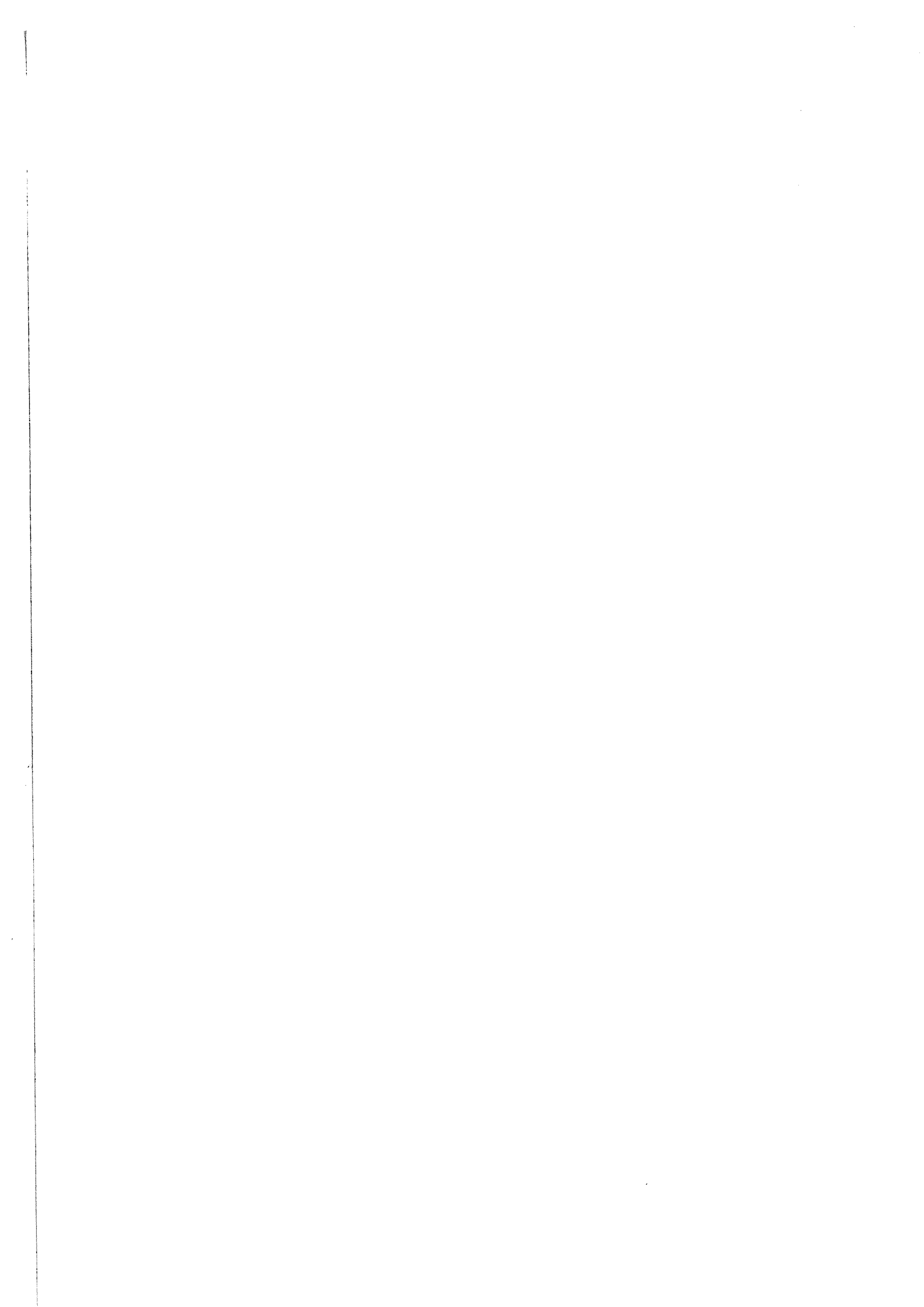




# **Sol i bebyggelseplanering**

**Mauritz Glaumann**





Statens råd för byggnadsforskning 1976  
T 37:1976  
ISBN 91-540-2633-4

Redaktör: Christer Schwab  
Informationsprojekt AB  
Layout: Nils Möllerström

# **Sol i bebyggelseplanering**

**Mauritz Glaumann**

**Statens råd för byggnadsforskning 1976**

## Inledning

I kalla klimat har solen alltid haft stor betydelse för människan, både fysiskt och psykiskt. Att värma upp byggnader har varit dyrt och besvärligt utom under en kort tid på 1900-talet. Där man inte tvingats tränga ihop bebyggelsen har man byggt mot söder och så glest att solvärmen kunnat utnyttjas både ute och inne. Uteaktiviteter har i stor utsträckning förlagts till soliga och vindskyddade platser.

Behovet av soliga och ljusa vistelseytor ute och inne återspeglas i senare tiders krav på t.ex. sol i lägenheter och på lekplatser samt dagsljus i skolor och bostadsrum. Hälsa och trivsel har varit främsta motiven för dessa krav. Under senare tid har utnyttjandet av solenergin blivit ett allt starkare argument.

Men solvärmen måste kunna behärskas för att inte bli ett problem. Om detta vittnar t.ex. en mängd kontorshus där solvärmen utgör en plåga under hela sommarhalvåret. Utomhus upp-

levs liknande obehag vid många sydfasader med hårdgjorda ytor framför. Med bättre kunskaper om värmeinstrålning och soltidens fördelning under årets dygn kan man anpassa bebyggelsen så att i möjligaste mån solstrålningens positiva effekter tas till vara och dess negativa verkningar undviks. Man kan göra det genom modellstudier eller med hjälp av diagram och beräkningar. Detta görs också till viss del, men många av hjälpmedlen har inte saluförts.

Denna skrift har tillkommit för att mot bakgrund av det ökade intresset för sol som miljö- och energifaktor sprida kunskap om några sätt att planera för och med sol. De diagram som kan användas vid solstudier medföljer som bilagor. Skriften behandlar solförhållanden utomhus och värmeinstrålning mot olika ytor samt genom fönster. Ett nytt sätt att uppskatta solighetens dygnsfördelning i olika delar av landet och ett solur som är ställbart för alla breddgrader presenteras.

## Förord

Inom statens institut för byggnadsforskning bedrivs sedan lång tid tillbaka forskning kring frågor rörande klimatets inverkan på byggnader och miljö.

Docent *Gunnar Pleijels* forskning på 40-, 50- och 60-talen om sol och dagsljus i byggnader var banbrytande och rönt internationell uppmärksamhet. Vad gäller studier av solenergin som värmekälla var han långt före sin tid i Sverige.

I slutet av 60- och början av 70-talet sammanställdes för första gången klimatdata speciellt för planerare och projektörer. Arbetet gjordes av *Roger Taesler* och publicerades under titeln *Klimatdata för Sverige*. Förutom att klimatdata redovisas, beskrivs där klimatförhållan-

den som kan ha betydelse för bebyggelseplanering. Under samma period studerades klimatbelastningar på byggnadsskalet under *Harriet Rya* och *Bo-Göran Hellers* ledning.

Klimatforskningen vid institutet fortgår nu i projekt 279, *Uteklimat*. Den har inriktats mer på klimatet i närmiljön och hur detta upplevs än på hur byggnader påverkas av klimatet. I arbetet kommer att ingå klimatmätningar i befintlig bebyggelse och i skalmodeller. Sådana klimatmätningar väntas också få betydelse när det gäller att bestämma hur byggnaders energibehov beror av närklimatet. Vidare fortsätter arbetet med att göra klimatkunskaper och klimatdata lättare att tillämpa för dem som planerar bebyggelse.

## Innehåll

<b>Ordförklaringar</b> . . . . .	4	<b>Exempel 6</b> . . . . .	1
<b>Inledning</b> . . . . .	5	<b>Modellstudier</b> . . . . .	1
<b>Solens läge</b> . . . . .	6	<b>Fullskalestudier</b> . . . . .	1
Solkarta . . . . .	7	<b>Verklig solskenstid</b> . . . . .	1
Exempel 1 . . . . .	8	<b>Solvärme</b> . . . . .	2
<b>Solskenstid</b> . . . . .	9	Strålningskort . . . . .	2
Solkarta och skuggmall . . . . .	9	Exempel 7 . . . . .	2
Exempel 2 . . . . .	10	Exempel 8 . . . . .	2
Exempel 3 . . . . .	11	Exempel 9 . . . . .	2
Exempel 4 . . . . .	12	<b>Litteratur</b> . . . . .	3
Skugglängdsdiagram . . . . .	13	<b>Sakregister</b> . . . . .	3
Exempel 5 . . . . .	17		

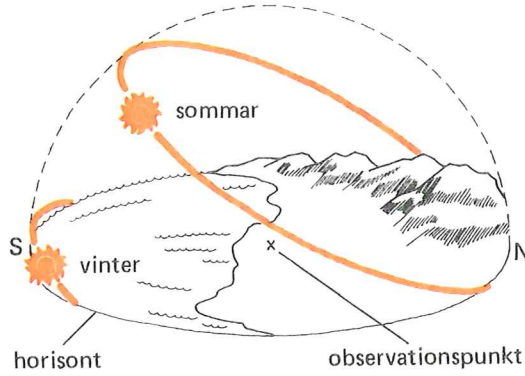
## Ordförklaringar

<b>Albedo</b>	kvoten mellan diffust reflekterad solstrålning från marken och infallande solstrålning.	<b>Reflektionsfaktor</b>	kvoten mellan reflekterad och infallande strålning.
<b>Azimut</b>	den horisontella vinkeln mellan nordriktningen och solriktningen räknat medurs.	<b>Skärmfigur</b>	projektion av föremål som skymmer himlen.
<b>Deklination</b>	solstrålningens vinkel mot ett plan vinkelrätt mot jordaxeln, d.v.s. mot varje orts rotationsplan.	<b>Solhöjd</b>	den vertikala vinkeln mellan solskivan och horisonten.
<b>Diffus strålning</b>	i alla riktningar reflekterad strålning.	<b>Solskenskurva</b>	en kurva som sammanbinder punkter med samma antal möjliga solskenstimmar.
<b>Direktstrålning</b>	strålningen direkt från solskivan, d.v.s. solstrålning som inte är reflekterad.	<b>Soltid</b>	sann tid, den tid som bestäms med utgångspunkt från att solen står högst och i söder då klockan är 12.00.
<b>Globalstrålning</b>	direkt solstrålning plus himmelsstrålning.	<b>Sommar- och vintersolstånd</b>	högsta respektive lägsta solhöjd kl 12.00.
<b>Himmelsstrålning</b>	diffus strålning från himlen utom solskivan.	<b>Stereografisk projektion</b>	projicering i horisontalplanet mot nadirpunkten.
<b>Horisontavskärmning</b>	den del av himlen över horisonten som är skymd av fasta föremål.	<b>Teoretisk solskenstid</b>	möjlig solskenstid, den tid solen är över horisonten.
<b>Horisontell skärmvinkel</b>	den horisontella vinkeln mellan det skärmande föremålets ytterkanter.	<b>Tidsmeridian</b>	den longitud som normaltiden hänför sig till.
<b>Infallsvinkel</b>	vinkeln mellan infallande solstrålning och normalen till en yta.	<b>Timvinkel</b>	den vinkel jorden vridit sig mellan kl 00.00 och den aktuella tidpunkten.
<b>Longitudavvikelse</b>	skillnaden mellan normaltids och soltid som beror på avståndet till tidsmeridianen.	<b>Totalstrålning</b>	summan av all solstrålning, d.v.s. direkt solstrålning + himmelsstrålning + markreflekterad solstrålning.
<b>Markreflektion</b>	från marken reflekterad solstrålning.	<b>Verklig solskenstid</b>	uppmätt solskenstid.
<b>Nadir</b>	lägsta punkten på himmelssfären (skymd av jorden) i förhållande till en punkt på jordytan.	<b>Vertikal skärmvinkel</b>	den vertikala vinkeln mellan det skärmande föremålets överkant och horisonten.
<b>Normaltid</b>	standardtid eller borgerlig tid, den tid klockan visar.	<b>Zenit</b>	högsta punkten på himmelssfären i förhållande till en punkt på jordytan.



# Solens läge

**FIGUR 1** Solbanorna som de uppfattas från en plats på jorden.



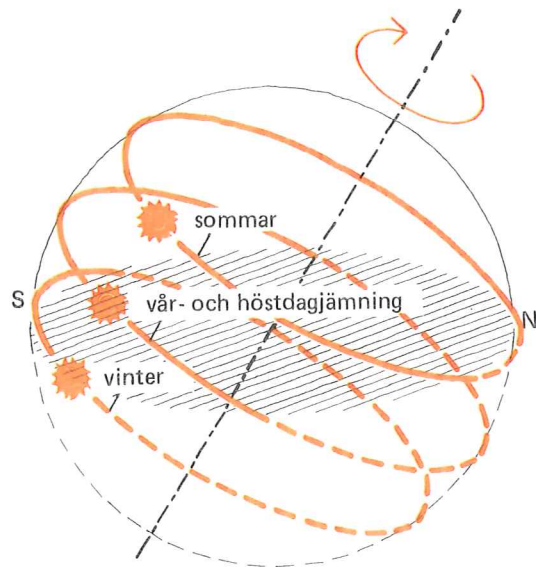
För att kunna studera instrålning och andra solförhållanden måste man veta solens läge vid olika tidpunkter. Från varje plats på jorden uppfattas solens »gång» under en dag som en rörelse utefter en cirkel på »himlavalvet» (fig. 1). Cirkelns lutning mot horisontalplanet bestäms av ortens latitud,  $\varphi$ , och dess läge av deklinationen,  $d$ , som varierar med årstiden. Var på cirkeln solen befinner sig beror på timvinkeln,  $t$ , d.v.s. tiden på dygnet.

Solens position i ett visst ögonblick beskrivs genom solhöjden,  $h$ , och azimuthen,  $a$ , (fig. 3). Solpositioner kan bestämmas genom följande ekvationer:

$$\sin h = \sin d \cdot \sin \varphi + \cos d \cdot \cos \varphi \cdot \cos t$$

$$\sin a = (\cos d - \sin t) : \cos h$$

(beteckningar se fig. 3)



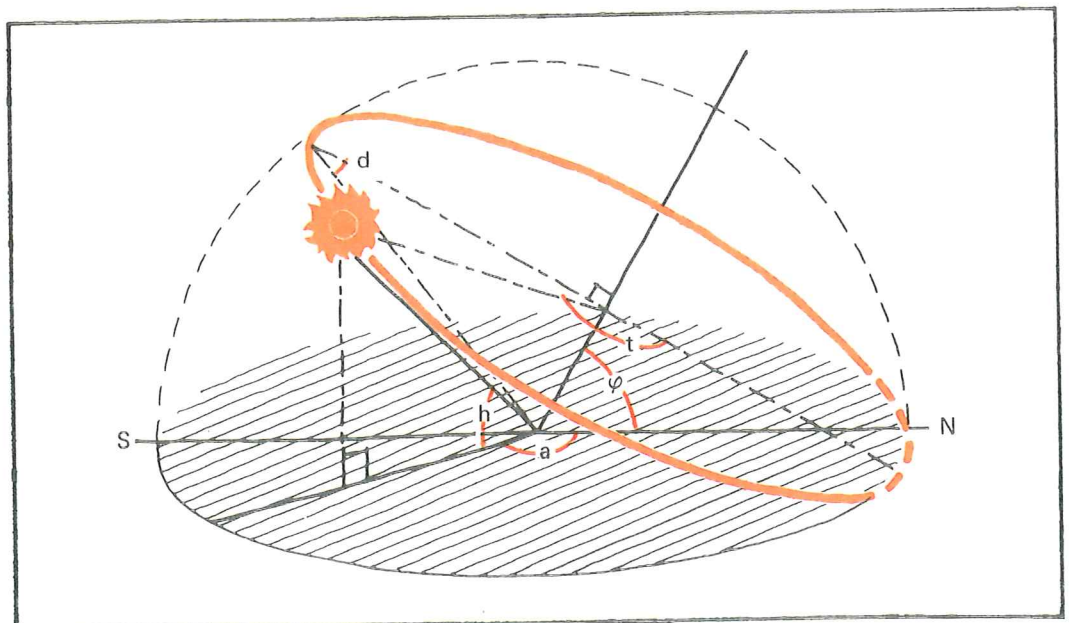
**FIGUR 2** Schematisering av solbanorna.

