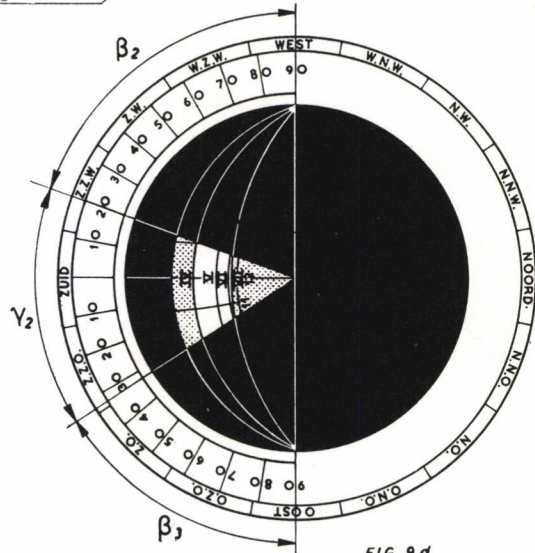


FIG. 9d

Fig. 9a: Vertikale doorsnede voor het geval van een overall even hoge, ononderbroken doorlopende, overstaande belemmering. Voor punt Q_2 is nu de hemelkoepel niet alleen afgeschermd binnen hoek α_1 , maar ook binnen hoek α . De projectiefiguur voor α_2 is analoog aan die voor α_1 omdat de bovenbegrenzing van het venster immers ook een horizontale lijn is.

Fig. 9b: Gedeeltelijke projectiefiguur voor punt Q_2 . Voor punt Q_2 is in dit geval $\alpha_1 = 25^\circ$. Het diagram dat gebruikt wordt bij de bepaling van de toestand van een punt dieper in het vertrek geeft de 3 begrenzingslijnen voor 3 waarden van α_2 , nl. 65° , 55° en 35° (zie fig. 10). Toevallig valt hier de lijn behorende bij α_2 van Q_2 samen met die behorende bij $\alpha_2 = 65^\circ$. Voor Q' is $\alpha_2 = 55^\circ$ (de tweede lijn van rechts). Alles rechts van deze lijn (een gearceerde + een witte baan) mag dus ook niet worden meegeteld.

Fig. 9c: Voor punt P wordt dat deel van de hemelkoepel afgeschermd dat binnen de hoeken β_1 ligt. Voor b.v. punt Q_2 in het vertrek worden de delen binnen de hoeken β_2 en β_3 afgeschermd. Met de bezoningslijniaal kunnen de hemelfactor en bezonning worden bepaald van punten voorover deze liggen op de lijnen q_1 , q_2 en q_3 waarvoor de hoeken α_2 respectievelijk zijn 65° , 55° en 35° . Zie figuur 10.

Fig. 9d: De volledige projectiefiguur voor punt Q_2 . Voor andere punten op de lijn q_2 van fig. 9c krijgt men andere hoeken β_2 en β_3 .

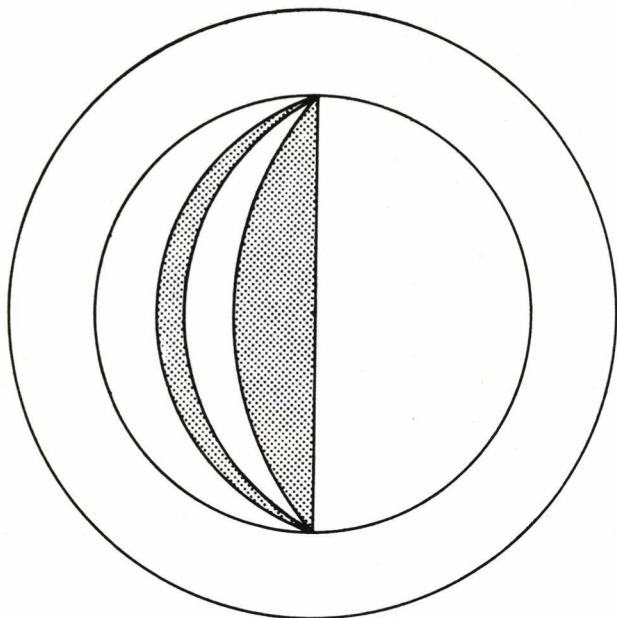


Fig. 10. Diagram met de projecties van de begrenzingen aan de bovenzijde voor punten in het vertrek waarvan $\alpha_2 = 35^\circ, 55^\circ$ en 65° is. (Zie fig. 9 c).

wijdige, overal even hoge en geheel doorlopende rij huizen staat.

