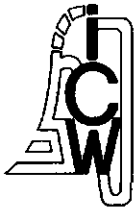


NN31545.1626

ICW nota 1626
juni 1985



nota

instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen

RUIMTEWINST, ENERGIEBESPARING EN VERHOOGING VAN DE BOUWKOSTEN
BIJ SITUERING VAN EEN GLASTUINBOUWBEDRIJF (SUBSTRAATTEELT)
OP HET DAK VAN EEN BEDRIJFSGEBOUW: EEN VERKENNING

M. Adhin

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking

30 JULI 1985

JSN 222 979 -02

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. ALGEMEEN	2
3. EISEN TE STELLEN AAN HET BEDRIJFSGEBOUW	4
3.1. Omvang	4
3.2. Belastingen en draagconstructie	5
4. BEREIKBAARHEID	14
4.1. Bereikbaarheid van het gebouw	14
4.2. Bereikbaarheid van het dak	14
5. GRONDPRIJZEN; BESPARING OP GRONDGEBRUIK	16
6. EISEN TE STELLEN AAN DE KASCONSTRUCTIE	18
6.1. Toe te passen normen	18
6.2. Veiligheid van het glas	19
6.3. Uitvoering	20
7. VOORZIENINGEN BEDRIJFSRUIMTEN	21
7.1. Daglicht	21
7.2. Ventilatie	22
8. WARMTEBESPARINGEN	23
9. KOSTENVERGELIJKING	28
10. CONCLUSIE	34
LITERATUUR	35
BIJLAGEN	36

1. INLEIDING

Sinds jaar en dag verhuizen industriële bedrijven vanuit de binnenstad naar het buitengebied, waar voldoende expansiemogelijkheden zijn, de grond relatief goedkoop en de bereikbaarheid hoog is. De betreffende gemeenten zien het liefst dat deze verplaatsingen binnen de gemeentegrenzen blijven of in de directe nabijheid hiervan. De bedoeling is het verlies aan werkgelegenheid tegen te gaan. Hiertoe worden aan de rand van de steden bedrijfsterreinen ingericht.

Voor de gemeente Den Haag is een gebied ten noorden van de A12 en ten oosten van de A4 aangewezen voor te verplaatsen bedrijven uit de binnenstad. Dit gebied valt binnen de gemeente Leidschendam.

Er is een onderzoek gedaan naar de bereidwilligheid van deze bedrijven om te verhuizen. De conclusie is, dat de meeste bedrijven wel uit de binnenstad weg zouden willen, maar alleen als de grondkosten niet meer zijn dan ± f 200,- per m² (GRONTMIJ, 1984). Een ander probleem is, dat in het genoemde gebied tussen de A4 en A12 ook nog een aantal tuinbouwbedrijven zitten.

Als de nijverheid uit de binnenstad verplaatst moet worden naar gronden die in gebruik zijn voor glastuinbouw, zijn er een aantal mogelijkheden:

- 1) het glastuinbouwbedrijf wordt verplaatst of opgeheven
 - dit kost veel aan schadevergoedingen en met opheffen of verplaatsen naar vergelegen gebieden gaat ook plaatselijk werkgelegenheid verloren;
- 2) de nijverheid vertrekt naar een verder gelegen gebied
 - hierdoor ontstaat plaatselijk verlies van nijverheid en dus van werkgelegenheid (eventueel zakt het aantal inwoners);

3) nijverheid en glastuinbouw worden gecombineerd

- geen verlies van werkgelegenheid en geen bedrijfsschadevergoedingen (wel vergoeding voor glasafbraak).

Binnen het ICW te Wageningen is naar aanleiding hiervan het plan geopperd om de mogelijkheid te bestuderen om deze tuinbouwbedrijven een vestigingsplaats op het dak van de nieuwe bedrijfsgebouwen te bieden. In het kader van een stage vanuit de Afdeling Bouwkunde van de Technische Hogeschool te Delft, heeft de auteur onder leiding van dr. L.M. van den Berg en ir. C.G.J. van Oostrom van het ICW een verkennend onderzoek verricht.

In dit onderzoek is nagegaan wat deze combinatie bouwkundig en economisch met zich meebrengt. Hiertoe zijn kosten en baten met elkaar vergeleken. Het onderzoek blijft beperkt tot een vergelijking tussen:

- een glastuinbouwbedrijf in de directe nabijheid maar los van een gebouw voor nijverheid
- een glastuinbouwbedrijf op het dak van een gebouw voor nijverheid (bedrijfsverzamelgebouw).

2. ALGEMEEN

In de inleiding zijn enkele voordelen aangegeven van het plaatsen van een tuinbouwkas op het dak van een bedrijfsverzamelgebouw.

Als gevolg van de verregaande mechanisatie en automatisering vertoont dit van oorsprong duidelijk agrarische bedrijf steeds meer aspecten van een industriëel karakter. In dit licht bezien is de situering op een industrieterrein niet geheel onlogisch.

Het is echter van groot belang om na te gaan in hoeverre een tuinbouwbedrijf verenigbaar is met industriële bedrijven of andere soorten van nijverheid. Voor bedrijven die agressieve of giftige stoffen afscheiden is dit bijvoorbeeld onwaarschijnlijk.

Een groot verschil met industriële bedrijfstakken of andere soorten van nijverheid is o.a. dat bij een tuinbouwbedrijf de ondernemer op zijn bedrijfskavel moet wonen. Bij nijverheid in de stad komt dit ook voor, maar industrieterreinen bieden zelden woonruimte voor eigenaar, directeur of werknemers van de bedrijven.

Met dit gegeven moet rekening worden gehouden, teneinde woongenot, privacy en dergelijke te waarborgen; vooral ook omdat het transport met lichte of zware bedrijfswagens, naar en van het bedrijfsverzamelgebouw veel intensiever zal zijn dan een tuinder in zijn bedrijf gewend is.

In de praktijk staat de woning van de tuinder meestal los van de kassen. Bij het overwegen of de woning van een 'daktuinder' in of los van het bedrijfsgebouw zal worden geplaatst moeten de voor- en nadelen worden bekeken:

1) In het gebouw:

nadelen	voordelen
- extra kosten ten aanzien van isolatie van bijvoorbeeld geluid, trillingen en dergelijke	- bouwkosten kunnen lager zijn
- geen daglicht aan alle zijden van de woning	- minder ruimtebeslag
- geen vrijheid om het huis	
- geen vrijheid voor het ontwerpen van het uiterlijk van de woning	

2) Los van het gebouw:

nadelen	voordelen
- bouwkosten kunnen hoger zijn	- lichttoetreding van alle zijden in de woning
- meer ruimtebeslag	- veel meer vrijheid voor het ontwerpen van de woning en situeren van de diverse ruimten
	- vrijheid om het huis.

Een derde mogelijkheid is een woning die wordt aangebouwd.

Het bezwaar van de geluidshinder in het gebouw maar ook om het gebouw (transportwagens) lijkt mij zo groot dat de 1e en 3e mogelijkheid afvallen.

Een tuinbouwbedrijf heeft naast ruimte voor produktie van gewassen ook nog ruimte nodig voor: schuur, koelhuis, stookinstallatie en eventueel een waterbassin. Ten behoeve van een efficiënte bedrijfsvoering zal blijken dat deze ruimten, met uitzondering van het waterbassin, het beste direct onder de kas, dus in het bedrijfsgebouw, kunnen worden ondergebracht. Een lift of iets dergelijks zal voor het verticale transport moeten zorgen (zie hoofdstuk 4.2).

Tenslotte moet worden nagegaan of het aanvaardbaar is dat de vereiste minimale glasoppervlakte van de tuinbouwkassen (ten behoeve van een rendabele exploitatie van het tuinbouwbedrijf), de afmetingen van het dak van het bedrijfsverzamelgebouw bepaalt.

Deze zaken worden in de volgende hoofdstukken uiteengezet.

3. EISEN TE STELLEN AAN HET BEDRIJFSGEBOUW

3.1. O m v a n g

In het voorgaande hoofdstuk was te lezen dat het vereiste glasoppervlak van het tuinbouwbedrijf de grootte van het dak zal bepalen en dus ook de totale oppervlakte van het bedrijfsgebouw.

Uit gegevens van het LEI blijkt dat bij bloementeel onder glas een oppervlakte van 0,5 ha per bedrijf minimaal nodig is. Een oppervlakte van 1 ha zou echter belangrijk rendabeler zijn. Deze cijfers zijn afgeleid van de hieronder vermelde gewenste grootte voor:

- a) potplantenbedrijf $\pm 3500 \text{ m}^2$ onder glas
- b) snijbloemenbedrijf $\pm 7500 \text{ m}^2$ onder glas
- c) glasgroentebedrijf $\pm 8500 \text{ m}^2$ onder glas

Uit een onderzoek van de Grontmij van 1981 blijkt, dat er zeer veel nijverheidsbedrijven zijn die een perceelsoppervlakte nodig hebben die kleiner is dan 2000 m^2 . In dit onderzoek is sprake van benodigde perceelsoppervlakte. Hoeveel deze bedrijven aan bebouwde oppervlakte nodig hebben wordt niet vermeld. Aangenomen mag worden, dat de meeste bedrijven, elk afzonderlijk, geen dakoppervlakte van minimaal 5000 m^2 zullen opleveren. Bedrijven samenvoegen in een bedrijfsverzamelgebouw met een dakoppervlakte van 5000 à $10\,000 \text{ m}^2$ kan een oplossing zijn. Gebouwen van individuele bedrijven met een dakoppervlak van 5000 m^2 of meer zijn in de omgeving van Den Haag

niet ongewoon. Genoemd kunnen worden: een PTT-hal in Leidschendam ($\pm 2,5$ ha), de veilingen van Naaldwijk en Honselersdijk (respectievelijk 14 en 20 ha) en een tweetal voorgenomen verdeelcentra van C & A in Katwijk en Lisse (van 2,2 ha elk).

Niet alleen de grootte van de glasoppervlakte is bedrijfs-economisch van belang, ook de lengte-breedte verhouding (VAN OOSTROM, 1983).

Volgens van Oostrom is er een verband tussen de kasvorm en -grootte enerzijds en jaarlijkse exploitatiekosten (o.a. warmteverlies) anderzijds,

- de vierkante vorm is ideaal tot een oppervlakte van 1 ha
- kassen groter dan $15\ 000\ m^2$ komen weinig voor, de energiewinst bij grotere kassen zou marginaal zijn.