Normalt behöver man emellertid inte beräkna solens läge; uppgifter finns i tabeller eller diagram för olika breddgrader: I tabellform finns solpositioner t.ex. i handboken BYGG /1/ och i Byggeforskningsrapporter /2/, /3/.

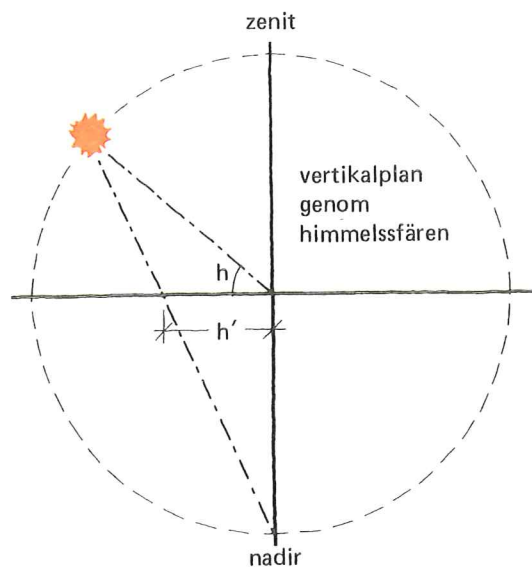
Diagrammen har den fördelen framför tabellerna att de ger en överblick över variationerna i solens läge under olika dagar av året. De två dia-



**FIGUR 3** Beskrivning av solens läge (solposition).



**FIGUR 4** Stereografisk projektion av en solposition. Vinkeln  $h$  visar den verkliga solhöjden. Längden  $h'$  representerar vinkeln  $h$  efter projektion.



gram som kommer att beskrivas här, solkartan och skugglängdsdiagrammet, har funnits länge, men använts i liten omfattning, kanske främst därför att de inte saluförts. I och med det ökade intresset för utemiljö och för att utnyttja solenergi har det blivit angeläget att publicera dem.

## Solkarta

Solkartan återger grafiskt solens bana över himlen en dag i varje månad. Tillsammans med andra diagram kan den användas för att undersöka när en viss plats kan bli solbelyst och vilken värmemängd som då tillförs.

Solkartan utgör en stereografisk projektion av solbanorna. Dessa har projicerats i horisontplanet mot nadirpunkten, se fig. 4 och 5.

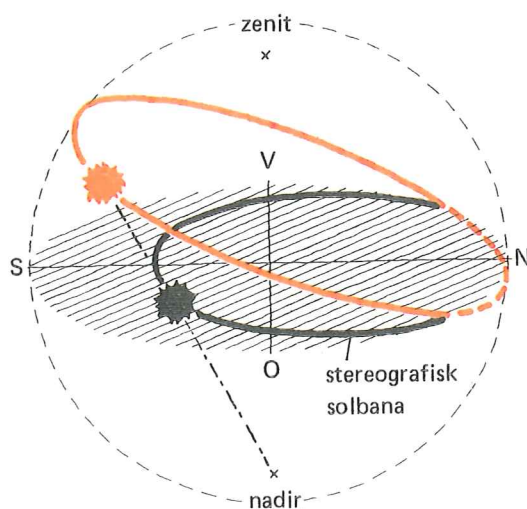
Solbanorna är lika för alla orter på samma breddgrad, eftersom jorden roterar kring axeln genom polerna. Jordens bana kring solen är symmetrisk. Därför representerar varje solposition två tidpunkter på året. Den ena ligger lika långt före som den andra efter vinter- eller sommarsolståndet. En stereografisk solkarta för latitud  $56^\circ$  Nord kan se ut som fig. 6 visar. De cirkulära kurvorna är solbanor för den 21 i varje månad. De radiella linjerna anger hela och halva timmar. Mellanliggande tider kan uppskattas. (Bilaga 1–4.)

Den stereografiska projektionen används av två skäl, dels ger den förhållandevis stor noggrannhet vid lägre solhöjder där horisontavskärmningen uppträder, dels blir solbanorna cirklar även efter projektionen. Det är det vanligaste sättet att konstruera solkartor. I USA förekommer även solkartor i s.k. ekvidistant projektion. Dessa kan inte användas tillsammans med de diagram som här kommer att behandlas.

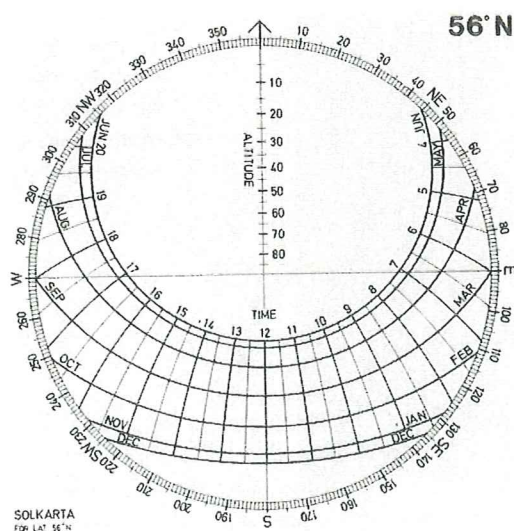
Solkartan anger den sanna tiden, soltiden, som kan avvika olika mycket från normaltiden beroende på ortens longitud och tidpunkten på året. Longitudavvikelsen är 4 min. per längdgrad räknat från den longitud som normaltiden hänförs till ( $15^\circ$  Ost i Sverige, Norge och Danmark samt  $30^\circ$  Ost i Finland). Se fig. 8. Årstidsavvikelserna beror på att jordens avstånd till solen varierar under året (fig. 7). De största tidsskillnaderna inträffar väster ut i februari, då normaltiden ligger +16 +14 d.v.s. 30 min. före soltiden (Strömstad), och öster ut i november då normaltiden ligger -36 -17 d.v.s. 53 min. efter soltiden (Haparanda).

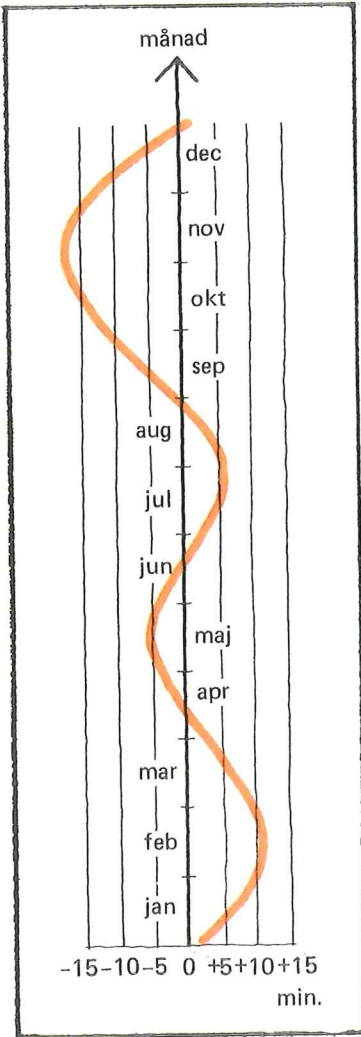
Vanligtvis är dock tidsskillnaden väsentligt mindre och betydelslös från planeringssynpunkt. När man talar om antal soltimmar mellan vissa klockslag (t.ex. när det gäller lekplatser) kan det emellertid finnas anledning att se upp med tidsavvikelsen, särskilt för orter belägna långt öster eller väster ut i Sverige.

**FIGUR 5** Stereografisk projektion av en solbana.

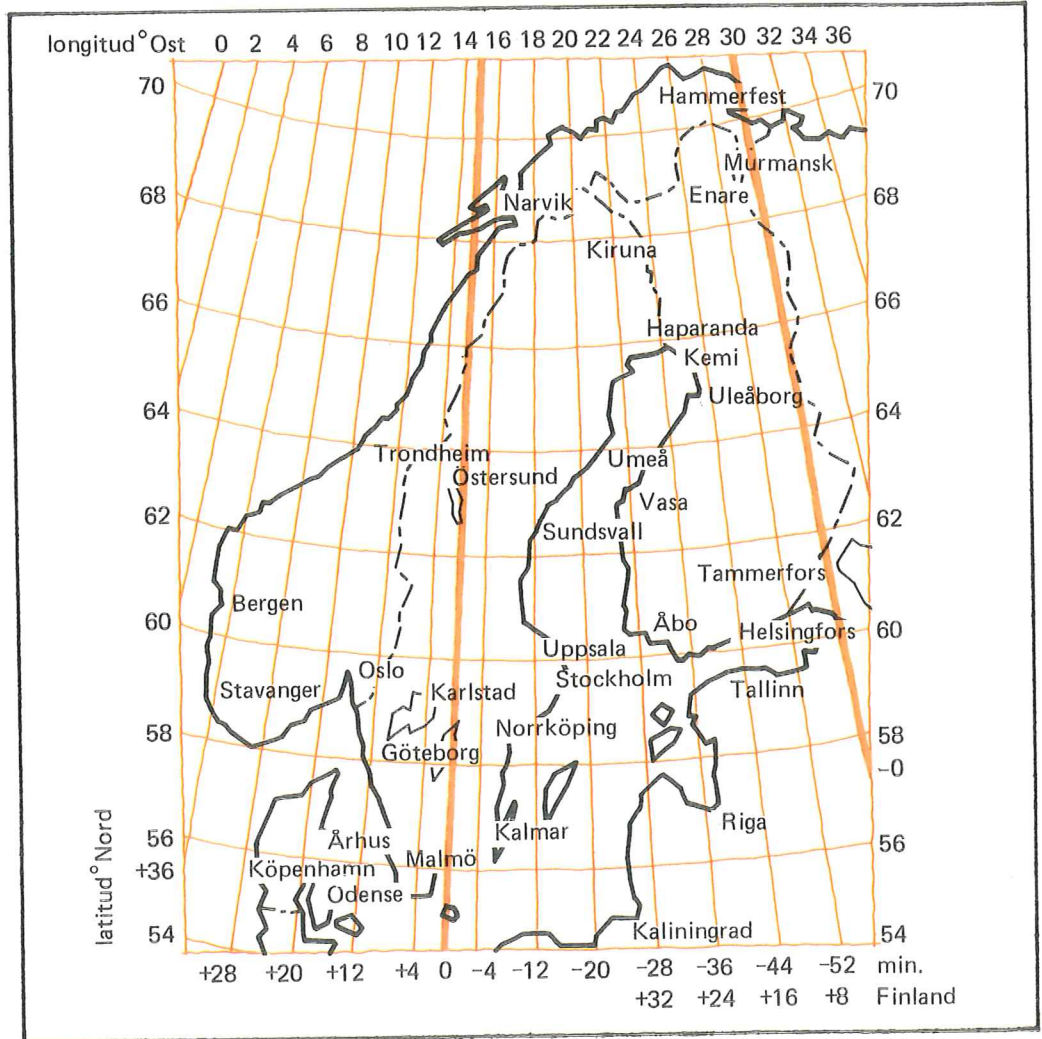


**FIGUR 6** Stereografisk solkarta.

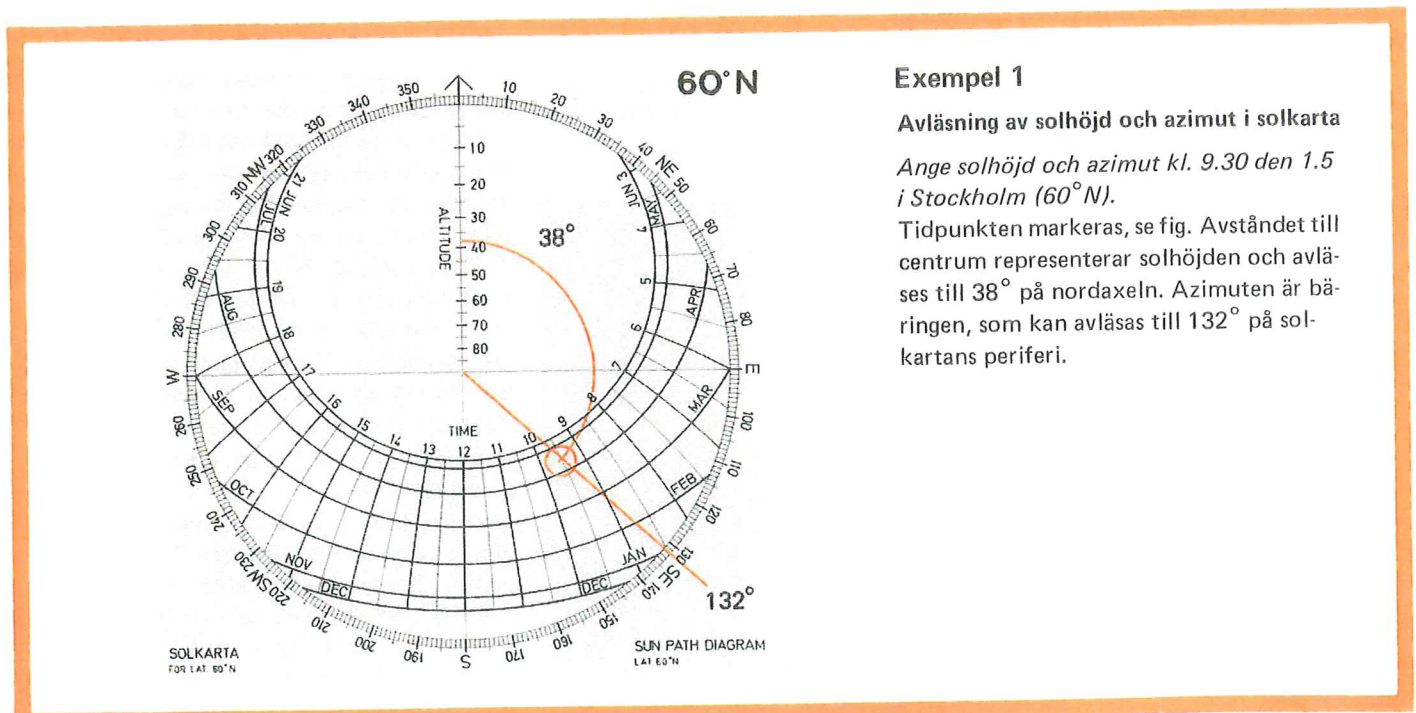




FIGUR 7 Jordbanans varierande avstånd från solen.

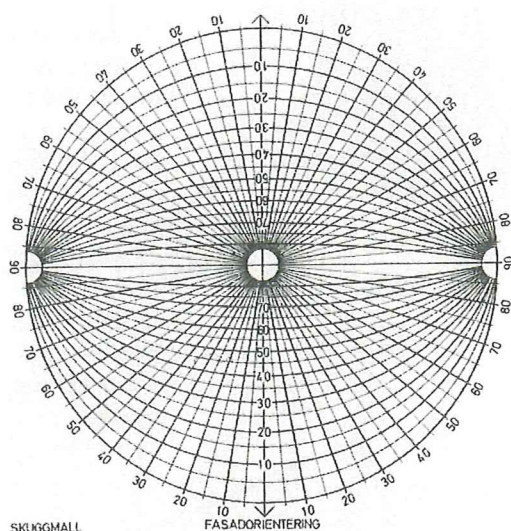


FIGUR 8 Normaltidens avvikelse från sann soltid p.g.a. ortens avstånd från tidslongituderna 15° Ost (Norge, Danmark, Sverige) och 30° Ost (Finland).



## Solskenstid

Solförhållandena på en plats brukar ofta värderas utifrån dess teoretiska solskenstid, d.v.s. det maximala antal timmar platsen kan bli solbelyst under olika årstider. Solskenstider kan studeras på flera sätt. Den teoretiska solskenstiden kan grafiskt undersökas med hjälp av solkarta och skuggmall eller skugglängdsdiagram.



**FIGUR 9** Skuggmall. Cirkelbågarna avbildar horisontella linjer på olika nivåer. Radierna visar vertikala linjer i olika riktningar.

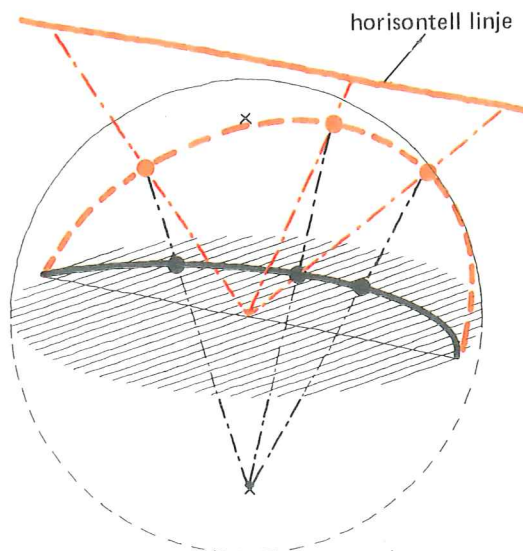
### Solkarta och skuggmall

Fördelen med solkartan och skuggmallen är att de är enkla att använda. Man kan avläsa (de teoretiska) solförhållandena över hela året samtidigt. Nackdelen är att endast en punkt i taget kan studeras.