Een dergelijke belemmering wordt bepaald door de belemmeringshoek α , die men in de verticale doorsnede vindt aangegeven. Fig. 5c geeft de projectie van zo'n belemmering voor punt P, waarbij $\alpha = 35^\circ$

is. In fig. 5d is de volledige projectie van dit geval gegeven.

Aangezien in de praktijk natuurlijk verschillende belemmeringshoeken voorkomen, heeft men een aantal verschillende sikkelvormige afschermingen als in fig. 5c nodig. Deze zijn aangebracht aan weerszijden van een liniaal (fig. 8a). Over deze liniaal kan een schuifje bewegen waarop de in de vorige paragraaf genoemde plaatjes met de zonnebanen en met de gevelafscherming draaibaar zijn aangebracht.

Men heeft nu in de situatie van een evenwijdige, doorlopende overstaande belemmering niets anders te doen dan het schuifje boven die plaats van de liniaal te brengen, waar men de bij de belemmeringshoek behorende projectie ziet.

Het plaatje met de zonnebaanprojectie geeft men daarna de juiste oriëntatiestand t.o.v. de gevelprojectie. Fig. 5d geeft de figuur die men dan te zien krijgt bij een zuidelijke oriëntatie van de eigen gevel en een belemmeringshoek van 35° . Voor de vaststelling van de bezonningsstijden dient men ook nu weer na te gaan, welk deel van de zonnebaan wordt gezien tegen een witte achtergrond.

Hier blijkt, dat er in de wintermaanden in het geheel geen zon is. B.v. op 21 mei en 23 juni (boog VI) is er zon van 8.40 uur tot 15.20 uur.

C. Bepaling van de invloed van onderbroken belemmeringen

Onder het doorzichtige plaatje met de zonnebanen en dat met de zwarte afdekking van de gevelpro-

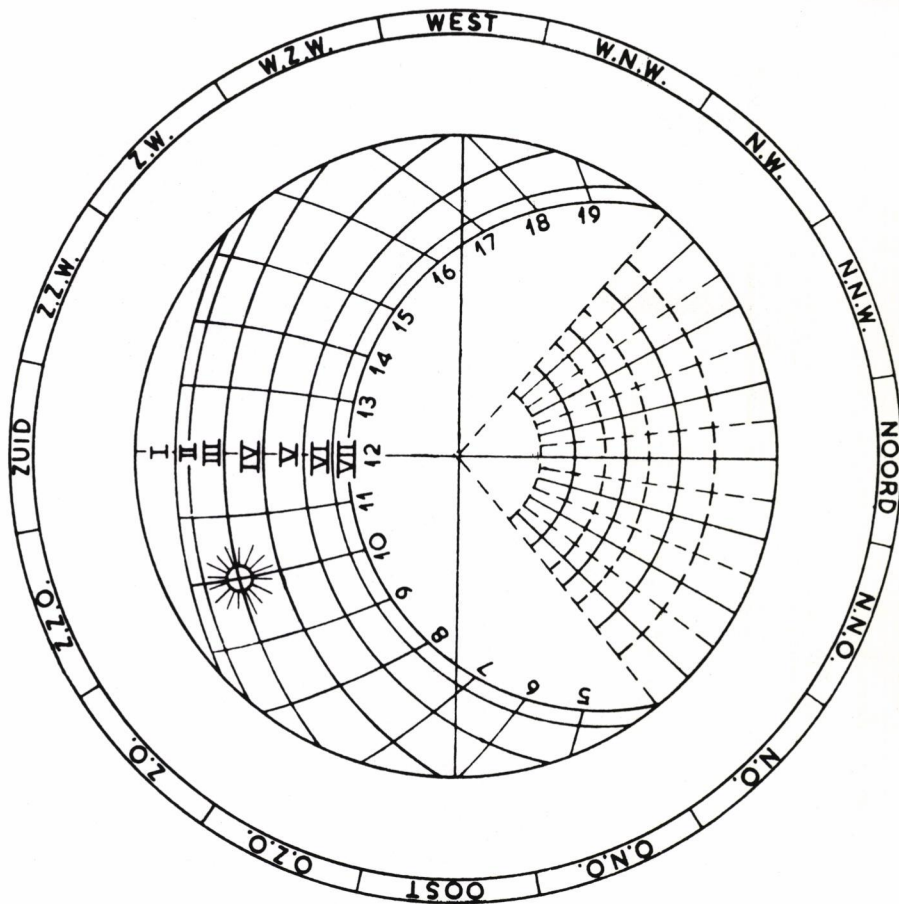


Fig. 11. Het complete diagram van de bezonningsliniaal. De ruitjesverdeling aan de rechterkant dient voor de bepaling van de hemelfactor. De hemelfactor is in procenten $= 0,25 \times$ het aantal ruitjes dat na instelling wordt gezien tegen een witte eventueel gestippelde) achtergrond.

jectie, bevinden zich nog drie witte plaatjes (zie fig. 8c, d, e).