In de praktijk zijn de kasafmetingen altijd bepaald door de kavel waarover de tuinder kan beschikken. Meestal heeft deze niet de ideale vierkante vorm.

Of de vierkante vorm voor een bedrijfsverzamelgebouw ideaal is valt te betwijfelen. We kunnen ervan uitgaan dat de meeste bedrijven hun bedrijfsruimte aan de gevel willen hebben met liefst een zo groot mogelijk deel van de geveloppervlakte, dit in verband met de produktielijn, flexibiliteit enz. Een langwerpige vorm van het bedrijfsverzamelgebouw verdient dan ook de voorkeur, omdat dit per bedrijf meer geveloppervlakte oplevert dan de vierkante vorm. Gezocht zal dan moeten worden naar een compromis, dat voor alle bedrijven acceptabel is. Ingeval een tuinder de ideale vorm voor zijn bedrijf wil benaderen zal hij hoogstwaarschijnlijk moeten verhuizen naar verder gelegen, speciaal voor de glastuinbouw ingerichte gebieden.

3.2. B e l a s t i n g e n e n d r a a g c o n s t r u c t i e

Het is gebruikelijk om het dak van een bedrijfsgebouw te berekenen op een belasting van 1000 à $2000\ N/m^2$ (voor gebruikte afkortingen zie bijlage 3). Als het dak groter is dan $60\ m^2$, is $500\ N/m^2$ evenwel toegestaan (NEN 3850). De belasting die een tuinbouwkas aan de grond overdraagt is als volgt samengesteld:

eigen gewicht kas	250 N/m ²
nuttige belasting gedragen door de kas:	
gewicht van met water gevulde pijpen	100 N per m ²
transportleidingen en kabelgoten	100 N/m ²
installatie van zonwering, koeling, }	100 N/m ²
belichting, luchting e.d.	150 N/m ²
gewassen	
	450 N/m ²
veranderlijke belasting	250 N/m ²
Totaal door en via de kasconstructie aan de grond	
afgegeven belasting	950 N/m ² *
nuttige belasting direct op de grond van b.v.	
(tafels met) gewassen (substraat teelt), personen,	
hulpmaterieel e.d.	1000 N/m ²
Totaal	1950 N/m ²

Omdat er hogere eisen worden gesteld aan de kasconstructie op het dak (zie hoofdstuk 6) zal de kasconstructie zwaarder uitgevoerd moeten worden.

Ook voor de gelijkmatig verdeelde belasting direct op het dak (dus niet via de kaskolommen) moet meer gerekend worden dan de gelijkmatig verdeelde belasting op daken volgens norm (NEN 3850) (zie hoofdstuk 6).

De belasting die een tuinbouwkas aan het dak van het bedrijfsgebouw overdraagt is als volgt samengesteld:

*Deze belasting wordt door de kolommen overgedragen, dit zijn dus puntlasten. Voor een Venlo warenhuis met een kolomafstand van 3 x 3,2 m is de belasting door een middenkolom $3 \times 3,2 \times 950 = 9120 \text{ N}$ en door een randkolom $\frac{1}{2} \times 3 \times 3,2 \times 950 = 4560 \text{ N}$

eigen gewicht kas	350 N/m ²
nuttige belasting gedragen door de kas:	
gewicht van met water gevulde pijpen	100 N/m ²
transportleidingen en kabelgoten	100 N/m ²
installatie van zonwering, koeling, }	100 N/m ²
belichting, luchting e.d.	150 N/m ²
gewassen	450 N/m ²
veranderlijke belasting (wind op 8 meter hoogte)	750 N/m ²
Totaal door en via de kasconstructie aan het dak afgegeven belasting	1550 N/m ² *
Nuttige belasting direct op het dak van b.v.(tafels met) gewassen (substraatteelt), personen, hulpmaterieel e.d.	2000 N/m ² **
Totaal	3550 N/m ²

Voor de draagconstructie en voor het dak wordt meestal staal, gewapend beton of een combinatie toegepast. Is de gelijkmatig verdeelde belasting $< 1000 \text{ N/m}^2$ (NEN 3850) dan wordt er vrijwel altijd gekozen voor een 'licht' dak (dit is van staal, zie fig. 1). Voor een combinatie bedrijfshal met een tuinbouwkas op het dak is een 'licht' dak, vanwege de grotere belasting op het dak niet geschikt.

* Deze belasting wordt door de kolommen overgedragen aan het dak, dit zijn dus puntlasten. Voor een Venlo warenhuis met een kolomafstand van $3 \times 3,2$ is de belasting door een middenkolom $3 \times 3,2 \times 1550 = 14880 \text{ N}$ en door een randkolom $\frac{1}{2} \times 3 \times 3,2 \times 1550 = 7440 \text{ N}$

** Deze belasting lijkt erg hoog, maar men moet bedenken dat de eerder genoemde belasting van 500 N/m^2 een minimum eis is voor dakvlakken groter dan 60 m^2 (NEN 3850). In de praktijk komt het wel eens voor dat een dak een belasting van meer dan 2000 N/m^2 moet kunnen verdragen, bijvoorbeeld als het terras van de kantine van een bedrijf op het dak wordt ontworpen.

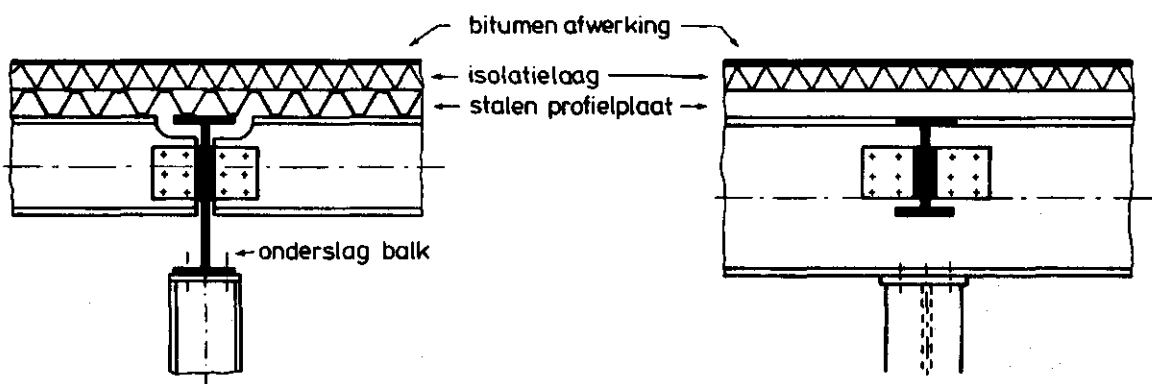


Fig. 1. Constructie van een 'licht' dak

De kosten van dit lichte staaldak, geschikt voor een gelijkmatig verdeelde belasting van 1000 N/m^2 , zijn:

waterdichte laag met isolatie inclusief staalplaat	= f 75,- per m^2
dakconstructie met kolom 40 kg/m^2 à f 2,50 per kg	= f 100,- per m^2
Totaal	f 175,- per m^2

Bij deze daken is het vooral de doorbuiging die maatgevend wordt bij het dimensioneren van de diverse constructie onderdelen. Elke zwaardere daklast zal deze doorbuiging rechtevenredig ongunstig beïnvloeden. Hierdoor moeten de stalen profielplaat en de I-vormige balk grotere afmetingen krijgen. Door de zwaardere daklast moet ook de H-vormige kolom grotere afmetingen krijgen. De bouwkosten worden dan ook hoger omdat het gewicht van het toegepaste staal de prijs bepaalt. In dit onderzoek worden voor 2 alternatieven de hogere kosten berekend. Er zijn wel meer oplossingen, maar de verwachting is dat deze 2 de goedkoopste zijn ten opzichte van het lichte dak.

Alternatieven:

I. De 'cassette vloer' (dak)

Een constructie waarvan de kolommen en het dak van beton zijn. De vloer heeft uitsparingen; hierdoor vermindert het eigen gewicht zodat de kosten lager zijn. Om deze uitsparingen te verkrijgen wordt de vloer gemaakt met behulp van kunststof cassettes. Op deze wijze ontstaat een plaat met ribben (zie fig. 2).

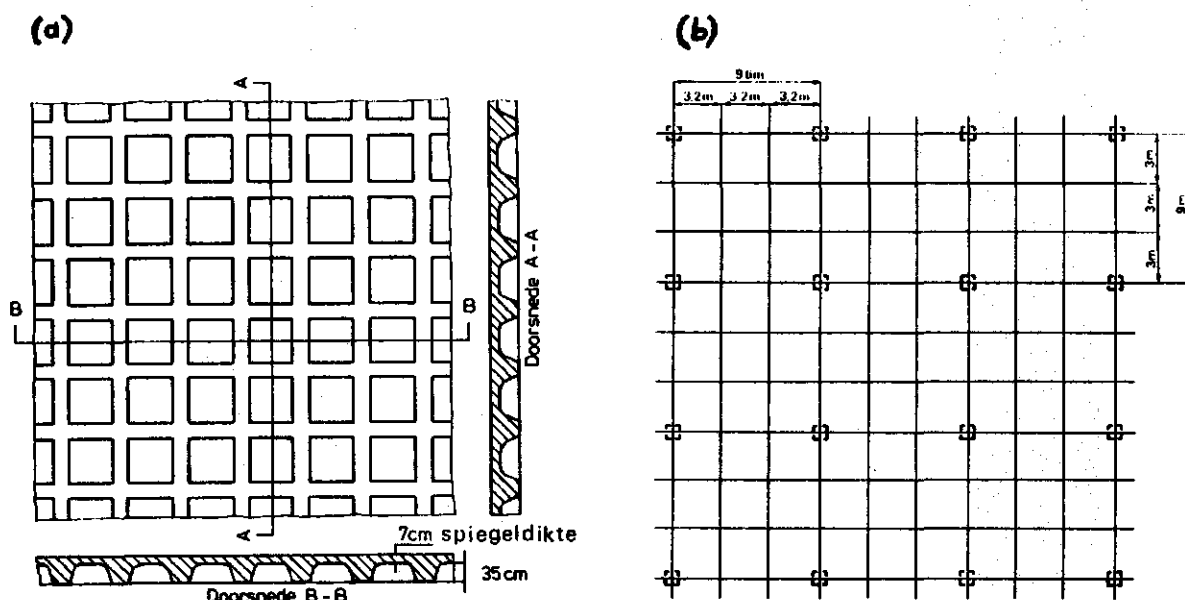


Fig. 2. Constructie van een 'cassette vloer'

De dikte van de plaat en de hoogte van de ribben worden bepaald door de belasting en de kolomafstanden. Voor een belasting van 4000 N/m^2 en een kolomafstand van $9 \times 9,6 \text{ m}$ blijkt dat de plaatdikte $\pm 6,7 \text{ cm}$ moet zijn en de ribhoogte $\pm 35 \text{ cm}$ (mondelinge mededeling ir. VAN TIEL, THD). Ook als de belastingen lager waren zal de plaatdikte $\pm 7 \text{ cm}$ blijven, omdat om praktische redenen dit niet dunner wordt gemaakt. De constructie is van gewapend beton, bestaande uit een nogal dunne plaat met ribben in twee richtingen en wordt gedragen door betonnen kolommen.