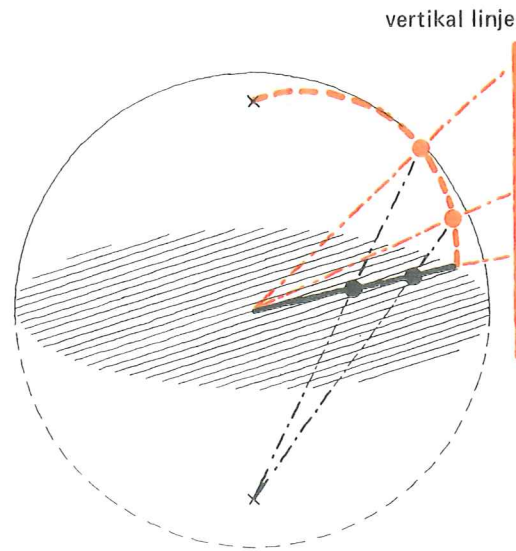
Solkartan visar solbanorna när ingen del av himlen är skyddad, men normalt är ju »himlavalvet» skyddat av exempelvis träd och byggnader. Avskärmningens kontur kan avbildas på samma sätt som solbanorna. Tillsammans visar »skärmbild» och solbanor vid vilka tidpunkter på dagen och året en viss plats skuggas.

Skuggmallen har konstruerats för att göra det lättare rita upp skärmbilder av byggnader. Den utgörs av ett knippe horisontella och vertikala linjer projicerade på samma sätt som solkartans solbanor (fig. 9, bilaga 5).

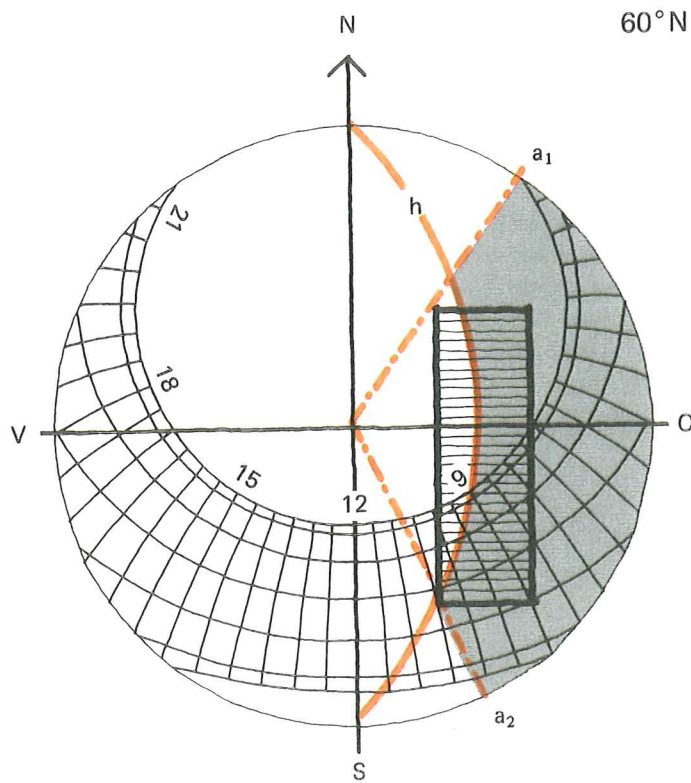
Cirkelbågarna utgör projektionen av horisontella linjer på olika höjd över marken (fig. 10). Dessa ser ut att konvergera mot oändligheten och möts på solkartans periferi i projektionen. Eftersom den stereografiska projektionen sker vertikalt, vinkelförändras inte vertikala linjer. Projektionen av dessa kan följaktligen avläsas direkt på en gradskiva vid skuggmallens periferi (fig. 11).



**FIGUR 10** Stereografisk projektion av horisontella linjer.



**FIGUR 11** Stereografisk projektion av vertikala linjer.



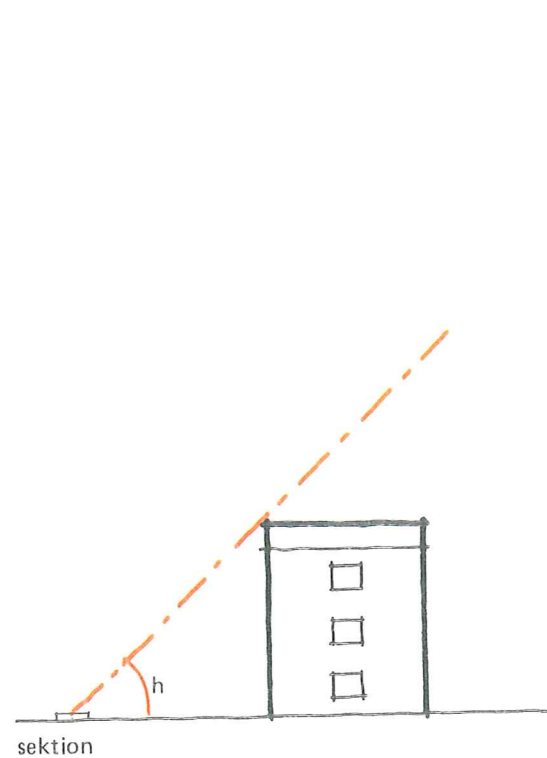
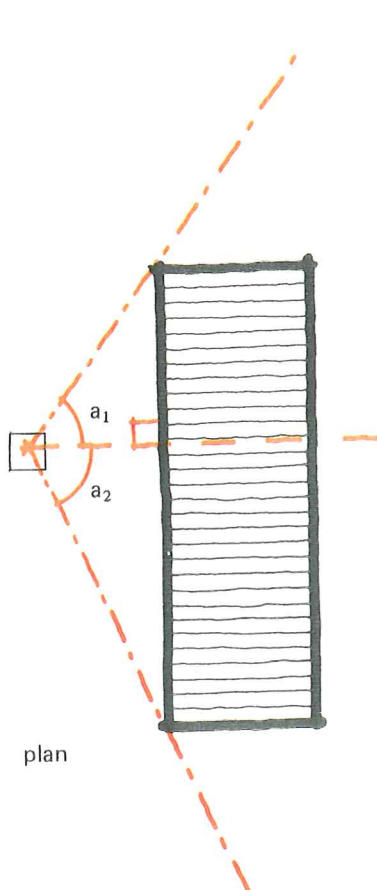
## Exempel 2

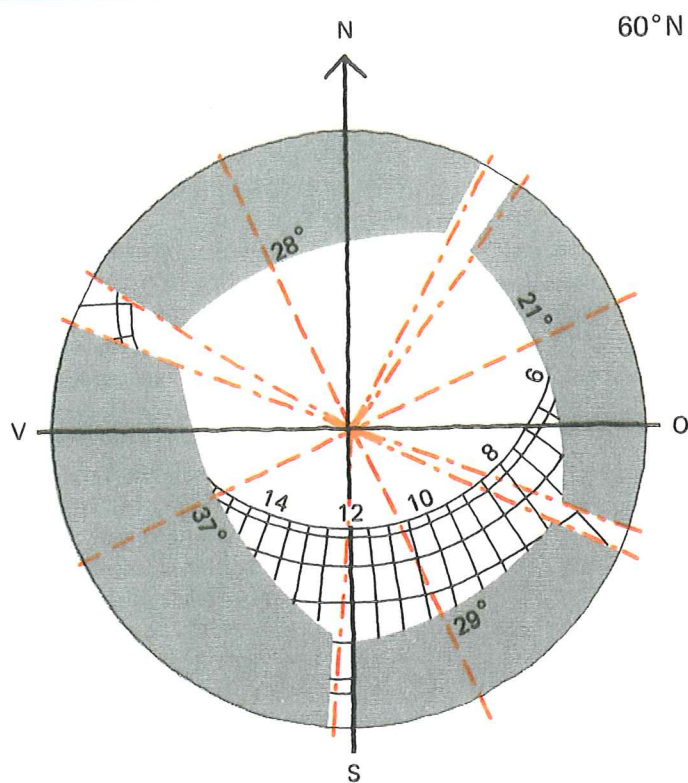
### Användning av solkarta och skuggmall I

När skuggas lekplatsen av byggnaden i vidstående figur? (Platsen belägen i Stockholm, 60° N.)

Med kännedom om byggnadens höjd beräknar man vinkeln  $h$  eller mäter den med t. ex. skuggmallen. Därefter placeras den transparenta solkartan för lat. 60° N på planen med ett skisspapper överst. Solkartans centrum läggs över lekplatsen och norrpilarna orienteras åt samma håll. Nu kan de vertikala skärmvinklarna  $a_1$  och  $a_2$  till byggnadens hörn markeras direkt på skisspapperet. Sedan läggs skuggmallen ovanpå solkartan i samma orientering som byggnadens fasad. Den cirkelbåge som representerar vinkeln  $h$  i vertikalplanet ritas in på skisspapperet. Husets skärmbild, det rasterade området i figuren, har därmed konstruerats.

Av figuren framgår att lekplatsen är skuggad under morgontimmarna, d.v.s. från soluppgången till 9.00–9.30 under sommaren och till ca 10.30 under vinterhalvåret.



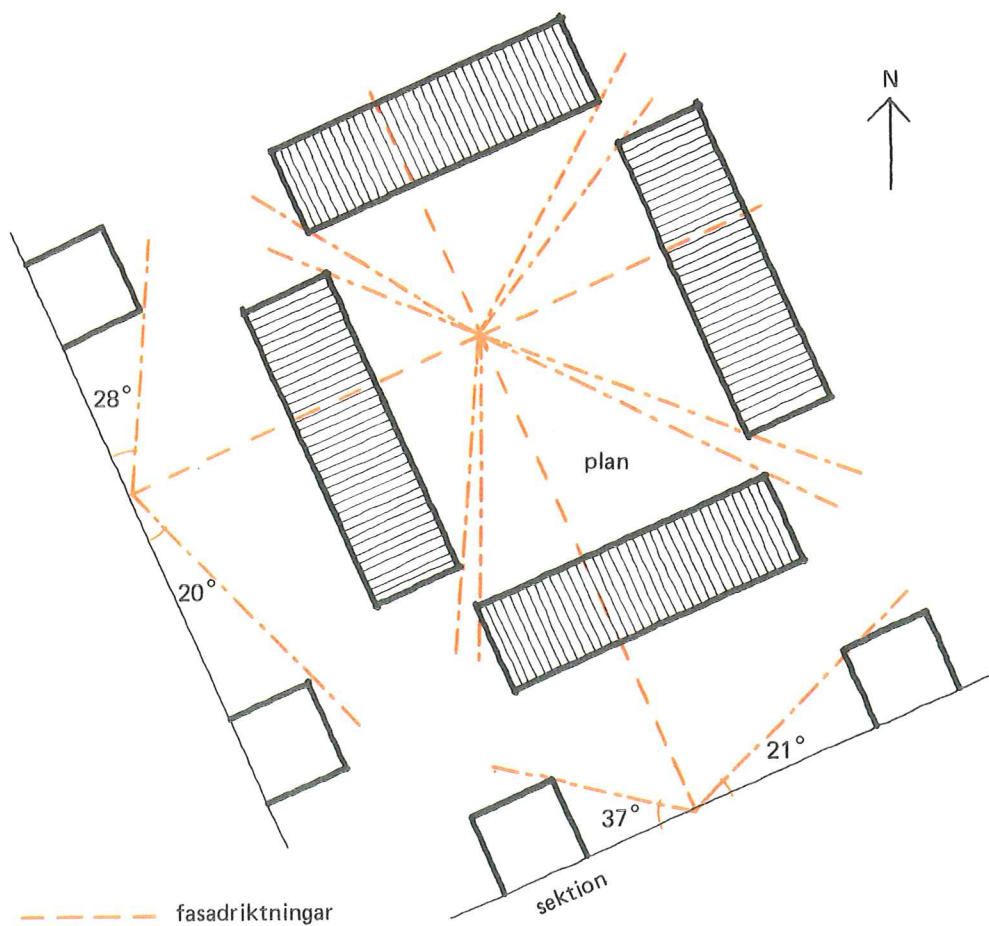


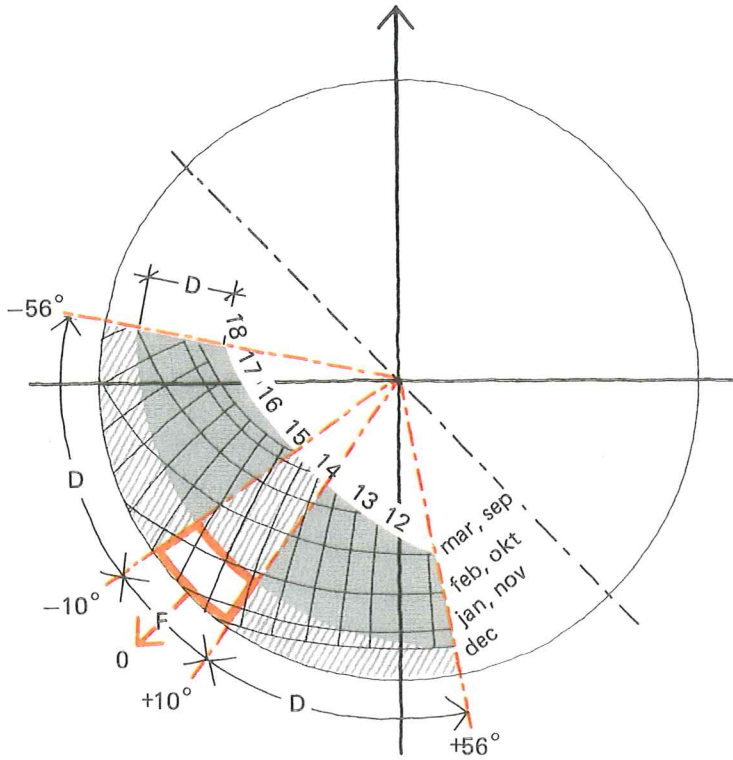
### Exempel 3

#### Användning av solkarta och skuggmall II

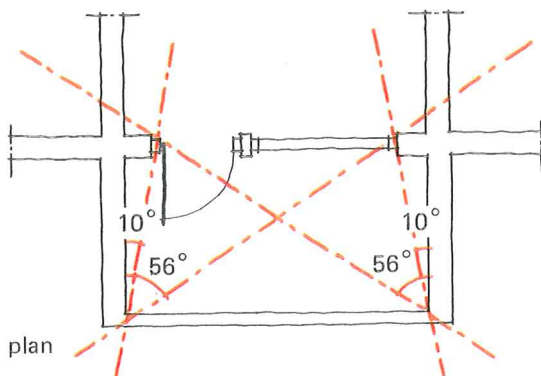
Problem och metod är desamma som i exempel 2 – men detta exempel vill visa hur det kan ta sig ut när lekplatsen är omgiven av byggnader.

Lekplatsen får sol mellan kl. 6.00 och 15.30 under maj, juni och juli samt mellan 7.30 och 13.30, d.v.s. sex timmar, vid vår- och höstdagjämning. Under vinterhalvåret får man så gott som ingen sol alls. Goda solförhållanden under vår- och höstdagjämning, som man brukar tala om som riktlinje i planeringen, garanterar således ingen sol under vintern, vilket kunde vara nog så angeläget.