In het hiervoor besproken geval van ononderbroken belemmeringen zijn zij verborgen achter de zwarte halve cirkel, die de gevel representeert. Zijn de overstaande belemmeringen niet doorlopend, dan moet ook de betreffende zwarte sikkel op de liniaal onderbroken worden en dit kan gebeuren door er één dezer witte sectoren boven te draaien (zie figuur 7).

Om de witte sectoren de juiste stand te kunnen geven, is aan de omtrek van het plaatje met de gevelprojectie een schaalverdeling aangebracht. Men bepaalt nu in de horizontale doorsnede de hoeken δ en γ in fig. 7.

De hoeken van de sectoren zijn 15° , 30° en 180° . Bij openingen binnen een horizontale hoek kleiner dan 15° wordt de sector van 15° gebruikt en geschat welk deel hiervan in feite slechts extra zon geeft.

Door de plaatjes van 15° en 30° te combineren kan men alle hoeken tussen 30° en 45° maken.

Bepaling van de invloed van andere belemmeringen buiten het vertrek

Ook de invloed van overstekende bouwonderdelen zoals balkons en galerijen kan bepaald worden.

De overstaande belemmering behoeft ook niet evenwijdig te zijn aan de eigen gevel en niet overal even hoog te zijn. Zie voor de behandeling van deze gevallen de uitvoeriger handleiding.

E. De bepaling van de bezonning en de hemelfactor in een punt van het vertrek

Voor een punt in een vertrek worden de zijdelingse afschermhoeken β uiteraard veel groter dan voor een punt in de vensterbank. In fig. 9c zijn de afschermhoeken voor punt Q_2 de hoeken β_2 en β_3 . Onder het bovenste zwarte plaatje (8g) bevinden zich zoals reeds gezegd twee om het middelpunt draaibare zwarte afschermplaatjes waarmee deze hoeken kunnen worden ingesteld.

Bovendien is er nu ook nog een belemmering aan de bovenkant door het plafond en de muurstrook boven het venster. De begrenzing van deze belemmering is weer een horizontale lijn, zodat de projectie ervan dezelfde vorm heeft als die van overstaande overal even hoge belemmeringen. Alleen moet nu het deel van de cirkel aan de kant van het zenit zwart zijn. De grootte van de afscherming wordt weer bepaald door de hoek α_2 en hangt natuurlijk af van de afstand t.o.v. het venstervlak.

Onder het systeem bestaande uit het bovenste zwarte plaatje en de afschermplaatjes bevindt zich nu een diagram als aangegeven in fig. 10. Hierop zijn aangebracht de projecties van de begrenzingen voor drie hoeken, n.l. 35° , 55° en 65° . Aangezien nu in één figuur drie hoeken zijn aangegeven, is een zwart-wit verdeling niet mogelijk. Zij zijn echter uit elkaar te houden door de verschillende „rasters”. Het deel van het transparante plaatje met deze projecties wordt dus voor de opening van