Ter plaatse van deze kolommen worden meestal 4 cassettes in verband met ponsdruk weggelaten. De plaat wordt dan net zo dik als de ribben. De afmetingen van de cassettes kunnen zodanig gekozen worden, dat de kolomvoet van de kas komt te rusten op het kruispunt van twee ribben.

Voor de Venlo kas is in fig. 2.1 een mogelijk belastingschema geschetst (afmetingen tussen kolommen Venlokas $3 \times 3,2 \text{ m}$ gekozen). De maat tussen de kolommen van het bedrijfsgebouw kan dan bijvoorbeeld $12,8 \times 12$ of $9,6 \times 9$ zijn.

De kosten van deze cassettevloer (dak) worden geraamd op f 216,-/m² (zie ook bijlage 1).

II. Zwaar stalen dak geschikt voor een gelijkmatig verdeelde belasting van 4000 N/m² (zie fig. 3)

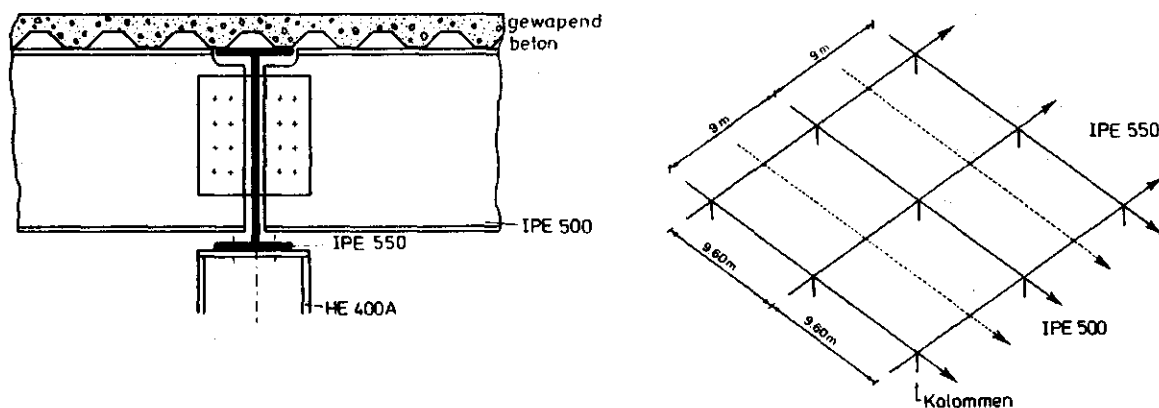


Fig. 3. Zware staaldakconstructie

Om een goede hechting met het beton te krijgen zijn deze speciale staalplaten voorzien van een noppenprofiel in de zijkanten van de golf.

De kosten van deze zware staaldakconstructie worden geraamd op f 260,-/m² (zie bijlage 2).

Ook de fundering zal zwaarder worden, maar de belastingtoename van 1000 N/m² naar 4000 N/m² is ten opzichte van de totale belasting die de fundering moet dragen gering. Deze belasting is niet alleen het totale gewicht van het gebouw (gevels, draagconstructie, plafonds, binnenwanden, installaties enz.) maar vooral de nuttige belasting die de begane-grondvloer van het bedrijfsgebouw moet dragen.

Voor een bedrijfsverzamelgebouw dat te huur zal worden aangeboden is, om zo weinig mogelijk bedrijven uit te sluiten, een toelaatbare belasting van 10 000 N à 20 000 N op de begane grondvloer reëel. Voor een 'fundering op staal' (zeer waarschijnlijk in de omgeving Leidschendam) zullen de extra kosten veroorzaakt door een iets hogere belasting nauwelijks aantoonbaar zijn.

Voor een paalfundering kunnen de kosten wel hoger worden:

Voorbeeld 1, bij toepassing van houten palen met een draagkracht van 90 000 N (= 9000 kgf) en een lengte van 15 m per paal:

kosten paal 15 x f 5,6 /m ¹	= f 84,--
betonnen oplanger	= - 40,--
afwerken (koppensnellen)	= - 4,75
heien	= - 35,--
Totaal	f 163,75 → f 165,-- per paal

Voorbeeld 2, bij toepassing van betonnen palen (Ø 280) met een draagkracht van 200 000 N (= 20 000 kgf) en een lengte van 15 m per paal:

kosten paal 15 x f 21,-/m ¹	= f 315,--
heien	= - 80,--
afwerken(koppensnellen)	= - 15,--
Totaal	f 410,-- per paal

Extra belasting bij alternatief I:

gewicht betonconstructie	505 kg/m ²
gewicht licht staaldak	55 kg/m ²
extra gewicht constructie	450 kg/m ²
belasting op het dak	400 kg/m ²
volgens Normblad	100 kg/m ²
extra belasting	300 kg/m ²
Totaal extra belasting	750 kg/m ²

Extra kosten bij toepassing van houten palen:

$$\frac{750}{9000} \times f 165,- = f 13,75 \text{ per m}^2$$

Extra kosten bij toepassing van betonnen palen:

$$\frac{750}{20\ 000} \times f 410,- = f 15,35 \text{ per m}^2$$

Extra belasting bij alternatief II:

gewicht zware staaldakconstructie	71 kg/m ²
gewicht betonlaag	+ 324 kg/m ²
Totaal	<u>395 kg/m²</u>
gewicht lichte staaldakconstructie	- 55 kg/m ²
Extra gewicht	<u>340 kg/m²</u>
belasting op het dak	400 kg/m ²
volgens normblad	<u>100 kg/m²</u>
Extra belasting	<u>300 kg/m²</u>
Totaal extra belasting	<u>640 kg/m²</u>

Extra kosten bij toepassing van houten palen:

$$\frac{640}{9000} \times f 1,65 = f 11,70 \text{ per m}^2$$

Extra kosten bij toepassing van betonpalen:

$$\frac{640}{20000} \times f 410,- = f 13,20 \text{ per m}^2$$

De diverse kostenramingen zijn globaal en gebaseerd op gegevens van: a. Misset-richtprijzen oktober 1984

b. handelaren in stalen dakplaten

c. verhuurbedrijf van kunststofvormen

Hierbij dienen een tweetal opmerkingen te worden geplaatst.

Allereerst hoeft de cassettevloer niet de beste of goedkoopste oplossing te zijn, andere mogelijkheden zijn bijvoorbeeld:

in geprefabriceerde beton: TT platen, SP kokervloer e.d.

in ter plaatse gestorte beton: betonvloeren met ingestorte

kartonnen kokers, met licht toeslagmateriaal,
enz.

Een uitvoeriger vergelijkend onderzoek kan de beste en/of goedkoopste keuze bepalen. Hierbij is ook van belang welk bedrijf het werk zal uitvoeren; sommige bedrijven kunnen vaak het ene systeem goedkoper uitvoeren dan het andere systeem.

In de tweede plaats kunnen de kosten van een stalen draagconstructie in sommige gevallen lager zijn dan een betonnen draagconstructie,

bijvoorbeeld een magazijn waarin weinig mensen werken en waar de kans op het ontstaan van brand gering is. In een bedrijfsverzamelgebouw dat voor vele soorten nijverheid geschikt moet zijn (een verdere beperking voor sommige nijverheden dan in hoofdstuk 2 genoemd zal het bedrijfsverzamelgebouw moeilijker verhuur- of verkoopbaar maken) zal zeker de gehele staalconstructie beschermd moeten worden tegen de fatale invloed van brand. Om één uur brandvertraging te verkrijgen worden de kosten van een stalen draagconstructie hoger.

Beton heeft reeds een brandvertraging van een half uur. Om één uur brandvertraging te verkrijgen worden de kosten van een betonnen draagconstructie weinig meer (de dekking op het staal moet iets dikker worden).

Samenvatting:

Bij een combinatie van tuinbouwkassen op het dak van een bedrijfsverzamelgebouw wordt de belasting op het dak: 3550 N/m^2 (355 kgf/m^2). Voor de berekening van de draagconstructie wordt 4000 N/m^2 aangehouden.

In onderstaande tabel worden de kosten van 2 alternatieven, geschikt om deze zware belasting te dragen, vergeleken met de kosten van een draagconstructie voor een bedrijfsverzamelgebouw dat geen tuinbouwkas op het dak heeft. De bedragen zijn per m^2 .

Tabel 1. Overzicht van de kosten van een bedrijfsverzamelgebouw met en zonder een kas op het dak (per m^2)

Alternatieven	Extra kosten t.o.v. staal- dak van f 175,- per m^2	Extra funderings- kosten		Totale extra kosten	
		houten palen	beton palen	houten palen	beton palen
I. Betonconstr.	f 41,-	f 13,75	f 15,35	f 54,75	f 56,75
II. Staalconstr.	f 85,-	f 11,70	f 13,20	f 96,70	f 98,70

4. BEREIKBAARHEID

4.1. B e r e i k b a a r h e i d v a n h e t g e b o u w

De opzet bij nieuw te bouwen bedrijfsgebouwen is er op gericht dat het gebouw langs alle gevels goed bereikbaar is, meestal via een 'eigen' weg omdat de openbare weg slechts langs één zijde loopt.

Voor een optimale inrichting en beheersing van het produktieproces is dit noodzakelijk omdat dan de aan- en afvoer van personen, goederen enzovoort geheel flexibel is.

Voor bedrijven in een bedrijfsverzamelgebouw zijn de mogelijkheden al beperkter. Daarom moet zeker bij bedrijfsverzamelgebouwen gezorgd worden voor een ontsluiting die alle bedrijven goed bereikbaar maakt.

Tenslotte dient tevens een ruime parkeermogelijkheid aanwezig te zijn.