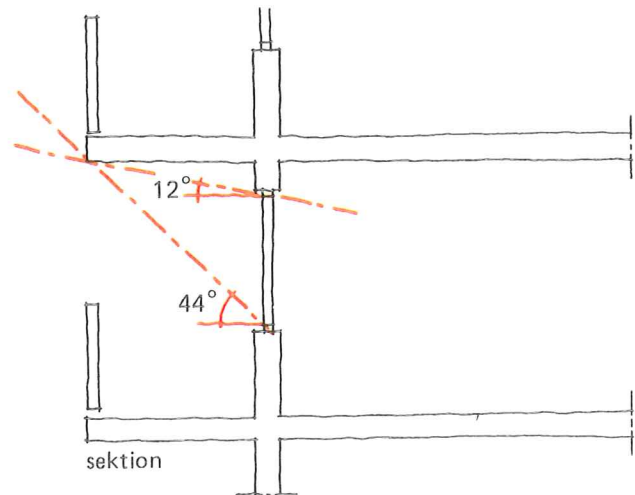




fasad



plan



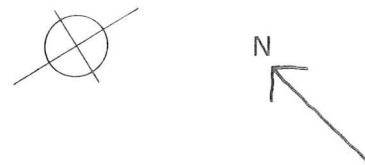
sektion

#### Exempel 4

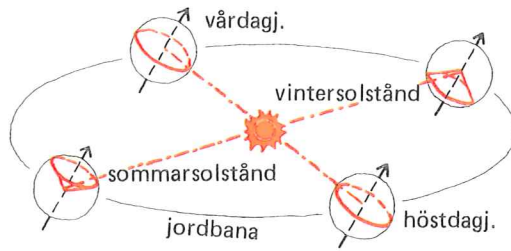
##### Användning av solkarta och skuggmall III

Vilken solavskärmning ger den kringbyggda balkongen rummet innanför? Utformning och orientering framgår av fig. (lat.  $60^{\circ}N$ ).

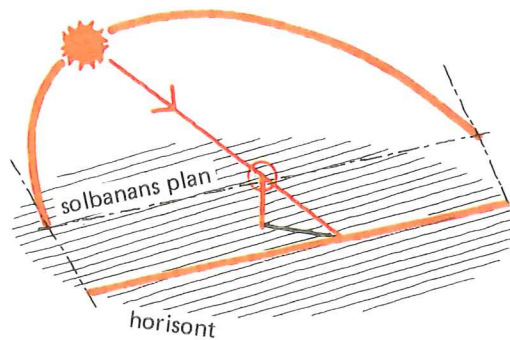
De horisontella och vertikala skärmvinklarna markeras. För att hela fönstret skall vara solbelyst måste solens azimut ligga inom  $\pm 10^{\circ}$  från väggen och solhöjden vara under  $12^{\circ}$ . Det kan inträffa endast mellan omkring 14.30 och 15.30 i okt/nov och jan/febr. Helt skuggade är fönstren fram till ca kl. 11.00 under vinterhalvåret och fram till omkring kl. 14.00 på sommaren och alltid efter omkring kl. 18.00. Under middag och eftermiddag övriga årstider blir fönstren delvis skuggade, vilket markerats med ett D i figuren. Skraffering anger att antingen sidoväggarna eller taket ger partiell skugga och rastning anger att delar av fönstren skuggas av både sidor och tak. Vill man veta hur stor del av fönstren som är solbelyst vid en viss tidpunkt går man den motsatta vägen och tar först reda på skuggvinklarna ur solkartan för den aktuella tiden. När dessa sedan ritas in på plan och sektion får man fram skuggan på fönstren och kan beräkna hur stor del av dem som är solbelysta.



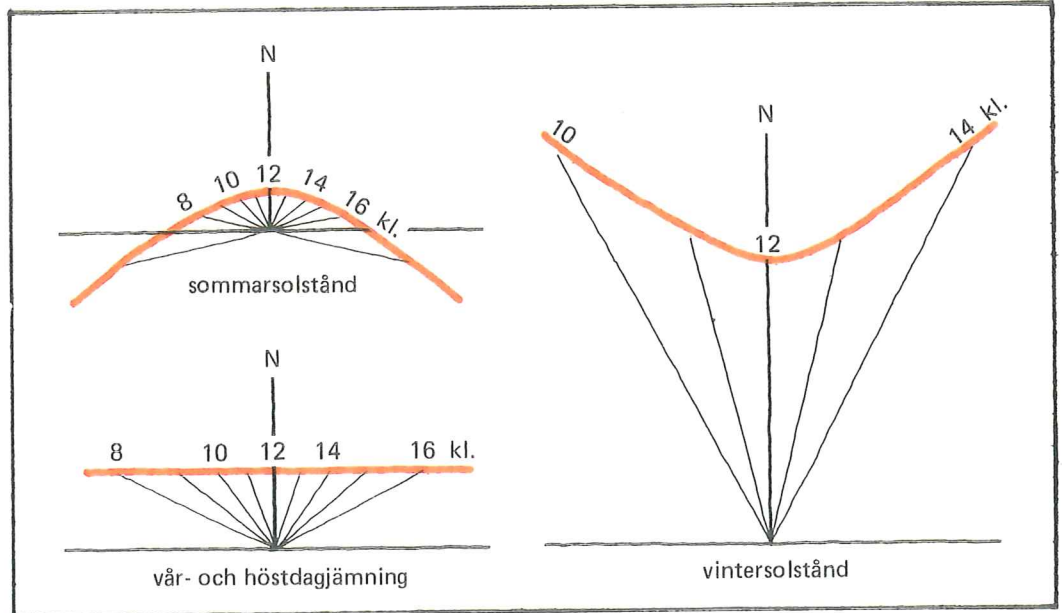
**FIGUR 12** Jordens rotation kring solen.



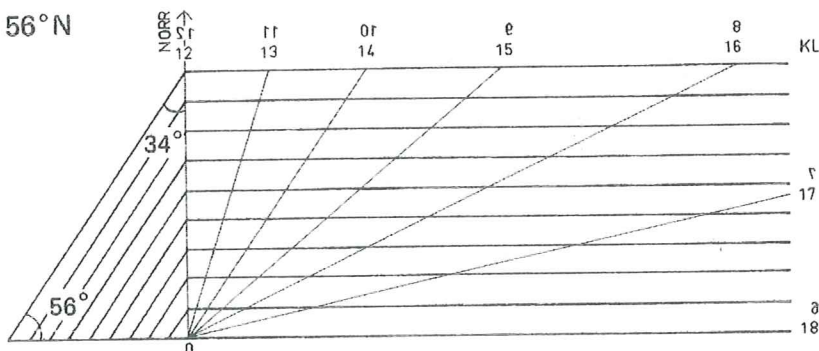
**FIGUR 13** Skuggan av en stolpe vid vår- och höstdagjämning.



**FIGUR 14** Skugglängdsdiagram för olika årstider, lat. 56° Nord.



**FIGUR 15** Skugglängdsdiagram för vår- och höstdagjämning, lat. 56° Nord.



**Skugglängdsdiagram**

Fördelen med att använda skugglängdsdiagram är att skuggförhållandena i ett helt område kan överblickas. Metoden ger emellertid solförhållandena vid endast en tidpunkt eller under en enda av årets dagar. Ritar man upp skuggförhållandena vid t.ex. höst- och vårdagjämning, kan man inte se hur situationen ter sig under sommar och vinter. Metoden är användbar i första hand vid enkla bygnadsformer.

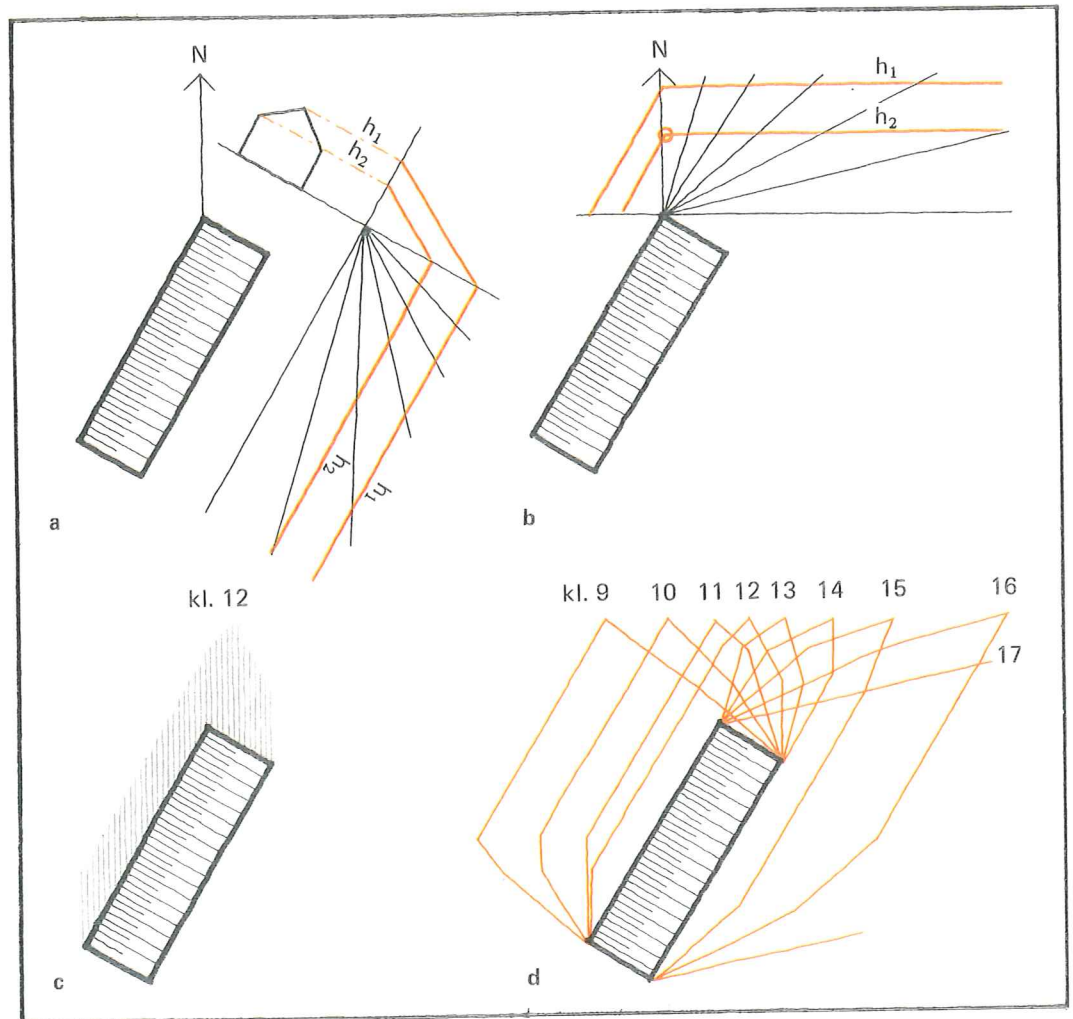
Skugglängdsdiagrammet visar hur skuggan av olika höga stolpar förflyttas under en viss dag. För vår- och höstdagjämning blir skugglängdsdiagrammet särskilt enkelt, eftersom skuggan av en punkt ovanför marken då rör sig efter en rät linje i markplanet. Det beror på att rotationsplanet för varje punkt på jorden går genom solen den dagen, d.v.s. solen ser ut att rotera kring varje observationspunkt på jorden (fig. 12 och 13). Fig. 14 visar hur skuggan från en stolpe rör sig vid sommar- och vintersolstånd samt vid vår- och höstdagjämning på lat. 56° Nord. Utseendet på ett färdigt skugglängdsdiagram framgår av fig 15. (Bilaga 6.)

De parallella linjer som skuggor rör sig efter vid vår- och höstdagjämning är mycket lätta att ta fram. Kl. 12.00 dessa två dagar står solen nämligen ( $90^\circ - \text{lat.}$ ) över horisonten, t.ex.  $90 - 56 = 34^\circ$  för lat. 56° Nord. Vänstra delen av skugglängdsdiagrammet kan därför sägas vara en stående sektion av skuggan för olika höjder vid denna tidpunkt. Azimuterna för olika klockslag tas ur solkarta eller tabeller. Solbanorna är symmetriska kring kl. 12.00; på transparent papper behöver alltså endast halva diagrammet ritas ut.

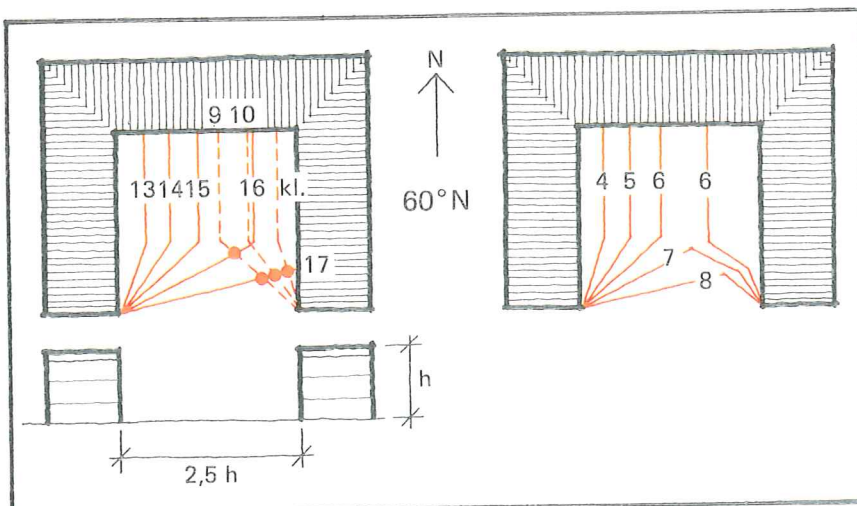


När skugglängdsdiagrammet används avsätter man hushöjder i diagrammets vänstra del (fig. 16a) och drar ut dem parallellt med linjerna i diagrammet. Skalan på plan och sektion spelar ingen roll, bara de är desamma. Det är lämpligt att ri-

ta på ett transparent paper över diagrammet. Sedan placeras skugglängdsdiagrammet vid varje hushörn i samma orientering som planen, och hörnens skuggor för olika tider märks ut så som fig. 16 visar.



FIGUR 16 Konstruktion av skuggor timvis med hjälp av skugglängdsdiagram.



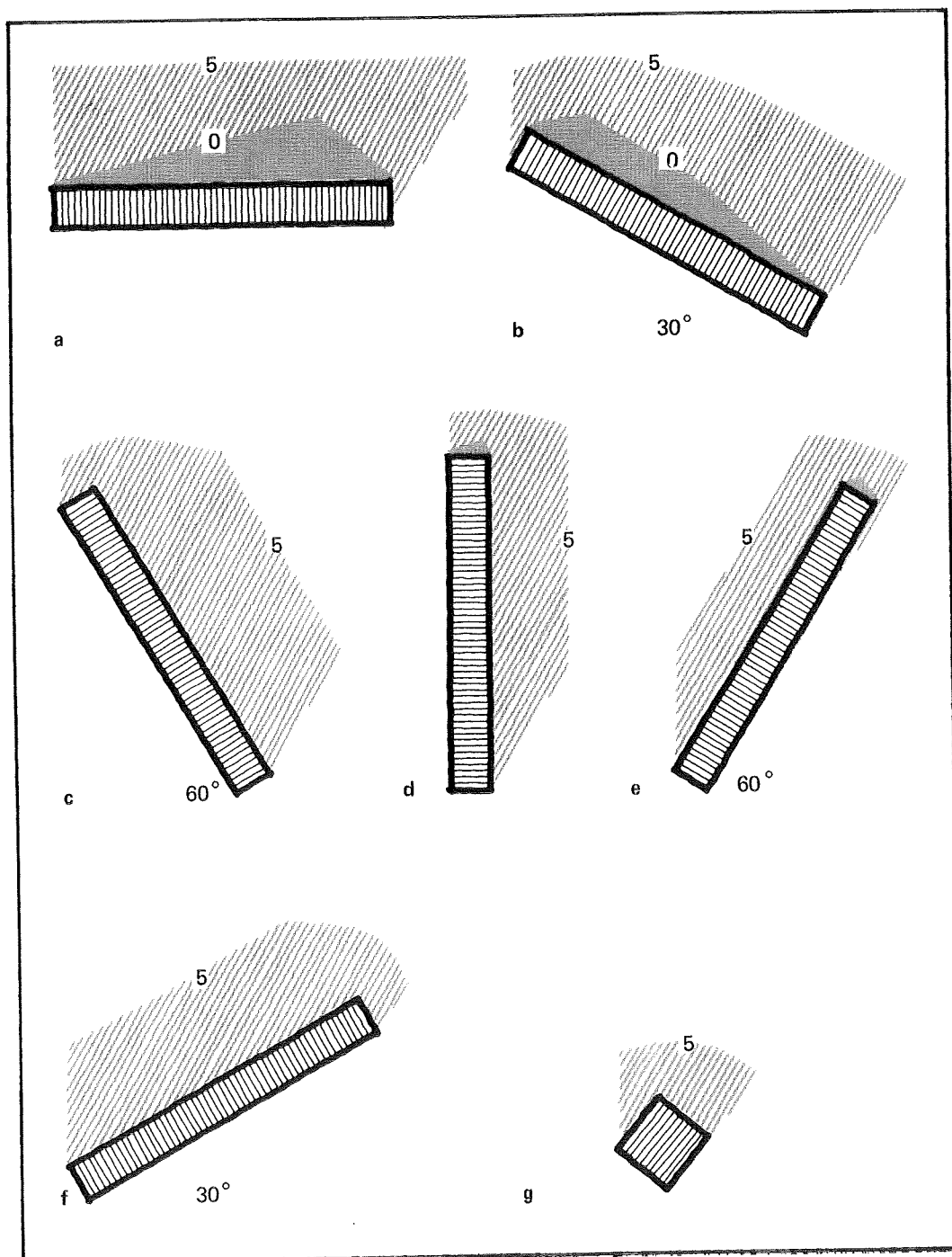
FIGUR 17 Konstruktion av solskenskurvor för gård öppen mot söder.