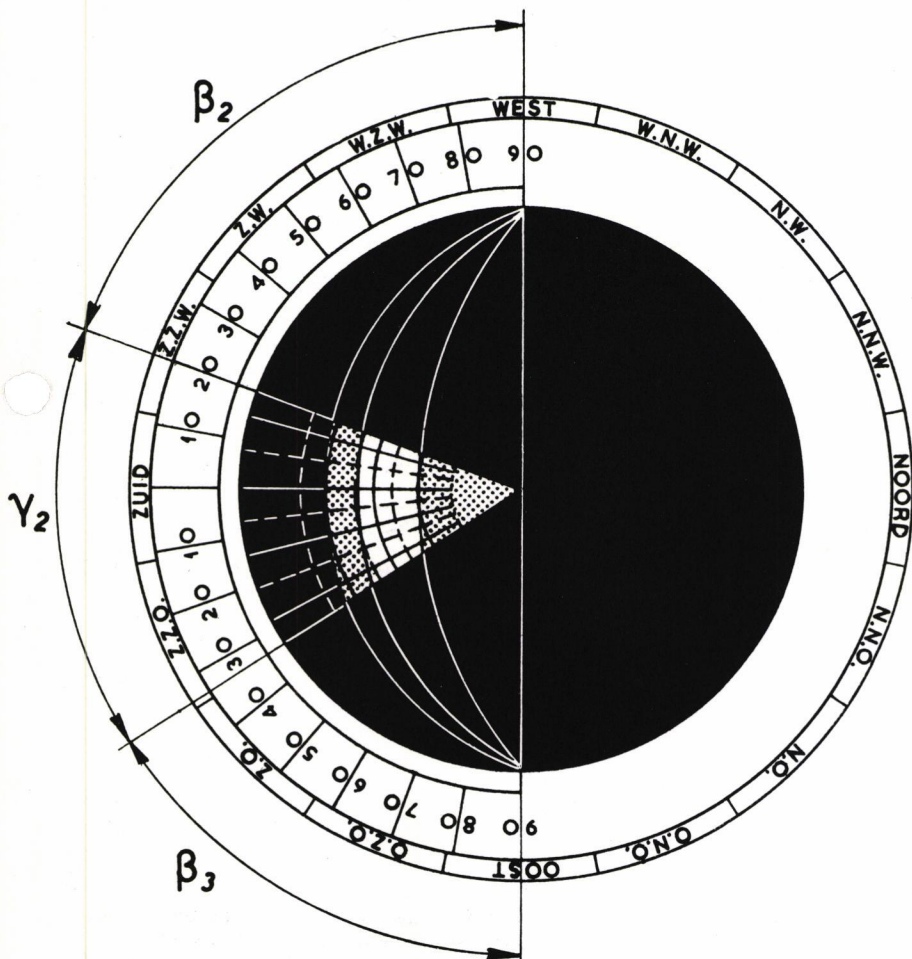


Fig. 12. Projectiefiguur voor het geval van fig. 9 ($\alpha_2 = 55^\circ$) wanneer het hemelfactordia-gram is voorgedraaid. Het deel rechts van de middelste baan is nu afgeschermd door het plafond en de muurstrook boven het venster. De hemelfactor bedraagt hier ongeveer $7,5 \times 0,25 = 1,9\%$.

het bovenste plaatje gedraaid wanneer de situatie in het vertrek moet worden onderzocht.

Aangezien voor drie afschermhoeken de begrenzingslijnen zijn aangegeven (met meer lijnen zou de aflezing bemoeilijkt worden), kunnen voor punten op drie afstanden t.o.v. het venstervlak de hemelfactor en de bezonning worden bepaald. In fig. 9c van de punten gelegen op de lijnen q_1 , q_2 en q_3 (voor punten gelegen op een lijn evenwijdig aan het venstervlak zijn de verticale afschermhoeken gelijk; deze hoeken worden nl. altijd bepaald in een vlak gaande door het bewuste punt en loodrecht op de horizontale begrenzingslijn).

De afstand van de lijnen q_1 , q_2 en q_3 hangt uiteraard af van de hoogte van de bovenste begrenzing t.o.v. het vlak waarin de beschouwde punten liggen. Dit vlak (het werkvlak) neemt men gewoonlijk op een hoogte van ongeveer 85 cm. In ieder geval dient men dit vlak zo hoog te kiezen dat het niet onder de vensterbank komt, omdat anders de instelling van het instrument in sommige gevallen vrij lastig wordt (men heeft dan nl. ook nog een extra bemerking aan de onderkant).

Is de genoemde hoogte 1,50 m, dan liggen de lijnen q_1 , q_2 en q_3 op afstanden van het venster gelijk aan 1,05 m, 2,10 m en 3,15 m.

Heeft men het instrument nu ingesteld, dan is de bepaling van de bezonning niets nieuws. Er is zon in het beschouwde punt wanneer de zon zich bevindt in die delen van de zonnebanen die een witte (of eventueel gestippelde) achtergrond hebben (zie figuur 9d).

De bepaling van de hemelfactor geschiedt met de ruitjesverdeling die is aangebracht op hetzelfde plaatje als waarop zich de zonnebanen bevinden (zie figuur 11).

Ieder ruitje gezien tegen een witte of eventueel gestippelde achtergrond vertegenwoordigt een hemelfactor van 0,25 % (zie figuur 12). Bij de bepaling van de hemelfactor behoeft het diagram geen bepaalde stand in te nemen; zie voor de theoretische achtergrond ervan de handleiding⁵⁾. Men mag het diagram zo draaien dat het tellen van de ruitjes de minste moeilijkheden oplevert.

De hemelfactor kan worden bepaald voor punten gelegen op de lijnen q_1 , q_2 en q_3 . Wil men de hemelfactor kennen van tussengelegen punten dan kan men deze door interpolatie vinden uit een grafiekje (figuur 13).