4.2. B e r e i k b a a r h e i d v a n h e t d a k

Het is van belang de bereikbaarheid en exploitatie van een tuinbouwkas op ± 5 m hoogte zo weinig mogelijk te laten verschillen van een kas op de grond.

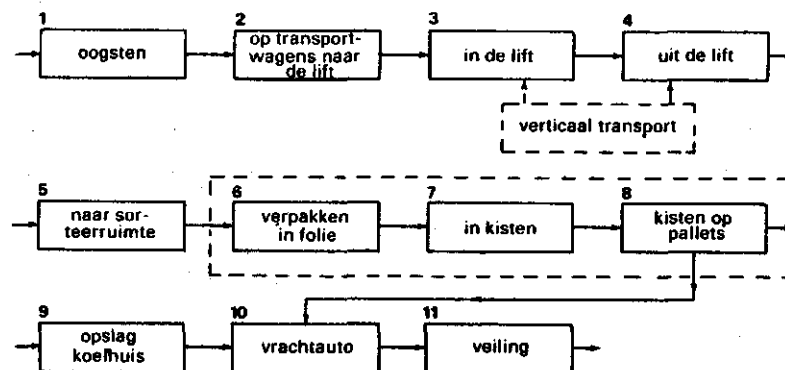
Hellingbanen nemen veel ruimte in beslag. Voordeel is wel dat ze continu begaanbaar zijn en geen volumebeperkingen kennen. Liftten nemen minder ruimte in beslag, maar als een lift vol is moet weer even gewacht worden. Daar het de bedoeling is de beschikbare ruimte zo veel mogelijk te gebruiken als tuinbouwgrond en/of als bedrijfs-terrein kunnen we de toepassing van hellingbanen buiten beschouwing laten. Wel zou in voorkomende gevallen naast een lift een verrijdbare transportband toegepast kunnen worden. En daar waar reeds verschillen in hoogte van het terrein aanwezig zijn zou de toepassing van een hellingbaan toch in overweging genomen kunnen worden. Dan is er ook minder grondverzet nodig.

Een tuinbouwkas op het dak van een bedrijfsgebouw brengt met zich mee dat tenminste een gedeelte van een gevel niet van nut kan zijn voor de eronder gelegen bedrijven. Het tuinbouwbedrijf zal immers ook zijn goederen en personen aan en af moeten kunnen voeren.

De plaats van de lift moet zorgvuldig gekozen worden om een efficiënte bedrijfsvoering te waarborgen. Hiervoor zou eerst een bedrijfsanalyse uitgevoerd moeten worden. Als resultaat moet de beste plaats van de lift vast komen te staan om de transportafstanden zo kort mogelijk te houden. Als de lift in of aan het bedrijfsgebouw wordt gesitueerd kan nu al worden vastgesteld, dat de koelruimte, sorteerruimte en de ruimte voor de installaties ook in of aan het bedrijfsgebouw moeten liggen.

Met andere woorden, de tuinder heeft ook ruimte in het bedrijfsgebouw nodig op de begane grond, zodat het horizontale transport tot een minimum wordt beperkt. Het moet kunnen dat zodra de produkten op de begane grond uit de lift komen, deze direct via de sorteerruimte, hetzij in het koelhuis (= tijdelijke opslag), hetzij op de vrachtauto (voor afvoer naar de veiling) geplaatst worden.

Een transportstroom van de produktie uit de kas kan er als volgt uitzien:



Voor de hand ligt dan ook dat de lift uit de kas zo dicht mogelijk bij de sorteerruimte uitkomt. Bovendien moet de lift aan de gevel liggen zodat er rechtstreeks van buiten af gebruik van gemaakt kan worden. Een mogelijkheid is ook de lift buiten langs de gevel te plaatsen (zie fig. 4).

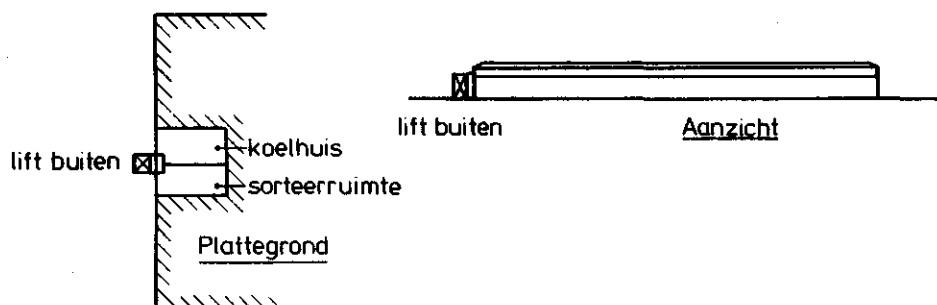


Fig. 4. Mogelijke plaats van lift en schuurruimte bij het gebouw

5. GRONDPRIJZEN; BESPARING OP GRONDGEBRUIK

Het openleggen c.q. bereikbaar maken van nieuwe bouwterreinen wordt meestal door de overheid (gemeente, provincie of rijk) gedaan. Zaken zoals ontsluiting, afwatering, nutsvoorzieningen enz. ten behoeve van tuinbouwgrond blijken per oppervlakteëenheid goedkoper te zijn dan ten behoeve van bedrijfsterreinen (mondelinge mededeling gemeente Leidschendam). Hierdoor zijn bedrijfsterreinen per m^2 duurder dan tuinbouwgronden.

Uit informatie ingewonnen bij de gemeente Leidschendam blijkt dat tuinbouwgrond in deze omgeving f 20,- per m^2 kost, terwijl bedrijfsterreinen f 150,- per m^2 kosten.

Als een tuinbouwbedrijf op het dak van een bedrijfsverzamelgebouw wordt geplaatst valt te verwachten, dat éénmaal een bedrag van f 150,- wordt berekend. Een bedrag van f 20,- per m^2 kan dan voor een groot deel (zie grondwinst in procenten) aangewend worden om de extra kosten van het hele gebouw mede te compenseren.

Om te kunnen vaststellen hoeveel procent te besparen valt op grondgebruik, maken we een vergelijking tussen een tuinbouwbedrijf los van een bedrijfsverzamelgebouw en een tuinbouwbedrijf op het dak van een bedrijfsverzamelgebouw.

Tuinbouwbedrijf los van een bedrijfsverzamelgebouw:

Gegevens: - glasoppervlakte $80 \times 70 \text{ m} = 5600 \text{ m}^2$ (b.v. een potplanten-
bedrijf)

- extra een strook van 1,50 m voor onderhoud van
gevels en afvoer regenwater enz.

- woning	150 m ²
- vrije ruimte	100 m ²
- waterbassin	135 m ²
- koelruimte	50 m ²
- sorteerruimte + installatie }	150 m ²
- verkeersruimte	40 m ²
Totaal	625 m ²

De benodigde grondoppervlakte is dan:

$$\begin{aligned}
 [80 + (2 \times 1,5)] \times [70 + (2 \times 1,5)] &= 6059 \text{ m}^2 \\
 \text{woning e.d.} &= \frac{625 \text{ m}^2}{6059 \text{ m}^2} \\
 \text{Totaal} &= 6684 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Ditzelfde tuinbouwbedrijf maar nu op het dak van een
bedrijfsverzamelgebouw heeft op de begane grond nog extra ruimte
nodig voor:

sorteerruimte, installaties + lift	180 m ²
woning	150 m ²
vrije ruimte	100 m ²
waterbassin	135 m ²
koelruimte	50 m ²
Totaal	615 m ²

De winst aan grondgebruik in procenten is dan:

$$\frac{6684 - 615}{6684} \times 100 \% = 90,8\%$$

Hierbij wordt ervan uitgegaan dat het tuinbouwbedrijf ook gebruik maakt van de parkeergelegenheid en transportmogelijkheden van het bedrijfsverzamelgebouw, zonder dat hiervoor extra grond in rekening wordt gebracht. Als we dit wel doen dan blijft een besparing op grond van 90% mogelijk (voor parkeren e.d. voor het tuinbouwbedrijf is dan nog 54 m² over).

Voor andere kasafmetingen liggen de percentages nog iets gunstiger:

$$\text{snijbloemenbedrijf } \frac{8000 - 655}{8000} \times 100\% = 91,8\%$$

$$\text{glasgroentebedrijf } \frac{10\ 000 - 700}{10\ 000} \times 100\% = 93\%$$

6. EISEN TE STELLEN AAN DE KASCONSTRUCTIE

6.1. T o e t e p a s s e n n o r m e n

Nieuw te bouwen kassen moeten voldoen aan de norm NEN 3859 (voorbeeld: WAAYENBERG, 1978). Deze norm wijkt af van de NEN 3850 (algemene gedeelte en belastingen). De waarden die aangehouden moeten worden voor bijvoorbeeld sneeuwbelasting en windbelasting zijn lager.

Naast het normblad is er ook nog een praktijkrichtlijn: de NPR 3860 (J.C. SPEK, 1980). De NEN 3859 is bestemd voor tuinbouwkassen die op de grond staan. Tuinbouwkassen die niet op de grond staan worden in de norm niet genoemd.

Als men tuinbouwkassen boven op een gebouw plaatst zijn deze kassen een onderdeel van het gebouw geworden en dus zal de NEN 3850 moeten worden gehanteerd. Dit houdt in dat de kas aan zwaardere eisen moet voldoen dan normaliter gebruikelijk is voor kassen. De vraag is echter of men zomaar de betreffende getallen voor belastingen en dergelijke uit de NEN 3850 moet toepassen voor de kassenbouw. Zo wordt hierin voor bedrijfspvloeren een belasting van 400 kgf/m² vereist, terwijl volgens verkregen informatie (mondelinge mededeling ir. D.B. Paul THD) gewassen, personen en eventueel hulpmaterieel, bij teelt op substraten, tezamen nooit meer dan 100 kgf/m² belasting zouden veroorzaken op de begane grond in de kas. Hierbij kan ook gedacht worden aan het feit, dat de

kassen zelden een verharde vloer hebben, soms slechts een verhard transportpad bestaande uit betontegels. Uit een oogpunt van energiebesparing en produktieverhoging groeit echter de belangstelling voor betonvloeren ('t HART en TER BEEK, 1983). De kolommen van de kasconstructie zijn apart gefundeerd (WAAIJENBERG, 1979). Voor meer algemene informatie over kassenbouw zie: KRIJNEN en RUIGE, 1977).