Ofta vill man gå ett steg längre med skugglängdsdiagrammet för att få reda på hur många solskenstimmar olika platser kring en byggnad kan få en viss dag. Det kanske gäller att placera en lekplats så att den kan få sol under fem timmar mellan kl. 9.00 och 17.00 vid vår- och höstdagjämning, vilket tidigare varit en tumregel på många håll. Skuggorna ritas då ut för alla timmar mellan kl. 9.00 och 17.00, och skärningspunkter med lika antal soltimmar sammanbinds. Därmed erhålls solskenskurvor kring byggnaden (fig. 17). Sådana figurer blir mycket överskådliga men kan vara besvärliga att ta fram om man måste ta hänsyn till flera byggnaders skuggor samtidigt. För att kunna hålla isär skuggorna bör skilda färger användas, åtminstone för skuggor från olika byggnader.

Byggnaders orientering, storlek och form har stor betydelse för skuggförhållandena omkring dem. Området med noll och det med fem timmars soltid mellan kl. 9.00 och 17.00 höst- och vårdagjämning varierar kraftigt för det 20 m höga skivhuset i fig. 18 a-f. För solförhållandena kring byggnaden är orienteringar NO-SV (e, f) och N-S (d) de bästa, medan Ö-V (a) och NO-SO (b, c) är de sämsta. Värme och kyla fördelas kring huset i första fallet, medan vid Ö-V-orienteringen sydsidan ofta blir besvärande het

samtidigt som nordsidan blir kall och fuktig. Asymmetrin kring N-S beror på att man räknar in fler timmar under eftermiddagen (fem) än under förmiddagen (tre).

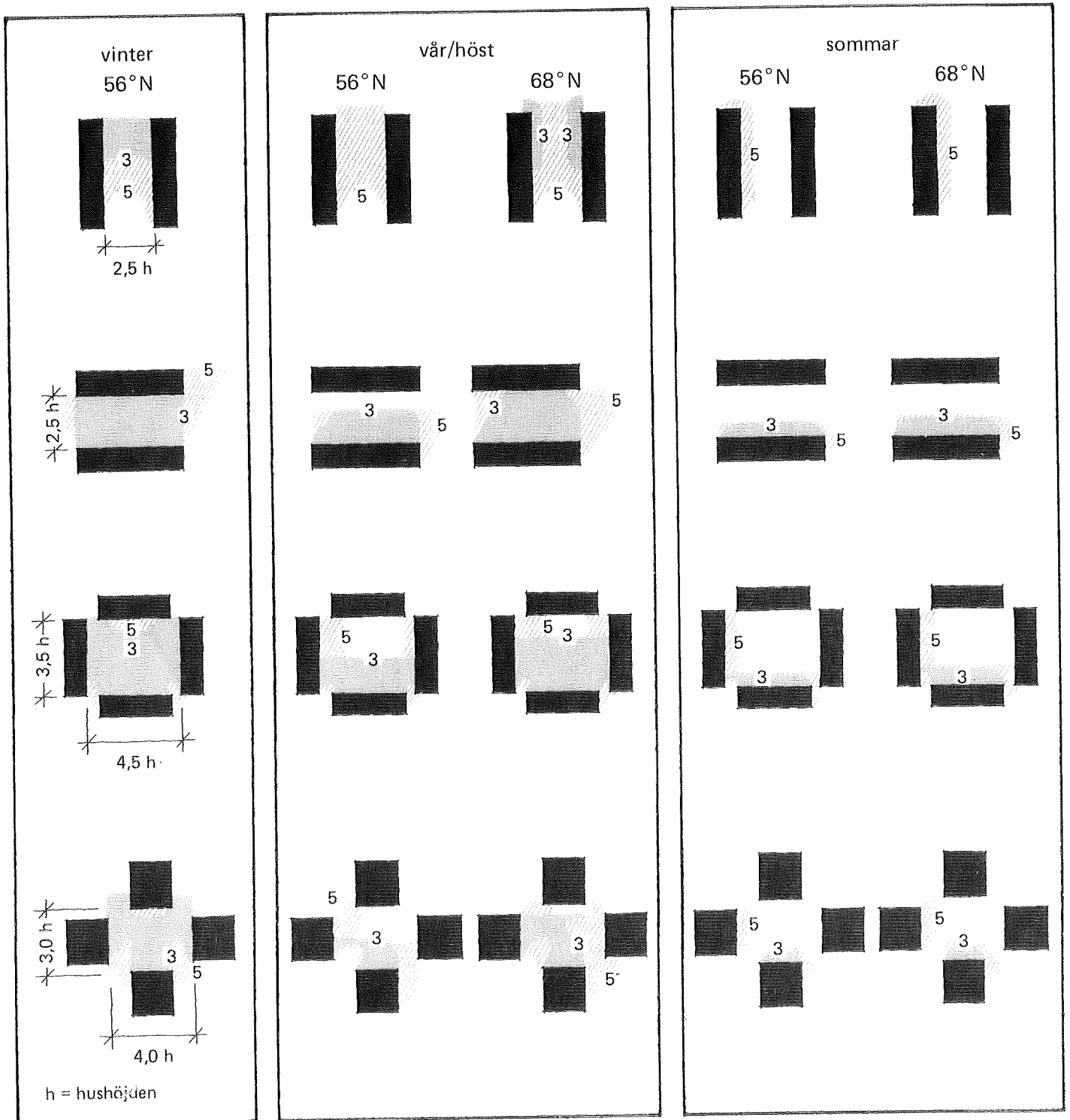
Skuggan kring ett punkthus med samma höjd, fig. 18 g, blir relativt smal och sveper fort över ett stort område. Därför blir ytan med dåliga solförhållanden kring punkthuset förhållandevis liten. Punkthuset har också den fördelen framför skivhuset att hushöjden spelar liten roll för skuggigheten.



FIGUR 18 0 och 5 timmar möjlig solskenstid kl. 9.00–17.00 vår- och höstdagjämning kring ett 20 m högt skivhus i olika orienteringar och ett lika högt punkthus.

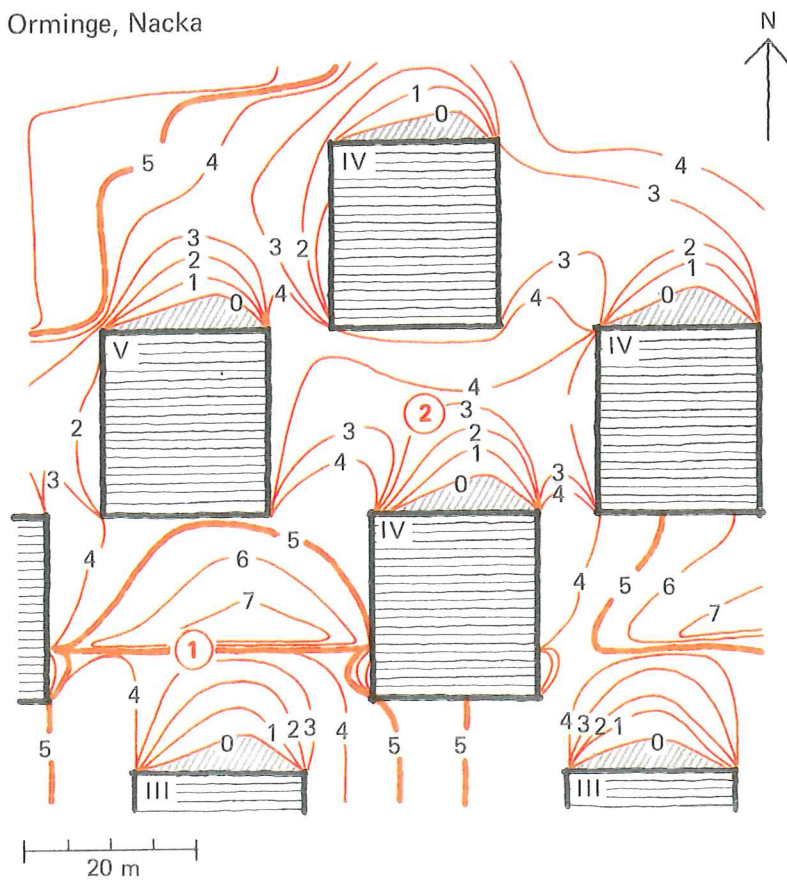
Fig. 19 visar årstidsvariationer för några olika bebyggelsegrupperingar i Malmö (56° Nord) och Kiruna (68° Nord). Förhållandena under sommaren är rätt likartade i de båda landsändarna. Vid vår- och höstdagjämning ger solens flacka bana i norr större skillnad. Särskilt i de nordligaste delarna av landet blir solförhållandena betydligt bättre när husen är orienterade i nord-

sydlig riktning, liksom när gårdarna är utdragna i denna riktning eller är öppna mot söder. Mitt i vintern får man ingen sol alls i Kiruna, varför den figuren saknas. I Skåne ger punkthusen och den nord-sydliga gården de bästa solförhållandena. Under vinterhalvåret, när solen står lågt, ger alltid N-S-orienteringen de bästa solförhållandena.



FIGUR 19 Områden med 3 och 5 timmar möjlig solskensstid mellan kl. 9.00 och 17.00 vid olika årstider och olika typer av bebyggelse i Malmö (56° Nord) resp. Kiruna (68° Nord).

Orminge, Nacka



**Exempel 5**

**Skärmfigurer och solsenskurvor i bebyggt område I**

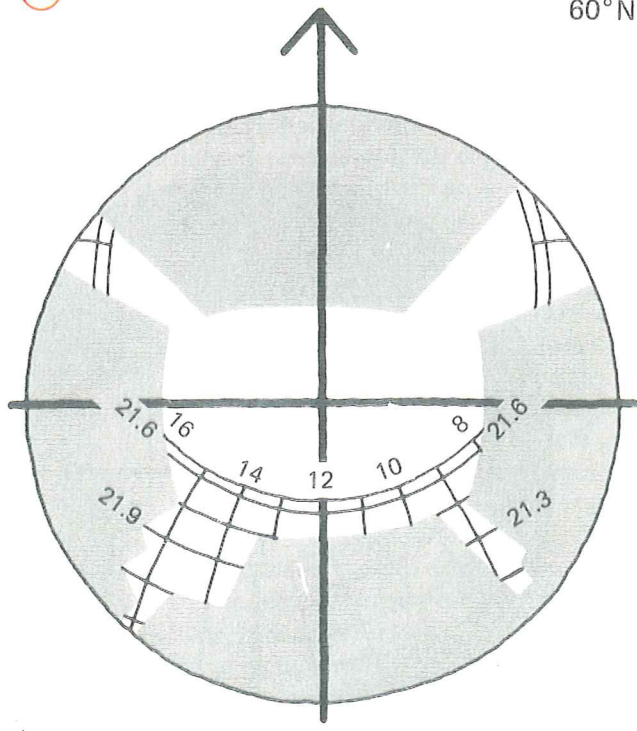
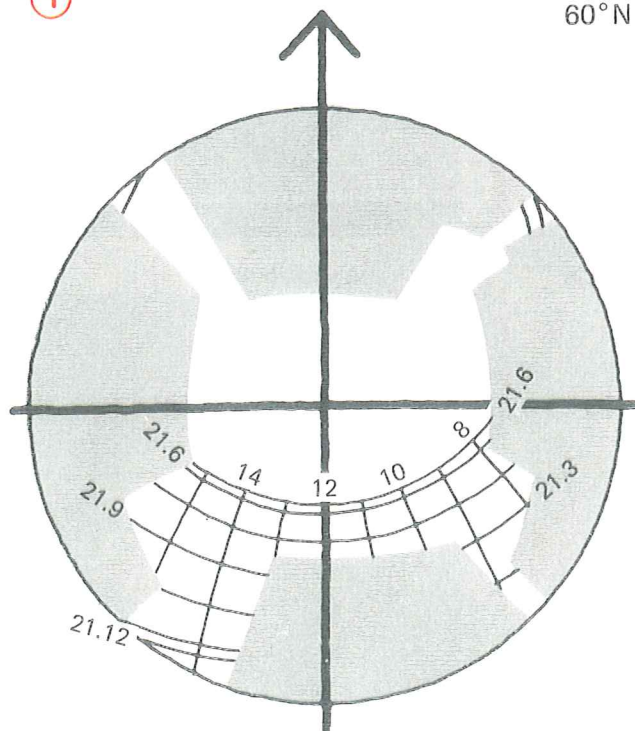
Följande exempel är hämtat från projektet Urbana friytor vid SIB /6/ och gäller bebyggelse i Västra Orminge, Nacka. Både skugglängsdiagram och solkarta har använts. Siffrorna anger antalet timmar möjlig solskenstid inom de områden som begränsas av kurvlinjerna. Skärmfigurerna avser de med rött markerade punkterna på planen. Romerska siffror anger hushöjd i antal våningar. I Västra Orminge står punkthusen på sina håll så tätt att de gårdar som är slutna mot söder blir kraftigt skuggade. Hustypen gör emellertid att de sammanhängande skuggorna blir ganska små och från entrén har man alltid någon solig plats inom räckhåll. Lägg märke till skillnaderna mellan de två gårdarna. Det södra huset vid gården markerad med ① är både lägre och placerat längre bort än motsvarande hus vid gården markerad med ②, vilket gör att den förra gården är betydligt soligare.

①

60°N

②

60°N



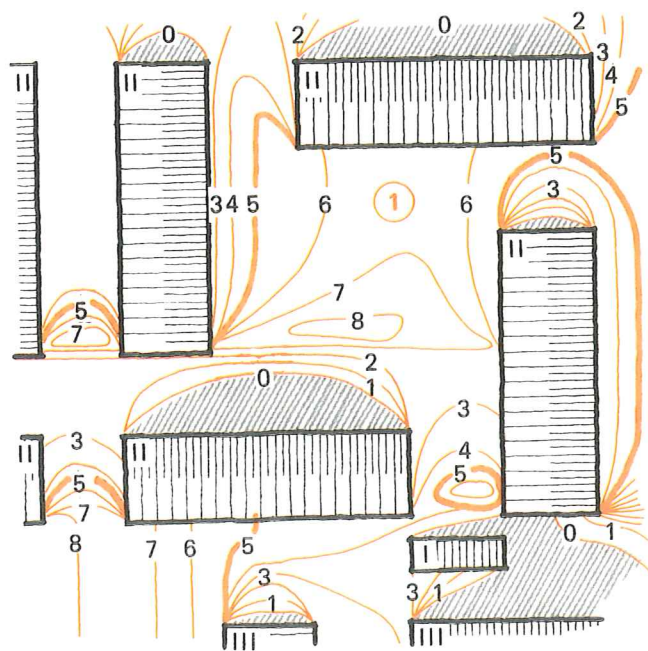
Skäggetorp,  
Linköping



### Exempel 6

#### Skärmfigurer och solskenskurvor i bebyggt område II

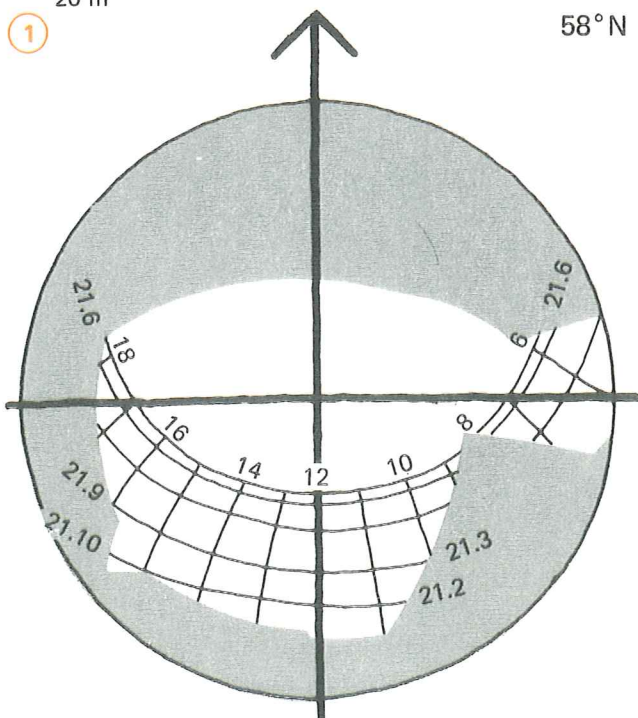
Exemplet är hämtat från projektet Urbana fri-  
ytor och avser bebyggelse i Skäggetorp, Lin-  
köping. Solförhållandena bedöms likadant  
som i exempel 5. I Skäggetorp är husen låga  
och solförhållandena bättre. Skillnaden i  
solförhållanden kring hus med nord/sydlig  
och med öst/västlig orientering framgår klart.