¹⁾ Publikatie nr. 58 van de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O., Koningskade 12, 's-Gravenhage.

²⁾ Hopkinson, Longmore and Petherbridge: „An empirical formula for the computation of daylightfactor.” Transactions of the Illuminating Engineering Society, XIX 1954, nr. 7.

³⁾ Zie het rapport van de „Zonnecommissie” van h Nederlands Instituut voor Volkshuisvesting en Stedebouw.

⁴⁾ Kosten, C.W. en Kruger, A.J.: Dagverlichting en bezonning. Een eenvoudig instrument voor de meting van de natuurlijke binnenverlichting en bezonning. „Bouw” 1954, nr. 51.

⁵⁾ De handleiding is op aanvraag verkrijgbaar bij de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O., Koningskade 12 (postbus 297) te 's-Gravenhage. Bij dit adres kan het instrument ook besteld worden. De prijs bedraagt inclusief koker f 37,50.

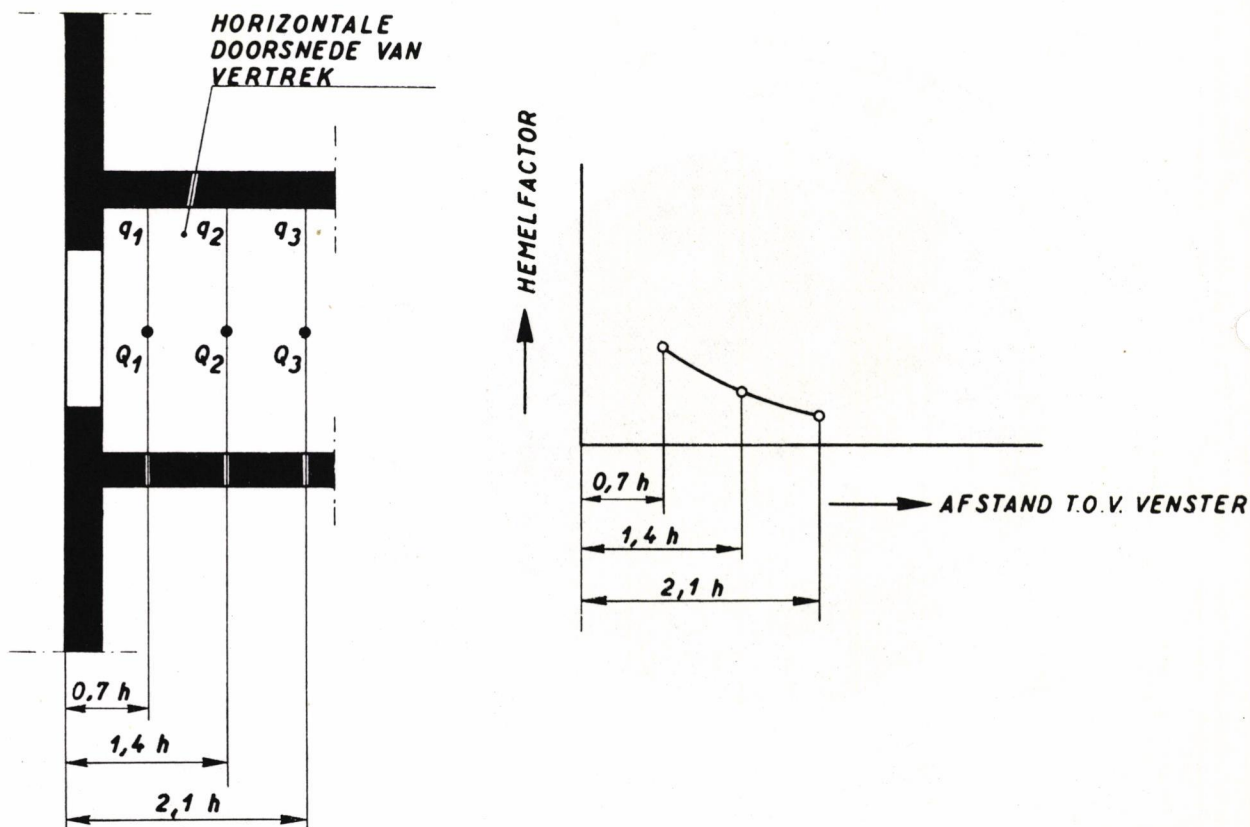


Fig. 13. Links: horizontale doorsnede van een vertrek met de punten Q waarin de hemelfactor bepaald is. Rechts de grafiek waaruit de hemelfactor voor tussengelegen punten kan worden bepaald.