Nu is het risico dat gelopen wordt als er toch een hogere belasting op de grond uitgeoefend wordt nihil. De grond zal waarschijnlijk iets meer ingedrukt worden. Het dak van het bedrijfsgebouw dat als kasvloer gebruikt wordt mag natuurlijk niet ingedrukt worden tengevolge van een plaatselijk hogere belasting. De minimale belasting op vloeren die vermeld staat in de tabel van NEN 3850 is 150 kgf/m^2 . Dit is voor vloeren in woningen. Voor de kasvloer wordt een belasting van 200 kgf/m^2 aangehouden: dit ligt ruim boven de minimale belasting en is tweemaal zo hoog als de belasting die een kasvloer op de begane grond ondervindt. Deze waarde is in hoofdstuk 3.2 toegepast als nuttige belasting.

6.2. V e i l i g h e i d v a n h e t g l a s

Het in de glastuinbouw toegepaste glas is meestal 4 mm dik. Cijfers van de afgelopen jaren wijzen uit dat deze dikte voldoende is. Door hagel en storm werd jaarlijks 4 ha van de totale in Nederland aanwezige kassen onherstelbaar beschadigd (dit is slechts 0,5 o/oo). Schade komt echter meer voor. Zelfs al zou deze een faktor 10 hoger zijn dan is dit nog altijd zeer gering (0,5%).

Als de kas op een hoogte van 5 à 6 meter boven maaiveld komt te staan zal rekening moeten worden gehouden met een grotere winddruk. Hierdoor is een verhoogd risico voor glasschade aanwezig. Bovendien kan deze ook persoonlijk letsel met zich meebrengen in de omgeving van het bedrijfsgebouw. Om deze risico's te verkleinen moet men een extra veiligheidsmarge aanhouden. Dit leidt dan tot dikker glas, dubbel glas of kunststof. Maar hierdoor komt er weer minder licht binnen in de kas (een vuistregel in de tuinbouw is: 1% minder licht vermindert de opbrengst met 1%). Hier staat tegenover, dat dikker glas, dubbel glas of kunststof (b.v. stegdoppelplaten, dit is een dubbelwandige plaat van PMMA opgebouwd uit twee vlakke platen op afstand

gehouden door schotjes), in verschillende mate beter isoleren dan enkel glas van 4 mm. Hierdoor is enige besparing op de stookkosten mogelijk (HIEMSTRA, 1979).

6.3. U i t v o e r i n g

Bij plaatsing van een kas op de begane grond wordt meestal geen gebruik gemaakt van hefwerktuigen en dergelijke. Bij het bouwen van een kas op het dak van een bedrijfsgebouw moet zeker wel rekening gehouden worden met een lichte kraan, bouwlift of iets dergelijks, en ook met een steiger of hek langs de dakrand, ten behoeve van de veiligheid van personen/bouwvakkers. In plaats van deze steiger of balustrade kan de opbouw van de kas ook niet direct vanaf de dakrand beginnen, maar bijvoorbeeld 0,5 tot 1 meter hiervan af. Dit is vooral gemakkelijk voor de tuinder, omdat hij dan op dezelfde wijze als op de begane grond de buitenwanden van de kas kan onderhouden (b.v. witten en weer schoonspuiten van het glas). Bovendien kan tijdens de uitvoering hiervan gebruik worden gemaakt. Tenslotte kan geheel of gedeeltelijk van deze strook gebruik worden gemaakt als goot om regenwater van de kas op te vangen, zodat er op grotere afstanden langs de gevel van het bedrijfsverzamelgebouw verticale regenpijpen lopen.

Op fig. 5a is het een en ander te zien. Fig. 5b laat een andere oplossing zien. Hier is gekozen voor een soort overstek of uitkragend hekwerk.

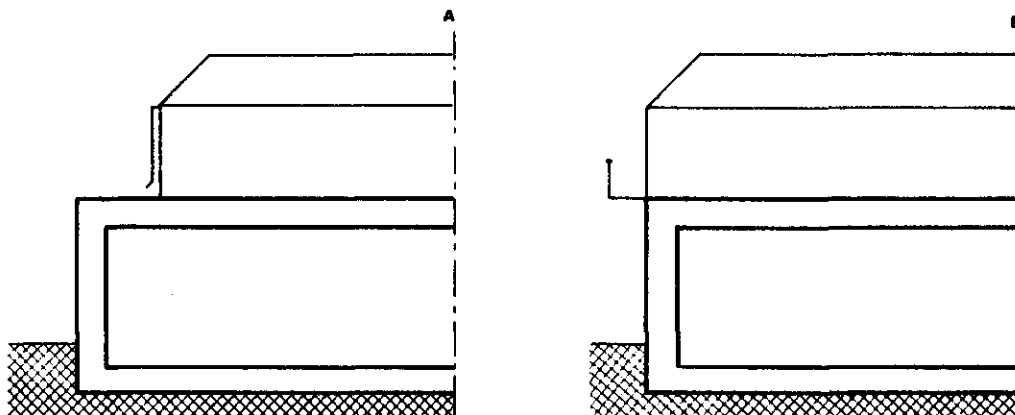


Fig. 5. Inspringende of gelijklopende gevel van kas ten opzichte van het bedrijfsgebouw eronder

7. VOORZIENINGEN BEDRIJFSRUIMTEN

7.1. D a g l i c h t

Als we willen nagaan hoe noodzakelijk daglicht is, kunnen we allereerst een onderverdeling maken:

1. daglicht noodzakelijk voor het werk in de bedrijfshallen
2. contact met buiten, het uitzicht.

Ad 1. De voornaamste functie van het raam is het verlichten van de werkruimte.

Bij een onderzoek bleek dat in 15% van de bezochte bedrijven men niet tevreden was met de hoeveelheid daglicht. De bedoeling was bij het ontwerp dat daglicht de voornaamste bron van verlichting zou zijn. Het gevolg was dat de kunstverlichting vaak de hele dag brandde (V.D. BERG en BOUMAN, 1974).

Bij een raamhoogte van ongeveer 4 m kan tot 6 à 8 meter vanaf de ramen, waardoor het licht naar binnenkomt, een verlichtingsniveau van 250 lux worden bereikt. Bij tweezijdige lichttoetreding kunnen we tot 10 meter breedte verlichten tussen de 250-500 lux. Deze cijfers gelden voor schoon glas, lange gebouwen zonder tussenwanden, weinig glasroeden, beperkte afmeting van kolommen, geen of geringe lichtbelemmeringen en bovenkant van het raam op 3,20 m boven het werkvlak. Voorts moet men eraan denken dat in grote ruimten een groot verschil in verlichtingssterkte kan optreden. Een hogere verlichtingssterkte vlak bij het raam en een veel lagere verlichtingssterkte ver van het raam verwijderd.

De verlichtingsfunctie kan dan ook in vele gevallen beter door daklichten of kunstverlichting worden verricht. Temeer daar de te installeren armaturen meestal toch maximaal moeten worden aangebracht, hoeft dit geen extra kostenpost te zijn. Wel natuurlijk als altijd alle lampen branden (afhankelijk van de hoeveelheid daglicht die binnenkomt).

Ad 2. Het uitzicht is voor ruimten waarin men de hele dag moet verblijven wel van belang. Hoewel in veel bedrijven het uitzicht dat de ramen kunnen bieden onmogelijk wordt gemaakt door gordijnen, matglas en dergelijke, is het verkeerd te stellen dat kunstlicht ten allen tijde voldoende is. Dit is vooral belangrijk als men de hele dag in een ruimte blijft. Contact met buiten is zeer gewenst, desnoods door even de ruimte te verlaten.

Tenslotte denkt men vaak dat het raam noodzakelijk is voor ventilatie. Hieronder zal blijken, dat dit niet het geval is.

7.2. V e n t i l a t i e

Met behulp van kokers via het dak is de ventilatie vaak moeilijk te regelen. 's Winters brengen ze ook nog vaak tochtproblemen met zich mee. In de zomer zijn de openingen namelijk in het algemeen niet groot genoeg om de warmte die door het dak en de daklichten naar binnen komt te vervangen door de nog wat koelere buitenlucht; in de winter wordt er alleen onverwarmde lucht naar binnen gelaten, die ziekte en klachten over tocht tot gevolg heeft. Vandaar dat het vrijwel altijd zowel 's zomers als 's winters beter is mechanisch te ventileren. Dit gebeurt meestal in combinatie met verwarming of koeling en bovendien kan dan de relatieve vochtigheid worden aangepast.

Wordt na afweging gekozen voor een mechanische ventilatie van het gebouw dan kan men het ventileren via ventilatiekappen en dergelijke op het dak of via daklichten achterwege laten, en de ramen eenvoudiger uitvoeren (V.D. BERG en BOUMAN, 1974).

Uit de praktijk blijkt dat bij toepassing van mechanische ventilatie de bouwkosten tot 30% hoger kunnen zijn, dan wanneer geen mechanische ventilatie wordt toegepast.

Verder blijkt ook dat deze extra kosten binnen 4 à 5 jaren worden terugverdiend, door warmteterugwinning (mondelinge mededeling: ir. C.G. THEIL, THD). Dit geldt in principe voor elk (bedrijfs)gebouw met of zonder tuinbouwkas op het dak. Een tuinbouwkas op het dak verplicht wel tot mechanische ventilatie maar het voordeel hiervan komt direct ten gunste van de nijverheidsbedrijven.

Hierbij dient men niet te vergeten dat een veel beter regelbaar en behaaglijker binnenklimaat leidt tot minder ziekteverzuim en een hogere produktiviteit.

Derhalve kan de conclusie getrokken worden dat de hogere investeringskosten, maar ook het voordeel dat na 4 à 5 jaar gehaald wordt, niet meegerekend behoeven te worden in dit onderzoek.

8. WARMTEBESPARINGEN

Om na te kunnen gaan of er sprake is van warmtebesparing en hoeveel dit is bij de combinatie tuinbouwkassen op een bedrijfsverzamelgebouw moeten we eerst vaststellen wat de verliezen zijn bij:

- tuinbouwkas op de grond
- bedrijfsgebouw zonder tuinbouwkas op het dak
- tuinbouwkas op het dak van het bedrijfsverzamelgebouw.

De totale warmteverliezen bij de combinatie kas op het dak van bedrijfsgebouw noemen we E_1 , de totale warmteverliezen voor de kas op de grond E_2 , en de totale warmteverliezen voor het aparte bedrijfsgebouw E_3 . Deze totale warmteverliezen zijn te verdelen in warmteverliezen door het dak (E_{dak}), warmteverliezen door de gevel (E_{gevel}) en warmteverliezen door de vloer (E_{vloer}) (zie fig. 6).