20 m

①

58°N

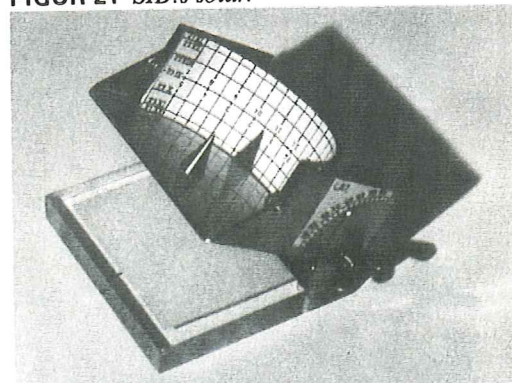


### Modellstudier

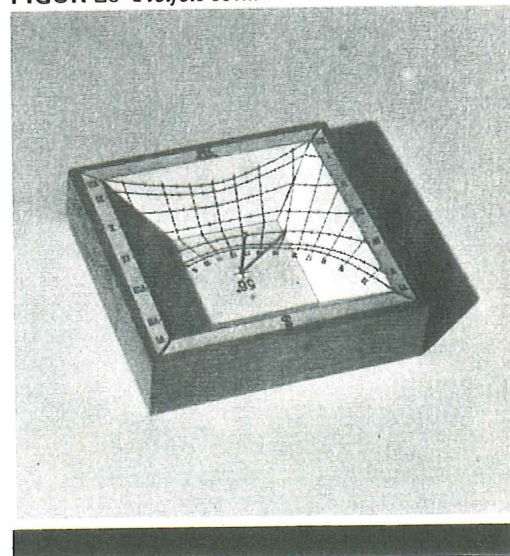
Det enklaste sättet att studera solförhållandena  
kring en byggnad är att belysa en modell (fig. 22).  
Då kan man snabbt undersöka konsekvenserna  
av alternativa lösningar. Modellens detaljerings-  
grad påverkar inte arbetsmetoden. När man vill  
studera komplicerade bebyggelsemönster och  
byggnader i kuperad terräng eller inverkan av  
detaljer som träd, takutsprång etc. blir de grafiska  
metoderna alltför besvärliga. I sådana fall  
måste modellstudier tillgripas.

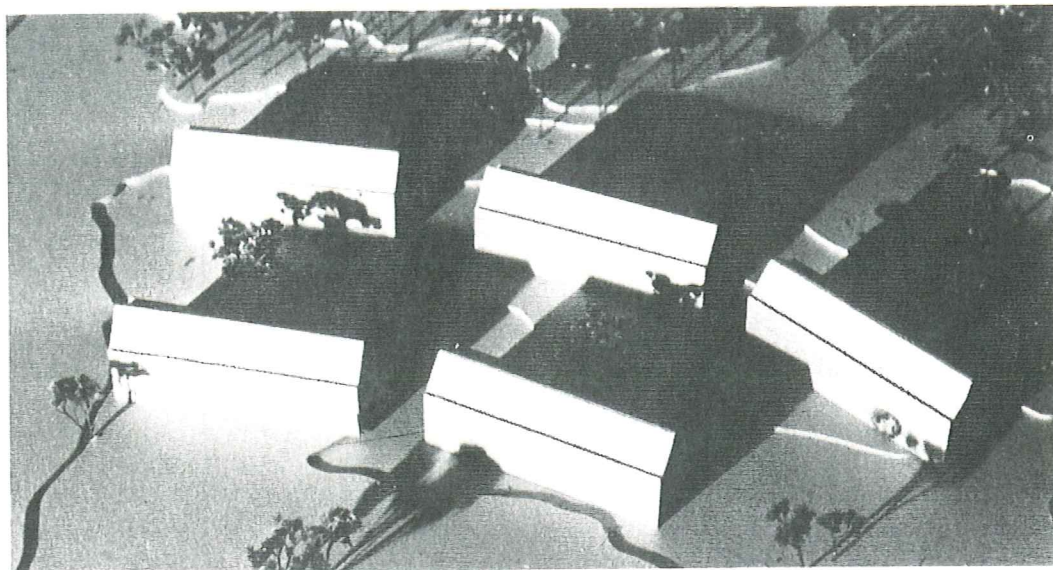
Hur belysningen skall riktas för att simulera  
solstrålningen vid en viss tidpunkt bestäms med  
hjälp av ett solur, som placeras på modellen och  
orienteras efter norrpilen. Solur finns i ett fler-  
tal utföranden. I Sverige saluförs Pleijels solur,  
som är en liten låda med en nål vars skugga faller  
på en tidskala (fig. 20). Konstruktionen har inga  
rörliga delar, och dessa solur gäller endast för en  
breddgrad. För olika breddgrader krävs alltså  
skilda solur. Inom institutet har ett solur kon-  
struerats som kan ställas in för alla breddgrader  
(fig. 21). Detta finns än så länge bara i prototyp  
men kommer att tillverkas.

FIGUR 21 SIB:s solur.



FIGUR 20 Pleijels solur.





FIGUR 22 Belyst modell.

### Fullskalestudier

Ibland kan man vilja studera solförhållandena i utförd bebyggelse utan att göra observationer under ett helt år. Det kan gälla t.ex. sanering av en kvartersgård. Solkartor kan användas även i detta fall, tillsammans med fotografier tagna på platsen. Pleijel konstruerade för detta ändamål det så kallade globoskopet (fig. 23 /2/). Detta bestod av en parabolisk spegel som, när man fotograferade mot den, avbildade himlavalvet på samma sätt som solkartorna. Med globoskopet kunde man avbilda intressanta platser utomhus och sedan kopiera in solkartorna på bilderna. På det sättet kunde man se solförhållandena un-

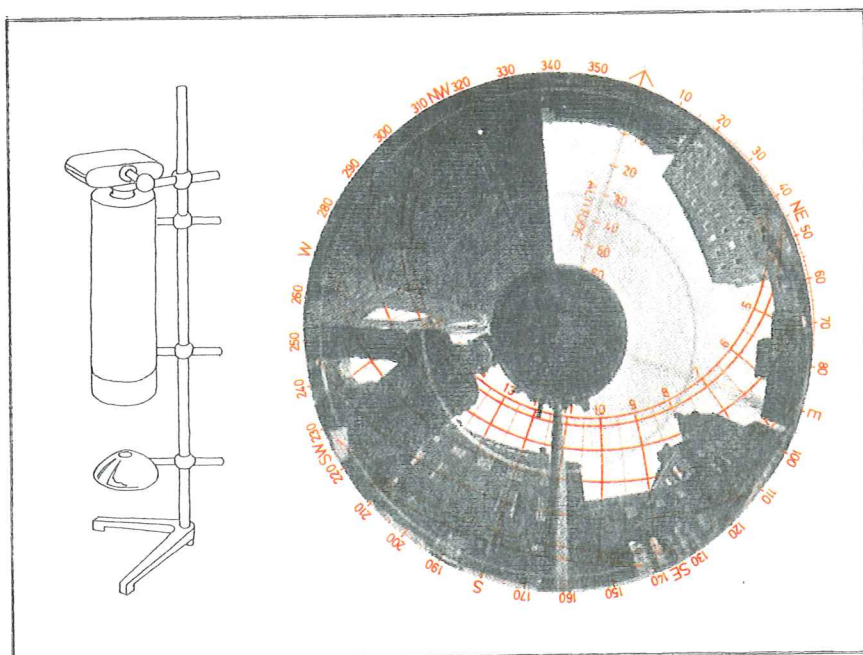
der hela året i de studerade punkterna. Det ursprungliga globoskopet finns inte längre. Utomlands förekommer dock ett antal liknande metoder.

Man kan även tänka sig att använda standardobjektiv med extrem vidvinkel. Då måste emellertid först himlavsavbildningen studeras och solbanediagram konstrueras för avbildningsgeometrin hos det aktuella objektivet.

### Verklig solskenstid

Solkarta, skugglängdsdiagram och solur visar solens »gång» en helt klar dag på en viss breddgrad. I verkligheten är dock de helt klara dagarna sällsynta, och molnigheten varierar från ort till ort på samma breddgrad. När det gäller t.ex. att beräkna instrålad solenergi är det nödvändigt ta hänsyn till detta. I fråga om planering för utevistelse skulle man kunna tänka sig att ställa större krav på solförhållandena bland bebyggelse för solfattiga och kalla orter. Sådana regler skulle emellertid bli krångliga. Å andra sidan kan man säga att hela landet är relativt solfattigt och kallt och att planerarna alltid bör ta största möjliga hänsyn till solförhållandena. För att få genomslag i planeringen är troligtvis det väsentligaste att de riktlinjer som formuleras blir enkla. Man skulle som tumregel kunna ange skuggvinklar för olika orienteringar och breddgrader.

I nuvarande klimatstatistik finns antalet solskenstimmar per månad och år redovisade för vissa orter. Utifrån detta material har man kunnat göra upp kurvor över antal solskenstimmar för hela landet (fig. 24). I huvudsak är kusterna soligare än inlandet och högre belägna områden. Den största teoretiska solskenstiden per år, d.v.s. om det vore klart hela året, har man kring polcirkeln.



FIGUR 23 Pleijels globoskop samt globoskopfotografi med inlagd solkarta.

När man vill studera solighet på vistelseytor eller instrålad solenergi räcker det emellertid inte att man känner till antalet soltimmar på orten. Man måste också ta reda på när på dygnet solskensstunden infaller, eftersom vistelse utomhus är

förlagd huvudsakligen till dagtid och instrålad energi är beroende av solhöjden. Framför allt i Norrland infaller en stor del av solskensstunden under sommarnätter och är därmed svår att utnyttja från såväl energi- som utvistelsesynpunkt.

Inom institutet har solskensdata bearbetats för att göra det möjligt redovisa solskensstunden dygnsfördelning. Sannolikheten för solskensstunden har beräknats för årets alla timmar utifrån solskensobservationer under perioden 1959–1973 för 16 spridda platser i landet (fig. 25). För de flesta orterna är kurvorna baserade på 14–15 års registreringar (i något fall på värden för endast 11 år). För några orter har resultaten jämförts med värden för 20 år (1951–70), och endast små avvikelser har kunnat konstateras. Detta arbete presenteras i Meddelande 9:1976 från SIB med figurer av det slag som visas i fig. 26.

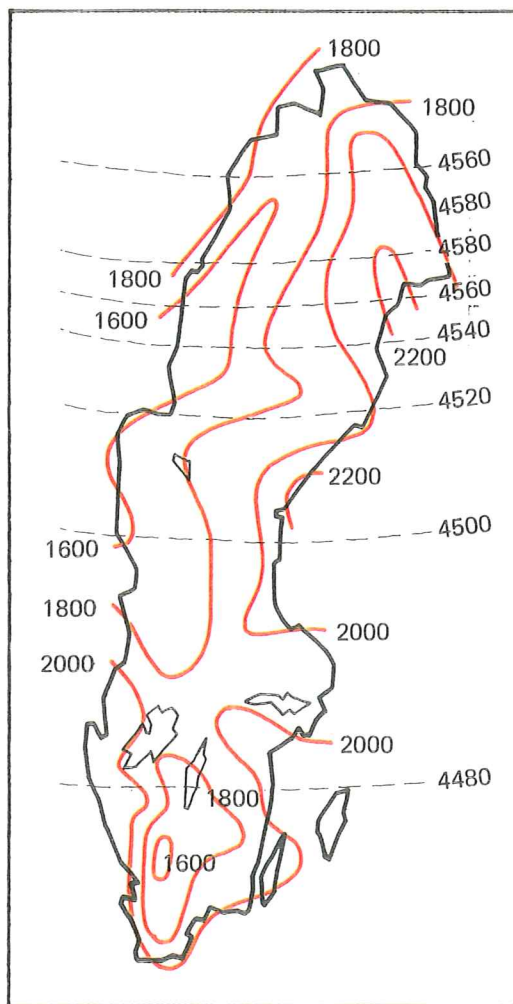
För de 16 orter som markerats i fig. 25 finns en god beskrivning av variationerna i solskensstunden under dygnet och året. Med tanke på bebyggelseplaneringen borde emellertid sådana data finnas för hela landet. Resultaten har därför generaliserats, varvid strävan varit att göra diagram anpassade till var fjärde breddgrad för att kunna användas tillsammans med motsvarande solkarta.

Genom att jämföra solskensfördelningen på de tio stationerna med varandra och med totala antalet solskensstimmar i olika områden (fig. 24) kunde landet delas in i sex schematiserade solskenszoner (fig. 27). Zonindelningen var ganska lätt att göra, eftersom vissa stationer hade förväntansvärt likartad solskensfördelning. Det gällde t.ex. värdena från kuststationer på ungefär samma breddgrad. Kust- och inlandsstationer skilde sig däremot markant. Vissa mindre olikheter mellan bl.a. kuststationer har vi bortsett ifrån.

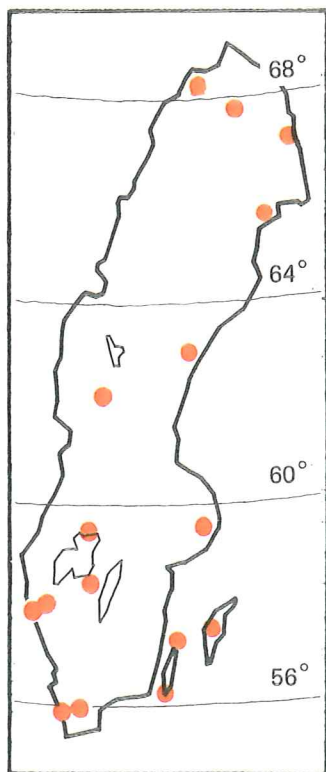
Det gäller t.ex. zon 56<sup>I</sup>, som innefattar både öst- och västkusten. En tendens är att molnigheten är mindre över havet och att eftermiddagarna således är klarare än förmiddagarna på västkusten och tvärtom på östkusten. Skillnaderna i total solskensstimmar mellan de båda kusterna var dock så små att de tillsammans fick bilda en zon.

Varje generalisering utifrån ett så förhållandevis litet antal observationsstationer är grov. Med likheterna stationerna emellan bör dock solskensdiagrammen i fig. 27 ge en tillräckligt god approximering för att de skall kunna utnyttjas dels då man planerar bebyggelse, dels när man uppskattar mängden tillförd solenergi vid olika tillfällen.

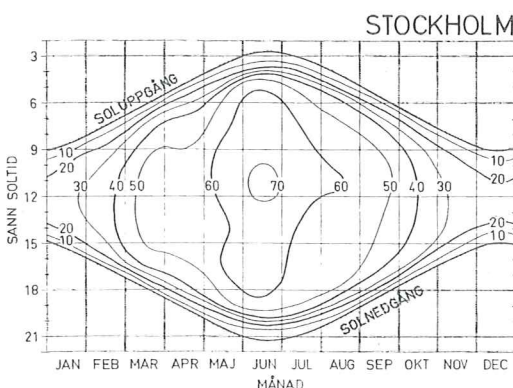
Om man t.ex. placerar en småbarnslekplats i Jönköping så att den kan bli solbelyst mellan kl. 12.00 och 17.00 vid vår- och höstdagjämning, visar diagram 56<sup>II</sup> i fig. 27 att sannolikheten för att den verkligen får sol hela denna tid är liten – under 20 proc., eftersom denna siffra gäller för den sista timmen. Skulle i stället lekplatsen pla-



FIGUR 24 Teoretisk och observerad solskensstimmar i timmar per år i olika delar av Sverige (efter Lindholm och Lundqvist [5]).



FIGUR 25 Meteorologiska observationsstationer från vilka solskensdata är bearbetade.