Als de tuinbouwkas op het dak van het bedrijfsgebouw staat (zie fig. 6a) zullen de warmteverliezen door gevel en dak van de kas onveranderd blijven. Daarom noemen we $E_{2\text{dak}} + E_{2\text{gevel}} = E_{2\text{rest}}$ (zie fig. 6b). Evenzo zullen bij het bedrijfsgebouw de warmteverliezen door gevel en vloer onveranderd blijven. Daarom noemen we $E_{3\text{vloer}} + E_{3\text{gevel}} = E_{3\text{rest}}$ (zie fig. 6c).

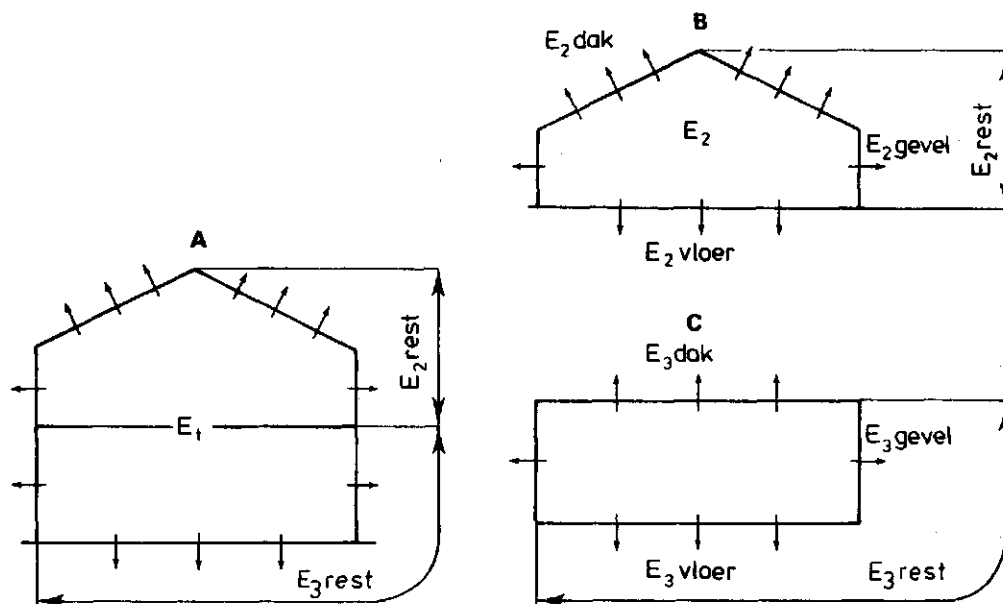


Fig. 6. Warmteverliezen bij apart en gecombineerd voorkomen van bedrijfsgebouw en tuinbouwkas

De totale warmteverliezen zijn:

$$\begin{aligned} \text{voor de kas:} & \quad E_2 = E_{2\text{rest}} + E_{2\text{vloer}} \\ \text{voor het bedrijfsgebouw:} & \quad E_3 = E_{3\text{rest}} + E_{3\text{dak}} \\ \text{voor de combinatie:} & \quad E_1 = E_{3\text{rest}} + E_{2\text{rest}} \end{aligned}$$

De besparing (B_1) is dan:

$$B_1 = E_2 + E_3 - E_1$$

$$B_1 = E_{2\text{vloer}} + E_{3\text{dak}}$$

Deze besparing wordt bereikt als de temperatuur in het bedrijfsgebouw en in de tuinbouwkas gedurende 24 uur dezelfde is. Als we alleen kijken naar de besparing overdag (tussen 8.00 en 18.00 uur), omdat er buiten deze uren vrijwel zeker verschillende temperaturen zullen heersen in tuinbouwkas en bedrijfsgebouw waardoor er een warmtestroom op gang komt (dus enige verliezen), dan krijgen we:

$$B_3 = \left[E_{2\text{vloer}} (8.00 \text{ u} - 18.00 \text{ u}) \right] + \left[E_{3\text{dak}} (8.00 \text{ u} - 18.00 \text{ u}) \right]$$

Omdat 's nachts (18.00 u - 8.00 u) de temperatuur in de kas op 10°C wordt gehouden en in het bedrijfsgebouw niet, mag worden aangenomen dat er een warmtestroom vanuit de kas door de vloer naar beneden op gang komt.

De gemiddelde buitentemperatuur in het stookseizoen (15 september tot 15 mei) wordt gesteld op 5-6°C (tussen 18.00 uur en 8.00 uur) (mondelinge mededeling ir. SCHUUR, THD). De gemiddelde binnentemperatuur is in het bedrijfsgebouw enkele graden hoger (ook als er tussen 18.00 uur en 8.00 uur niet gestookt wordt) en wordt gesteld op 8°C.

De temperatuur in de kas was 10°C 's nachts dus er is sprake van een warmtestroom. Deze warmtestroom kan op sommige dagen groter zijn maar niet zoveel groter, omdat zelfs een matig geïsoleerd gebouw moeite heeft om binnen enkele uren af te koelen van 20°C naar bijvoorbeeld 5°C. Bovendien mag in sommige gevallen de temperatuur niet lager worden omdat anders schade aan gebouw en/of inrichting kan ontstaan. (Voorbeeld: schoolgebouwen mogen niet tot beneden 10°C afkoelen omdat er anders te veel condensatie optreedt).

Naast B_1 en B_3 wordt ook nog een besparing B_2 uitgerekend:

$$B_2 = \left[E_{2vloer} (8.00 \text{ u} - 18.00 \text{ u}) \right] + \left[E_{3dak} (8.00 \text{ u} - 18.00 \text{ u}) \right] + \left[E_{3dak} (18.00 \text{ u} - 8.00 \text{ u}) \right]$$

Hierbij wordt de besparing door het dak van het bedrijfsgebouw wel meegerekend. Als er een warmtestroom naar beneden ontstaat, zijn er immers geen verliezen naar boven mogelijk. De besparing door de kasvloer wordt geheel verwaarloosd, het is alsof de kas op de grond staat in plaats van op het dak van een bedrijfsgebouw.

Ten aanzien van de drie genoemde besparingen kan de volgende conclusie worden getrokken:

B_1 is een enigszins optimistische voorstelling van de werkelijkheid

B_3 is een zeer pessimistische voorstelling van de werkelijkheid

B_2 is een enigszins pessimistische voorstelling van de werkelijkheid.

De werkelijkheid ligt dus tussen B_1 en B_2 . Om dit nauwkeurig te kunnen bepalen is een zogenaamde 'niet stationaire' bouwfysica berekening nodig. Dit is een uitgebreide berekening die voor dit onderzoek te ver gaat.

In plaats daarvan worden de besparingen (B_1 , B_2 en B_3) volgens de 'stationaire' methode uitgerekend. Hiertoe wordt een etmaal in drie delen verdeeld (zie tabel 1). Deze verdeling wijkt iets af van een werkdag maar dit mag worden verwaarloosd, omdat opwarm- en afkoeltijden niet worden meegerekend.

Uit temperatuur-gegevens van het KNMI over de jaren 1961-1970 zijn de graaduren per vast stookseizoen (15 sept. tot 15 mei) voor verschillende gewenste binnen-temperaturen berekend (tabel 2).

Tabel 2. Graaduren x 1000

Tijd	Gewenste binnentemp. in °C														
	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°
0- 8 uur	5,4	7,3	9,2	11,2	13,1	15,0	16,9	18,9	20,8	22,7	24,6	26,6	28,5	30,5	32,4
8-18 uur	0,3	2,7	5,1	7,6	9,9	12,4	14,8	17,2	19,6	21,8	24,0	26,3	28,7	31,0	33,4
18-24 uur	2,1	3,6	5,0	6,5	7,9	9,4	10,8	12,3	13,7	15,1	16,5	17,9	19,4	20,8	22,3

(uit: Bouwfysica g.c. 41 deel 1 jan. '83, THD, Civiele Techniek)

In tabel 3 zijn hieruit de totale aantallen graaduren afgeleid voor B_1 , B_2 en B_3 , gescheiden voor tuinbouwkas en bedrijfsgebouw.

Tabel 3.

Tijd	B_1				B_2				B_3			
	Kas		Bedrijf		Kas		Bedrijf		Kas		Bedrijf	
	°C	gr. uren	°C	gr. uren	°C	gr. uren	°C	gr. uren	°C	gr. uren	°C	gr. uren
0- 8 u.	10°	11,2	10°	11,2	10°	-	8°	7,3	10°	-	8°	-
8-18 u.	20°	31,0	20°	31,0	20°	31,0	20°	31,0	20°	31,0	20°	31,0
18-24 u.	10°	6,5	18°	6,5	10°	-	8°	6,5	10°	-	8°	-
Totaal		48,7		48,7		31,0		44,8		31,0		31,0

Formule voor energieverlies (NEN 1068)

$$E = k \times A \times \Sigma \Delta T \times \Delta \tau$$

waarin: k = warmte doorgangscoefficiënt ($W/m^2 K$)

A = oppervlakte (m^2)

ΔT = een gedurende een bepaalde tijd Δt optredend temperatuurverschil tussen binnen en buiten (K)

Δt = de tijd dat het temperatuurverschil ΔT optreedt (h)

$\Sigma \Delta T \cdot \Delta t$ = het aantal graaduren over het stookseizoen (K.h)

Bij een bedrijfsgebouw waarop geen kas staat zal het dak een isolatiepakket hebben, van ongeveer 3 tot 5 cm dik isolatiemateriaal. Dit levert een k-waarde op van $\pm 0,7$ (W/m^2K). De berekeningen worden per m^2 dakoppervlakte gemaakt (zie tabel 4).

Voor het bepalen van het warmteverlies van de vloer in een kas op de begane grond wordt in principe dezelfde formule gebruikt, uitgebreid met een weegfactor a (NEN 1068)

$$a = \frac{1}{1 + k_{\text{vloer}}}$$

De formule wordt dan:

$$E_{\text{vloer}} = k_{\text{vloer}} \times \frac{1}{1 + k_{\text{vloer}}} \times A \times \Sigma \Delta T \times \Delta t$$

De vraag is nu: hoe groot is de k van de vloer van de kas op de begane grond? Vaak heeft deze vloer slechts een verhard transportpad.