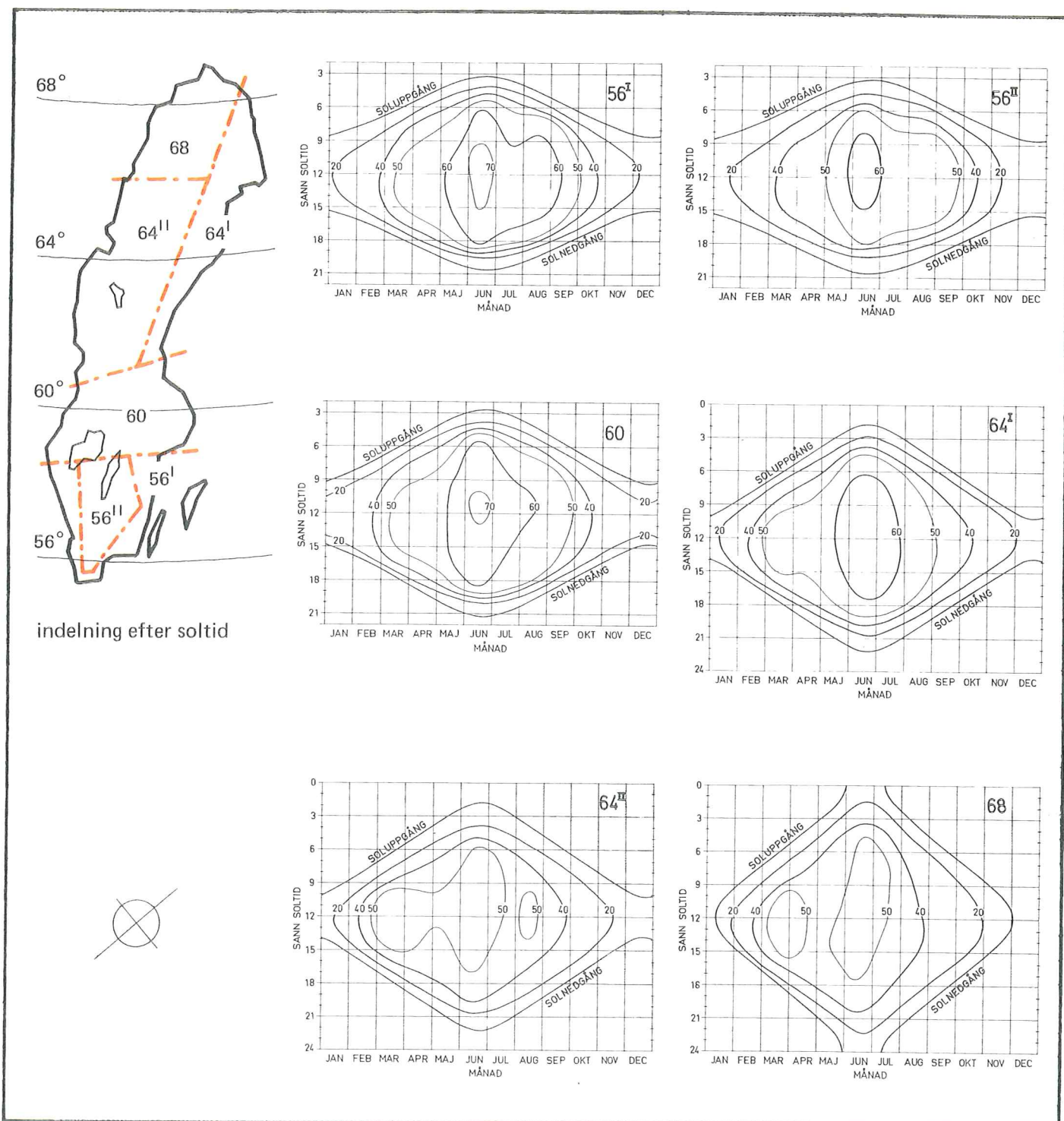


FIGUR 26 Procentuell fördelning av solskensstunden under året i Stockholm.

ceras så att den kan bli solbelyst mellan kl. 10.00 och 15.00, ökar sannolikheten för att den verkligen får fem timmar sol dessa dagar till omkring det dubbla, d.v.s. åtminstone 40 proc.

I ett annat fall kanske man vill uppskatta energiåtgången för t.ex. en projekterad byggnad i Gävle och vill då särskilt veta i vilken mån den direkta solinstrålningen bidrar till uppvärmningen. Med kännedom om fönsteryta och oriente-

ring kan man ur byggforskningsrapport 19/69 /3/ få reda på exakt hur mycket solvärme man får in i byggnaden under varje timme olika dagar av året om solen skiner från en klar himmel. Men detta inträffar ju sällan. Om man däremot multiplicerar värdena för varje timme med motsvarande sannolikheter ur diagram 60 i fig. 27, får man fram den verkliga genomsnittliga instrålningen från klar himmel.



FIGUR 27 Uppskattning av den procentuella fördelningen av solsken i Sverige.



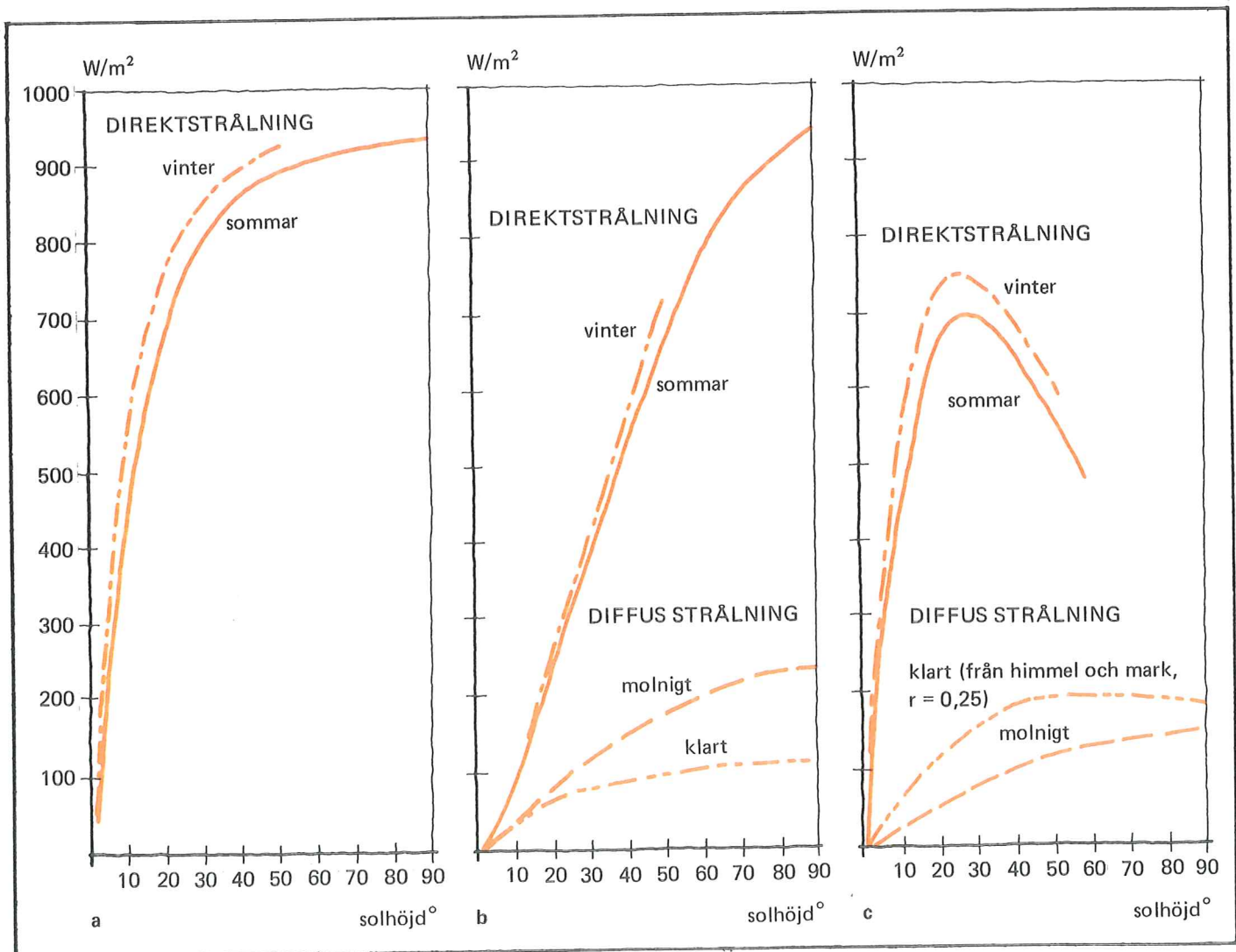
## Solvärme

All strålning som absorberas av en yta blir värme. Den energimängd som tillförs en solbelyst yta består huvudsakligen av direktstrålning från solen. Därtill kommer reflekterad solstrålning från luftens partiklar – himmelsstrålningen – och från marken. Den reflekterade solstrålningen brukar anses diffus, d.v.s. lika spridd i alla riktningar.

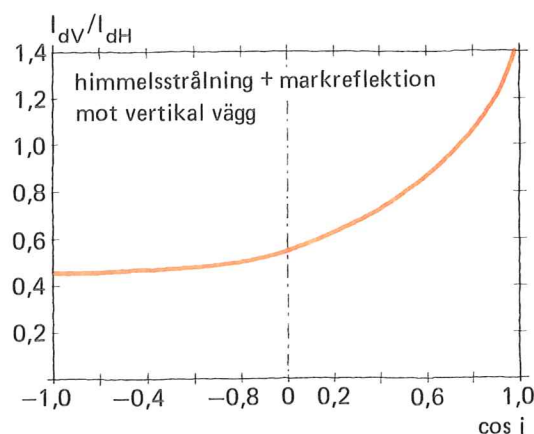
Den sammanlagda solstrålning som kommer »uppifrån» – direktstrålning och himmelsstrålning – kallas *globalstrålning*. Tillsammans med markreflektionen utgör den *totalstrålningen*.

Markreflektionen ( $r$ ) kan variera från ca 10 proc. vid asfalt till ca 85 proc. vid nysnö, jämför

tabell 1, sid. 25. Under vintern kan markreflektionen ge vertikala ytor ett betydande värmeskott. Normalt brukar man räkna med 25 proc. markreflektion, vilket motsvarar en vegetationsklädd yta. Vid mulet väder förekommer bara diffus himmelsstrålning och en obetydlig markreflektion. Fig. 28 visar den direkta solstrålningen vinkelrätt mot strålningsriktningen samt mot horisontella och mot vertikala ytor vid klart och mulet väder. Under vinterhalvåret (okt-april) är instrålningen något större än under sommaren vid samma solhöjd. Den del av solstrålningen som absorberas av atmosfären är då nämligen mindre, bl.a. till följd av lägre absolut luftfuktighet.



FIGUR 28 Direktstrålning vinkelrätt mot strålningsriktningen (a), solinstrålning mot en horisontell yta (b) resp. solinstrålning mot en vertikal yta riktad mot solen (c).



**FIGUR 29** Förhållandet mellan himmelsstrålningen mot en vertikal yta,  $I_{dV}$ , och en horisontell yta,  $I_{dH}$ , vid klart väder som funktion av cosinus för direktstrålningens infallsvinkel  $i$ .

### Strålningskort

Den direkta solstrålningen mot en godtycklig yta kan uttryckas som funktion av solens höjd,  $h$ , och azimut,  $a$ , samt ytans lutning (mot horisontalplanet),  $\alpha$ , och azimut,  $\beta$  /1/.

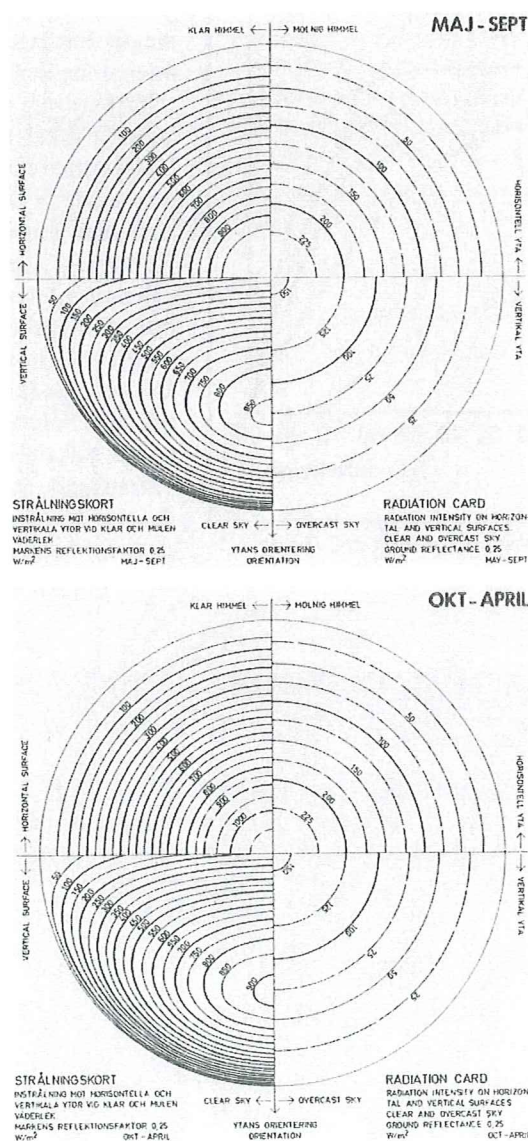
$$I_{DA} = I_{DN} (\sin h \cos \alpha + \cos h \sin \alpha \cos (a - \beta))$$

$I_{DA}$  = direktstrålningen mot ytan A  
 $I_{DN}$  = direktstrålningen vinkelrätt mot strålningens riktningen

Uttrycket inom den större parentesen utgör cosinus för direktstrålningens infallsvinkel mot ytan. Vid beräkning av instrålningen mot horisontella och vertikala ytor blir endera termen noll och direktstrålningen kan uttryckas i ett tvådimensionellt diagram.

Himmelsstrålningen mot en vertikal yta  $I_{dV}$  beror förutom av solhöjden även av ytans orientering. Himmelspartiet kring solen strålar nämligen mer än den övriga himlen en klar dag. Vid samma solhöjd blir himmelsstrålningen mot en vertikal yta således större när direktstrålningens infallsvinkel minskar.  $I_{dV}$  kan därför uttryckas som en funktion av  $I_{dH}$ , d.v.s. höjden, och cosinus för direktstrålningens infallsvinkel,  $i$ , fig. 29

Om reflektionen mot marken betraktas som diffus och man inte räknar med några skuggor, blir markreflektionen mycket lätt att beräkna. Den kommer nämligen att utgöra reflektionsfaktorn gånger den inkommande strålningen. En vertikal yta mottar halva detta värde, eftersom halva himlen är skyddad, d.v.s.



$$I_{mV} = 1/2 r (I_{DH} + I_{dH})$$

där  
 $r$  = markens reflektionsfaktor  
 $I_{DH}$  = direkt solstrålning mot horisontalplanet  
 $I_{dH}$  = himmelsstrålning mot »

Med tanke på att markreflektionen normalt utgör en liten del av totalinstrålningen och att direktstrålningens intensitet vid klart väder kan variera rätt avsevärt /7/, brukar denna förenkling anses godtagbar.