Als we aannemen: $k = 3$ dan wordt

$$k \times \frac{1}{1+k} = 0,75$$

; als $k = 2$ dan wordt

$$k \times \frac{1}{1+k} = 0,66$$

; en als $k = 4$ dan wordt

$$k \times \frac{1}{1+k} = 0,8.$$

We houden voor de rest van de berekening aan dat $k = 3$ (zie tabel 4).

Tabel 4. Alternatieve berekeningen van de totale warmtebesparing

B	Plaats	k (W/m^2K)	$k \times \frac{1}{1+k}$	A (m^2)	$\Sigma \Delta T \cdot \Delta t$	E in kwh/jaar/ m^2	Totaal B in kwh/jaar/ m^2
B ₁	gebouw dak	0,7		1	48,7	34,1	70,6
	kasvloer		0,75	1	48,7	36,5	
B ₂	gebouw dak	0,7		1	44,8	31,4	54,7
	kasvloer		0,75	1	31,0	23,3	
B ₃	gebouw dak	0,7		1	31,0	21,7	45
	kasvloer		0,75	1	31,0	23,3	

Als 1 m^3 aardgas $\hat{=}$ 7 kWh dan is de besparing:

$$B_1 = \frac{70,6}{7} = 10,1 \text{ m}^3 \text{ aardgas per m}^2 \text{ per jaar}$$

$$B_2 = \frac{45,7}{7} = 6,5 \text{ m}^3 \text{ aardgas per m}^2 \text{ per jaar}$$

$$B_3 = \frac{45}{7} = 6,4 \text{ m}^3 \text{ aardgas per m}^2 \text{ per jaar.}$$

Voor de in Nederland zeer belangrijke teelt van tomaten, komkommers en rozen liggen de optimale temperaturen hoger dan de hier aangehouden 20°C overdag en 10°C 's nachts. In deze gevallen kan de besparing ook hoger worden.

9. KOSTENVERGELIJKING

In de voorgaande hoofdstukken zijn de diverse bouwkosten verhogende of verlagende factoren onderzocht, die zich kunnen voordoen bij de combinatie van tuinbouwkassen op het dak van bedrijfsgebouwen. Hier volgt een korte opsomming van deze factoren.

K o s t e n v e r h o g e n d v o o r d e c o m b i n a t i e :

- zwaardere draagconstructie en fundering voor het bedrijfsgebouw
- zwaardere vormen toe te passen op de kasconstructie
- hogere uitvoeringskosten bij de bouw van de kas op grotere hoogte
- speciale voorzieningen om de gevels en het dak van de kas te kunnen reinigen en/of repareren
- een andere waterdichte topafwerking voor het dak van het bedrijfsgebouw
- eventueel hogere investerings en/of exploitatiekosten voor het tuinbouwbedrijf; denk aan wateroppompen, lift en dergelijke
- zowel voor de kas als voor bedrijfshal een niet-ideale lengte-breedte verhouding
- een klein gedeelte van de gevel van het bedrijfsgebouw wordt gebruikt door het tuinbouwbedrijf.

K o s t e n v e r l a g e n d v o o r d e c o m b i n a t i e :

- economisch grondgebruik (ruimtewinst 90%)
- warmtebesparingen door dak bedrijfsgebouw in de kas
- warmtebesparingen door toepassing van een duurdere kasconstructie (dikker glas, dubbel glas of kunststof) die noodzakelijk blijkt te zijn om aan de zwaardere normen te voldoen
- besparing omdat isolatiepakket, bitumen en ballast op het dak niet wordt aangebracht
- warmtebesparing door gecombineerde verwarmings- en of luchtbehandelingssysteem (wel apart regelbaar).

Van de hiervoor genoemde factoren hebben sommige weinig invloed. De factoren die het meeste bijdragen in kosten of besparingen zijn:

- a. zwaardere, dus duurdere constructie en fundering bedrijfsgebouw
- b. door zwaardere normen duurdere kasconstructie
- c. economischer grondgebruik
- d. warmtebesparingen door het dak van het bedrijfsgebouw naar de kas en omgekeerd.

ad a. De stichtingskosten van bedrijfsgebouwen per m^2 vertonen in de praktijk nogal grote verschillen. Om een idee te krijgen volgt hieronder een korte lijst van een aantal gebouwde of nog te bouwen bedrijfsverzamelgebouwen en enkele verbouwde gebouwen tot bedrijfsverzamelgebouw. (Tabel 5).

Deze verschillen worden onder meer veroorzaakt door:

- de grondprijs
- de specifieke eisen verbonden aan de nijverheid die in het gebouw wordt gevestigd
- de mate en wijze van afwerking, vorm en aankleding, mede in verband met de vereiste representativiteit.

Als voordat met de bouw wordt begonnen al bekend is wie de huurders c.q. kopers zullen zijn kan de m^2 prijs per deel van het gebouw verschillen al naar de specifieke wensen van de ondernemers.

Als de gebruikers nog niet bekend zijn op het moment dat met de bouw wordt begonnen moeten de opdrachtgevers en ontwerpers met een casco volstaan.

Tabel 5. Stichtingskosten van enkele grote bedrijvencentra

Vestigingsplaats	Naam bedrijvencentrum	Status	Stichtingskosten waarde voor de verbouwing	Op- vlakte terrein m ²	Netto vloer- opp- vlakte m ²	Kosten per m ²
Delft	Tanthof-West	N	f 2 500 000,-	3 000	2 030	f 835,-
Haarlem	Waarderpolder	N	- 2 250 000,-	4 000	3 250	- 692,-
Voorburg	Alpha	V	f 1 000 000,-	2 700	1 700	- 941,-
Dordrecht	Dog Cake Fabriek	V	- 700 000,-	niet bekend	1 655	- 472,-
Haarlem	"De Woert"	TB	f 30 000 000,-	60 000	30 000	- 1 000,-
Den Haag	Falckhof	N	- 5 965 398,-	3 691	2 913	- 2 098,-
Rijswijk	H.O.C.	TV	f 2 500 000,-	5 500	4 200	- 1 071,-

Verklaring status: N = nieuwbouw TB = nog nieuw te bouwen

V = verbouwd TV = nog te verbouwen

De kosten zouden lager moeten zijn dan de m^2 prijzen die in tabel 5 vermeld staan. De huurders c.q. kopers wordt een standaard voorzieningenpakket aangeboden en bepalen daarna zelf welke aanpassingen, uiteraard binnen bepaalde grenzen, zij zullen verrichten. Ook in het geval van een tuinbouwkas op het dak van het bedrijfsverzamelgebouw zullen opdrachtgever en ontwerper er naar moeten streven een casco te bouwen waarvan de kosten lager zijn dan de som van de m^2 prijzen, die in tabel 5 vermeld staan.

Het is dan ook zinvoller om na te gaan hoeveel een combinatie tuinbouwkas op dak bedrijfsgebouw maximaal extra mag kosten om de hogere investering binnen een van te voren vastgesteld aantal jaren terug te verdienen. Dit terugverdienen is gericht op de besparingen per jaar door de combinatie. Op deze wijze kunnen we ook nagaan of het loont bestaande bedrijfsgebouwen geschikt te maken voor tuinbouwkassen op het dak.

Aangenomen mag worden, dat vooral bij bedrijfsgebouwen met de zogenaamde 'lichte of zeer lichte' dakconstructie, de aanpassingskosten veel te hoog zullen zijn om binnen een aanvaardbare termijn terug te kunnen verdienen.

- ad b. De kosten van tuinbouwkassen verschillen veel minder. Als we het type kas, de hoogte, vorm en grootte kennen staan de kosten per m^2 al vast. In dit onderzoek gaat het om telen van snijbloemen, maar de mogelijkheid voor het telen van andere gewassen moet aanwezig zijn. Bij een goothoogte van ± 3 meter is de prijs van de kas op de begane grond $\pm f 100,-/m^2$ (mondelinge mededeling ir. C. VAN OOSTROM, ICW en ir. D.B. PAUL, THD).

De zwaardere normen waaraan de kas moet voldoen verhogen de bouwkosten van de kas op het dak van het bedrijfsgebouw met $\pm 25\%$ (inclusief eventueel een lift) (mondelinge mededeling ir. D.B. PAUL, THD). Voor de bouwkosten van een tuinbouwkas op het dak van een bedrijfsgebouw, bij een kashoogte van 3 meter, wordt $f 125,-/m^2$ aangehouden.

- ad c. Bedrijfsterrein in de omgeving van Leidschendam kost $f 150,-$ per m^2 . Tuinbouwgrond in deze omgeving kost $f 20,-$ per m^2 . Bij een combinatie van tuinbouwkas op bedrijfsgebouw mag verondersteld worden dat voor beide bedrijven samen $f 150,-$ per m^2 wordt berekend. Een

bedrag van $90\% \times f\ 20,- = f\ 18,-$ per m^2 is dan 'over' en dit kan aangewend worden om de meerkosten van het totale gebouw te verlagen.

ad d. Gebleken is, dat de combinatie tuinbouwkas op bedrijfsgebouw minder warmteverliezen kent dan wanneer de bedrijven niet gecombineerd worden. De hieruit voortvloeiende energiebesparing is van belang omdat juist hiermee bepaald moet worden welke hogere investering terugverdiend kan worden binnen een vastgestelde periode (zie tabel 6). Wat de maximale extra kosten mogen zijn is hieronder met een rekensom aangegeven voor 25, 20, 15 en 10 jaar. Deze kosten zijn de som van de contante waarden van de jaarlijkse opbrengsten gedurende het gekozen aantal jaren.

Tabel 6. Besparing op verwarmingskosten per jaar per m^2 vloeroppervlakte

	B ₁	B ₂	B ₃
Besparing in m^3 gas	10,1	7,8	6,4
Besparing in gulden bij een gasprijs van $f\ 0,43$ per m^3	$f\ 4,34$	$f\ 3,36$	$f\ 2,80$

Er wordt uitgegaan van 2 scenario's:

- 1) een rente van 8% en een energieprijsstijging van 4%
- 2) een rente van 10,5% (objectfinanciering, Rabobank november 1984) en geen energieprijsstijging.

Het bepalen van de 'opbrengstfactor' voor scenario 1 gedurende 20 jaar gaat dan als volgt:

$$\begin{array}{lcl} \text{na 1 jaar} & + \text{ na 2 jaren} + & \text{na 20 jaren (A.DELL'ISOLA en KIRK,} \\ & & \text{1981)} \\ \frac{1,04^1}{1,08^1} & + & \frac{1,04^2}{1,08^2} + \frac{1,04^{20}}{1,08^{20}} = 13,78 \end{array}$$

Vermenigvuldigd met B₁ levert dit een besparing op van:

$$f\ 4,34 \times 13,78 = f\ 59,80 \text{ per } m^2.$$

In tabel 6 zijn de overige berekeningen gemaakt.

Tabel 7. Berekening maximale kostenverhoging bedrijfsgebouw op grond van de contante waarde van besparingen op warmtekosten volgens twee scenario's

Scenario 1	Opbrengst na looptijd per m ²			Extra kosten	Voordeel grond- gebruik	Maximale kostenverhoging per m ² voor het bedrijfsgebouw			
	Opbrengst- factor	B ₁	B ₂			B ₃	B ₁	B ₂	B ₃
		f 4,34	f 3,36						
Looptijd									
25	15,88	f 68,92	f 53,36	f 44,46	f -25	f 18	f 61,92	f 46,36	f 37,46
20	13,78	" 59,80	" 46,30	" 38,58	" -25	" 18	" 52,80	" 39,30	" 31,58
15	11,24	" 48,78	" 37,77	" 31,47	" -25	" 18	" 41,78	" 30,77	" 24,47
10	8,17	" 25,46	" 27,45	" 22,88	" -25	" 18	" 28,46	" 20,45	" 15,88

Scenario 2									
25	8,74	f 37,93	f 29,37	f 24,47	f -25	f 18	f 30,93	f 22,37	f 17,47
20	8,23	" 35,72	" 27,65	" 23,04	" -25	" 18	" 28,72	" 20,65	" 16,04
15	7,39	" 32,07	" 24,83	" 20,69	" -25	" 18	" 25,07	" 17,63	" 13,69
10	6,01	" 26,08	" 20,19	" 16,83	" -25	" 18	" 19,08	" 13,19	" 9,83

10. CONCLUSIE

De extra investeringskosten voor een combinatie bedrijfsverzamelgebouw met tuinbouwkassen op het dak worden geraamd op $\pm f\ 56,-$ per m^2 , voor een betonnen draagconstructie (zie pag. 15).

Volgens scenario 1 (tabel 7) mag de verhoging van investeringskosten maximaal $f\ 54,-$ per m^2 zijn (op pagina 26 werd geconstateerd dat B_2 een enigszins pessimistische schatting van de besparing was) bij een looptijd van 25 jaar.

Het is dus niet mogelijk om binnen 25 jaar de hogere investeringskosten terug te verdienen. Bovendien zal zelfs een versterkte tuinbouwkas waarschijnlijk niet 25 jaren meegaan. Het bedrijfsgebouw kan wel een levensduur van meer dan 25 jaren halen.

Niet onderzocht is of het werken op grotere hoogte ook andere kosten (andere dan de lift, water oppompen enz.) met zich meebrengt. Evenmin is onderzoek gedaan naar psychologische barrières die kunnen bestaan, zowel aan tuinders- als aan nijverheidszijde. Ieder wil zo weinig mogelijk gehinderd worden bij zijn bedrijfsuitoefening. Eventueel zou met behulp van een enquête de bereidwilligheid van zowel tuinderszijde als van nijverheidszijde om een dergelijk project op te zetten, nagegaan kunnen worden.

LITERATUUR

- BERG, H.C. VAN DEN, en A.M. BOUMAN, 1974. Bedrijfshallen, uitgave
Bouwcentrum, Rotterdam
- DELL'ISOLA, A.J., S.J. KIRK, 1981. Life cycle costing for design
professionals, New York
- GRONTMIJ, 1981. Bedrijfsverplaatsingsonderzoek in de Haagse regio
- HART, C. 't, en C. TER BEEK, 1983. Onderzoek naar optimale constructie
betonvloer. Vakblad voor de Bloemisterij 3
- HIEMSTRA, J., 1979. Denar kas. Vakblad voor de Bloemisterij 35
- KRIJNEN, H.J.M. en K. RUIGE, 1977. Kassen en Warenhuizen, Educaboek
- MISSET, B.V.C., oktober 1984. Misset Richtprijzen
- SPEK, J.C., 1980. N.P.R. kassenbouw. Vakblad voor de Bloemisterij 10
- WAAYENBERG, D., 1978. Het Venlowarenhuisdek volgens NEN 3859. IMAG
publicatie 99
- _____, 1979. Fundering Venlo warenhuizen. Vakblad voor de Bloemis-
terij 37

Bijlage 1

- Kostenraming voor een betonnen draagconstructie (cassettevloer)
met een dakbelasting van 400 kgf/m^2 (4000 N/m^2), zie blz. 10.

Omschrijving	Hoe- veel- heden	Eenheids- prijs		Totaal- prijs		Onder- aan- nemer
		man- uur	mate- riaal	man- uur	mate- riaal	
Voor een constructiedeel van 3 x 3,2 m ²						
Bekisting:						
be- en ontkisten vloer	9,6m ²	1	10,-	9,6	96,-	
kunststof vormen	16 st	0,07	15,-	1,1	240,-	
Betonstorten:						
totale dikte 35 cm.						
spiegel 7 cm						
0,35 x 3 x 3,2 =	3,36 m ³					
af cassettes:						
16x0,55x0,60x0,28=	1,48 m ³					
	1,88m ³	1,5	115,-	2,82	216,-	
Wapening:						
ribben						
4x3,00 + 4x3,20 =	24,8 m ¹					
4 staven						
Ø16→4x24,8 =	99,2m ¹ x1,578					
	kg/m ¹	156,5kg	1,80			f282,-
matten: # 100x100 Ø6 →						
9,6x4,44 kg/m ²	42,6kg	1,50				f 64,-
Totaal				13,52	552,-	f346,-
				x f33,-		
					→f446,16	
						→f998,-
						(I) f 1344,-
Kolommen:						
voor een constructiedeel						
9x9,6 lengte 6 m, 1 per						
9x9,6 m ² afm. 45 x 45 cm	1,215m ³	3	115,-	4	f140,30	
wapening 1,215 x 150kg	183kg		1,80			329,40
bekisting 6 x 1,8 = 10,8m ²	108m ²	2	15,-	21,6	f162,-	
				25,6	f302,30	f329,40
				x f33,-		
					→ f844,80	
					→ f1147,10	
				Subtotaal		f1476,50

Per constructiedeel van $3 \times 3,2 \text{ m}^2$: $\frac{1476,50}{9 \times 9,6} \times 3 \times 3,2 = \text{(II) } f164,-$

→→

De som van I + II =		f 1508,-
Bouwplaatskosten	± 12%	
Alg. kosten	± 6%	
Winst + risico	± 7%	
Totaal	± 25%	<u>f 377,-</u>
	Totaal	<u>f 1885,-</u>

$$\text{Dit is per m}^2 \frac{1885}{9,6} = 196,- \text{ per m}^2$$

Waterdichte afwerking

betonlaag: f 15,- à f 20,-/m² ± 20,- per m²

Totale kosten betonnen

draagconstructie ± 216,- per m²

Kostenraming voor een stalen draagconstructie met een dakbelasting van 400 kgf/m^2 (4000 N/m^2) (zie blz.)

Omschrijving	Hoeveelheid	Eenheidsprijs		Totaalprijs	
		manuur	mate- riaal	manuur	onder- aannemer
Voor een constructiedeel van $9 \times 9,6 \text{ m}^2$:					
1 kolom: HE 400A; 6m lang à 125 kg/m^1 750 kg					
balken: IPE 500(2x); 19,2 m lengte à 107,3 " 2060 kg					
IPE.550(1x); 9 m lengte à 122,5 " 1103 kg					
aandeel wind verband: 85 kg					
3998 kg	→	2,50	→	9 995,-	
Dakplaten: PSV 73 e.g. $12,5 \text{ kg/m}^2$, afm. $9 \times 9,6 \text{ m}^2$	$86,4 \text{ m}^2$	0,25	28	22	2 419,20
Beton (dik 13,5 cm) 0,135 x 86,4 →	$11,6 \text{ m}^3$	2	115,-	23,20	1 334,-
Wap.matten: $86,4 \text{ m}^2 \times 10 \text{ kg/m}^2$	864 kg	→	1,50	-	1 296,-
				45,20	15 044,20
				x 33,-	→ 1 491,60
				Sub. totaal	f16 535,80
Bouwplaatskosten ± 12%					
Alg. kosten ± 6% } ± 25%		→			4 133,95
Winst + risico ± 7%					
		Totaal:			f20 669,75
Dit is per m^2		$\frac{20\ 669,75}{86,4}$			= f 240,- per m^2
Waterdichte afwerking (kasvloer) f 15,- à f 20,- per m^2					= ± 20,- per m^2
Totale kosten stalen draagconstructie =					± f 260,- per m^2 =====

Lijst van gebruikte afkortingen e.d.

NNI	Nederlands Normalisatie Instituut
NEN 3850	Nederlandse Norm voor berekeningen van bouwconstructies
NEN 3859	Nederlandse Norm voor kasconstructies
NPR 3860	Nederlandse Praktijk Richtlijn voor tuinbouwkassen, is een verduidelijking op de norm
NEN 1068	Nederlandse Norm betreffende de thermische isolatie van gebouwen
LEI	Landbouw Economisch Instituut
IMAG	Instituut voor Mechanisatie Arbeid en Gebouwen
THD	Technische Hogeschool Delft
PMMA	Polymethylmethacrylaat (kunststof)
lx	afkorting van lux, de eenheid waarin de verlichtings- sterkte wordt uitgedrukt: $1 \text{ lux} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ m}^2}$
lm	afkorting van lumen, de afgeleide eenheid voor licht- stroom (afgeleid van cd)
cd	afkorting van candela, de lichtsterkte in loodrechte richting, van een oppervlak gelijk aan $\frac{1}{600\ 000}$ gedeelte van een vierkant met zijden van 1 meter van een inte- grale straler bij de stollingstemperatuur van platina onder een druk van 10132 N/m^2
N	Newton volgens SI stelsel $9,8 \text{ N} = 1 \text{ kgf}$
k	de warmtedoorlatings coëfficiënt (het k-getal)
R	de warmte weerstands coëfficiënt ($R = \frac{1}{k}$)
K	Kelvin (0 Kelvin = $-273 \text{ }^\circ\text{C}$)