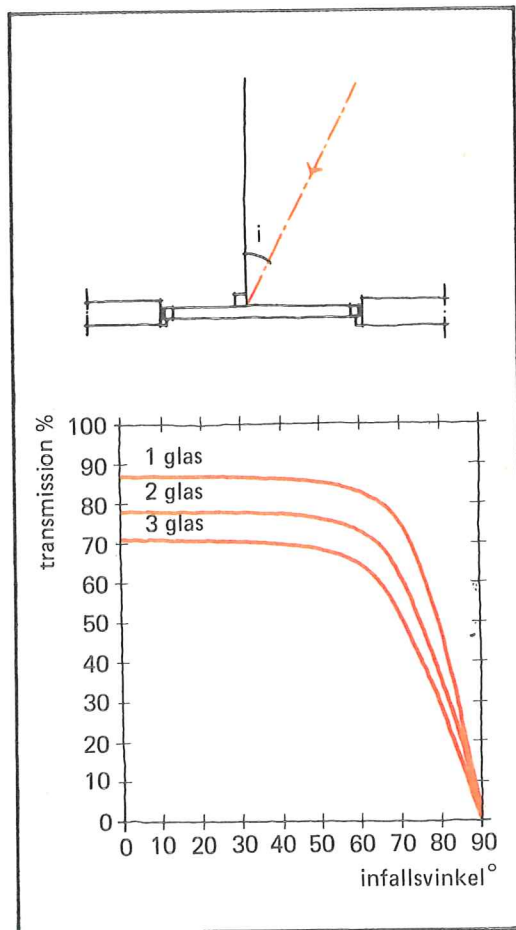
Instrålningen från sol, himmel och mark vid klart väder mot horisontella och vertikala ytor är därmed känd. När de tre komponenterna adderas erhålls totalinstrålningen som funktion av solhöjden och orienteringen i fallet vertikala ytor. När detta framställs grafiskt i solkartans form erhålls vänstra halvorna av de s.k. strålningskortet i fig. 30. (Bilaga 8.) Högra delen av korten visar strålningen vid genomsnittlig molnighet och har erhållits ur fig. 28. I transparen

**FIGUR 30** Strålningskort för beräkning av solinstrålningen mot vertikala och horisontella ytor vid klart och vid mulet väder.

utförande visar ett strålningskort lagt ovanpå en solkarta direkt totalinstrålningen mot horisontella eller vertikala ytor vid olika tider på året. Vid vertikal yta och klart väder måste kortet

orienteras så att den radiella pilen får samma orientering som väggen. Hur korten används framgår av exemplen nedan.

För att kunna dimensionera t.ex. en solavskärmning eller beräkna värme- och kylbehov för ett rum behöver man veta hur mycket av solstrålningen som passerar in genom fönstren. Fönsterglasen reflekterar och absorberar nämligen en del solstrålning. G. Pleijel har beräknat den totala strålningstransmissionen genom ett, två och tre vanliga fönsterglas som funktion av solstrålningens infallsvinkel (fig. 31) /8/. Figuren visar att varje glas minskar instrålningen genom fönstret med omkring 10 proc. Transmissionen minskar kraftigt när infallsvinkeln börjar bli större än 60°.

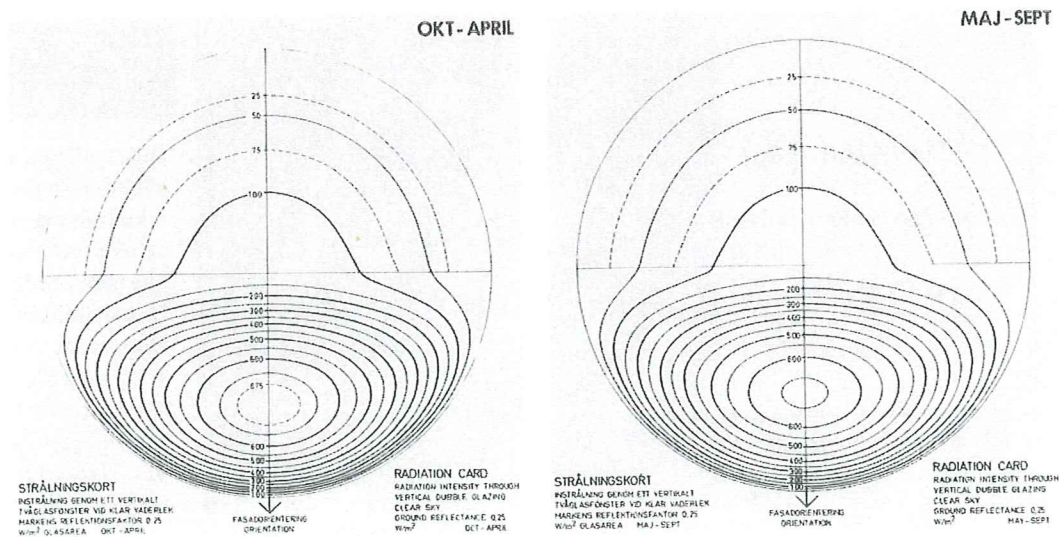


FIGUR 31 Solinstrålning genom ett, två och tre fönsterglas (efter Pleijel).

Om solstrålningens intensitet, infallsvinkel och transmission är kända, kan man göra upp ett strålningskort över instrålningen genom ett tvåglasfönster (fig. 32, bilaga 9-10). Med strålningskortet lagt ovanpå solkartan i fönstrets orientering kan således den värmemängd som tillförs ett rum från solen en klar dag direkt avläsas för vilken tidpunkt som helst under året. Motsvarande diagram i annan form finns tidigare utarbetade av G. Brown /7/. I tabellform finns strålningsvärden på samma beräkningsgrund men för var 15:e dag i /3/.

Genom att jämföra instrålning genom fönster och utetemperaturer har man kunnat bestämma ungefär hur stor del av året som solavskärmning kan behövas för arbetsrum utan kylt tilluft (jfr. /9/). Solavskärmningsperioderna har markerats på solkartorna i bilagorna 11-14.

Strålningskortet är uträknade för en markreflektion på 25 proc., som normalt tas som riktvärde för barmark med vegetation. Omges fasaden av ovanligt ljusa ytor eller nysnö, ökar mark-



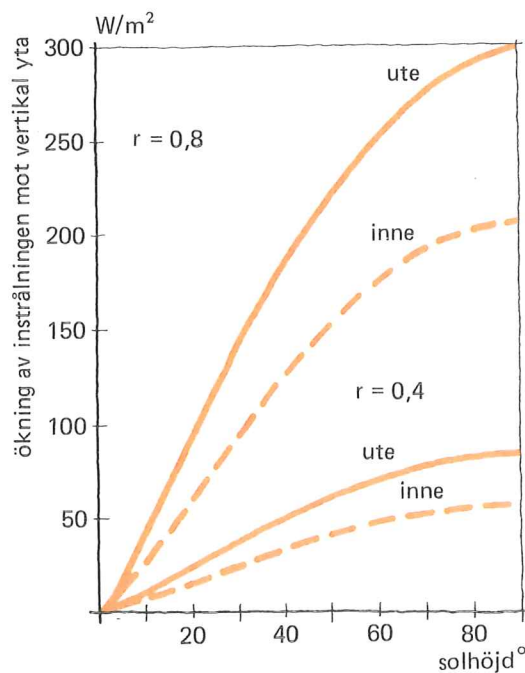
FIGUR 32 Instrålning genom ett vertikalt tvåglasfönster vid klart väder.

reflektionen och därmed totalinstrålningen. Fig. 33 visar hur mycket värdena från strålningskorten skall ökas vid större markreflektion. Fönsterglasen släpper igenom endast ca 70 proc. av den diffusa markreflektionen, varför ökningen inomhus blir mindre (streckade linjer).

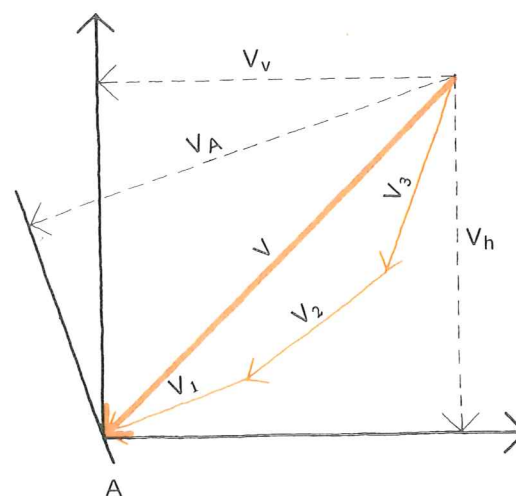
När instrålningen mot lutande ytor, t.ex. ett tak eller takfönster beräknas, måste flera diagram av den typ som visas i fig. 33 användas, vilket blir arbetsamt. En sådan metod, utarbetad av G. Pleijel, finns redovisad i handboken BYGG, kap. 841 del V /1/. En grafisk metod, som är överskådligare, håller på att tas fram inom institutet. Den går ut på att instrålningen under klara dagar presenteras timvis i vektorform. Vektorerna i en viss vertikalprojektion kan sedan adderas och ge en resultant per dag, månad och år. Därmed kan direktinstrålningen mot alla ytor vinkelrätt mot det valda snittet avläsas (fig. 34).

**TABELL 1** Ungefärliga reflektionsfaktorer för solstrålning hos några ytor.

Yta	Reflektionsfaktor (albedo)
Nysnö	0,85
Vit puts, vit målning	0,7
Äldre snö	0,6
Ljust tegel	0,5
Betong, asbest, mörkare tegel, ljus torr sand, viss vegetation	0,3
Gräs, lövskog, ljus lera	0,25
Sand, makadam, ljus sten, vatten (sommar)	0,2
Oljegrus, barrskog, mörka färger	0,15
Asfalt, våt jord, svart färg, vatten (vinter)	0,1



**FIGUR 33** De värden som markreflektionen mot en vertikal yta och genom ett fönster skall ökas med vid nysnö ( $r = 0,8$ ) och ljus markyta ( $r = 0,4$ ). Normalt värde för markreflektionen brukar anges till 0,25 (vegetation, sand mm).



$V_v$  = resultanten mot en vertikal yta

$V_h$  = resultanten mot en horisontell yta

$V_A$  = resultanten mot ytan A

**FIGUR 34** Grafisk metod för att bestämma instrålningen mot vertikala ytor.

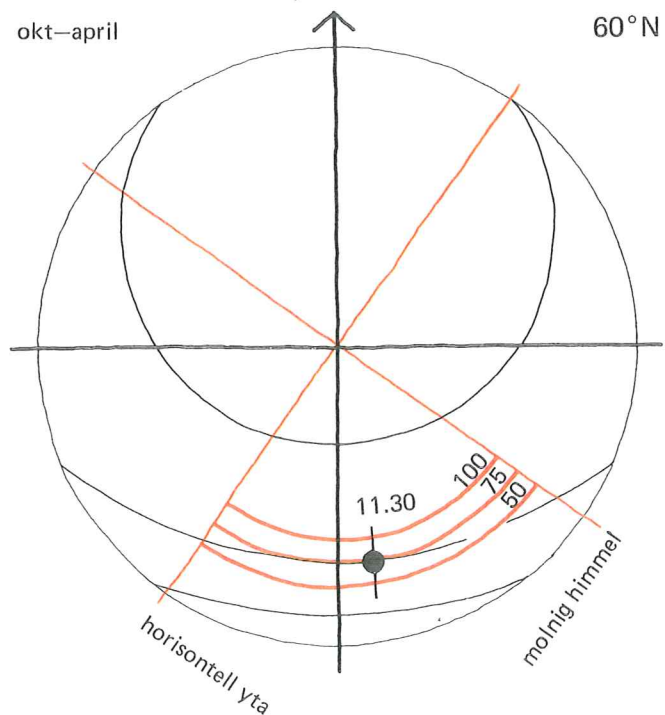
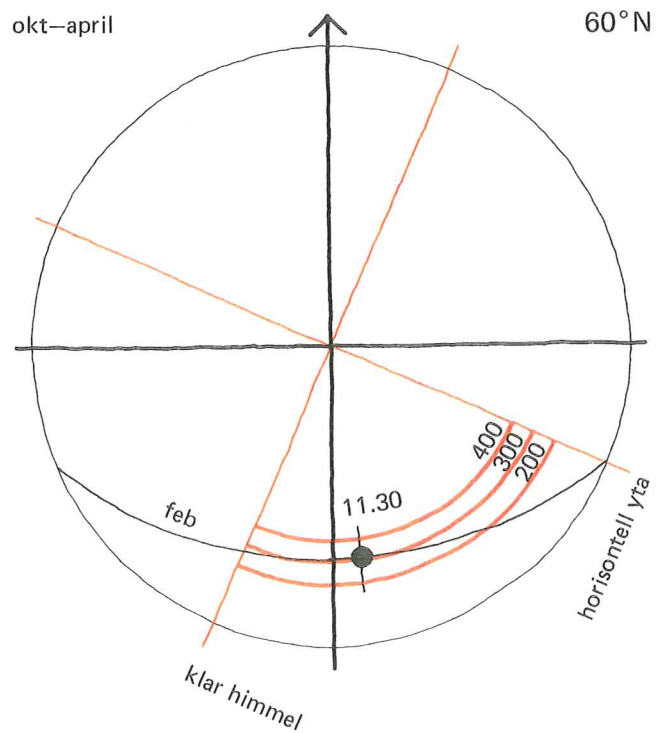
### Exempel 7

#### Användning av solkarta och strålningskort I

Bestäm strålningen mot en horisontell yta kl. 11.30 vid klar och vid mulen väderlek den 21.2 i Stockholm ( $60^\circ N$ ).

Över solkartan för  $60^\circ N$  läggs kvadranten för klar respektive molnig himmel och horisontell yta av strålningskortet för strål-

ning mot horisontella och vertikala ytor i oktober–april. Inom denna kvadrant spelar orienteringen av kortet ingen roll, eftersom ytan är horisontell. Punkten kl. 11.30 i februari på solkartan markeras och instrålningen kan avläsas till  $300 \text{ W/m}^2$  vid klar himmel och till  $75 \text{ W/m}^2$  vid molnig himmel.



### Exempel 8

#### Användning av solkarta och strålningskort II

Bestäm hur mycket solvärme en vertikal betongyta mot SSV med  $30 \text{ m}^2$  area mottar en solig dag i mitten av maj. Marken framför är gräsbevuxen ( $r = 0,25$ ). För betong är  $r = 0,3$ , vilket innebär att absorptionsfaktorn är  $0,7$ . Ort: Stockholm ( $60^\circ \text{N}$ ).

Strålningskortets kvadrant för instrålning mot vertikala ytor vid klart väder under perioden maj–september läggs över solkarta för  $60^\circ \text{N}$  och orienteras mot SSV. På solkarta har månadskurvan för mitten av maj ritats ut (ligger något under majkurvan, som gäller för den 21.5). Strålningskortet täcker bara halva den tiden ligger i sol. Sedan får man spegelvända den i samma orientering. I fig. har båda halvorna ritats ut samtidigt. Markeras de hela timslagen kan de strålningsvärden avläsas som anges under fig.

Summan för den solbelysta tiden:  
 $5\,720 \text{ Wh/m}^2$

Skall man vara noggrann beräknar man också strålningen för den tid under dagen då väggen legat i skugga. Värdena för instrålning mot en skuggad yta framgår inte

av detta strålningskort, men vi kan beräkna dem med hjälp av fig. 28b och 29.

Solhöjderna för de aktuella tidpunkterna markeras i fig. och himmelsstrålningen mot en horisontell yta blir:

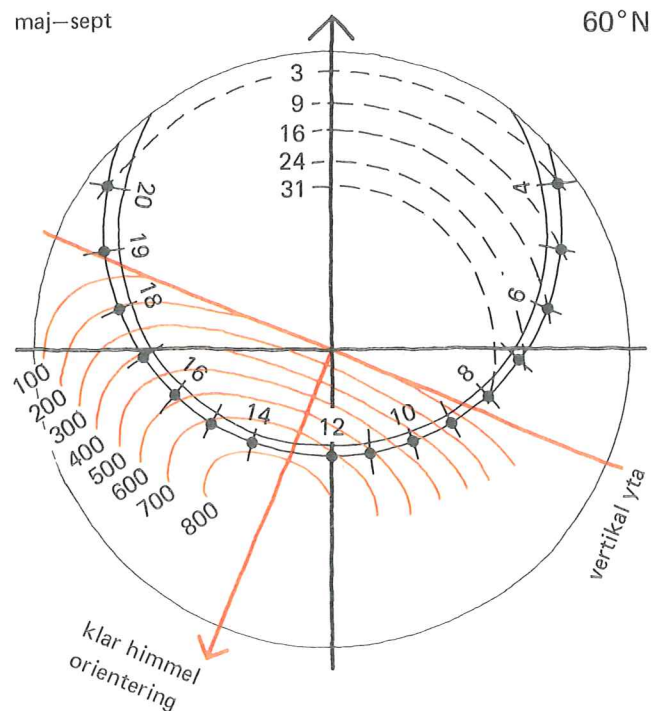
kl.	4	5	6	7	8	20
-----	---	---	---	---	---	----

h	3	9	16	24	31	3
---	---	---	----	----	----	---

$\text{W/m}^2$	10	35	60	80	85	10
----------------	----	----	----	----	----	----

Summa värmestrålning mot en horisontell yta för den skuggade tiden =  $280 \text{ Wh/m}^2$ . Enligt fig. 29 är himmelsstrålningen mot en skuggad vertikal yta ungefär hälften av vad den är mot horisontalplanet. Därtill kommer 25 proc. markreflektion, d.v.s.  $140 + 0,25 \times 140 = 175 \text{ Wh/m}^2$ .

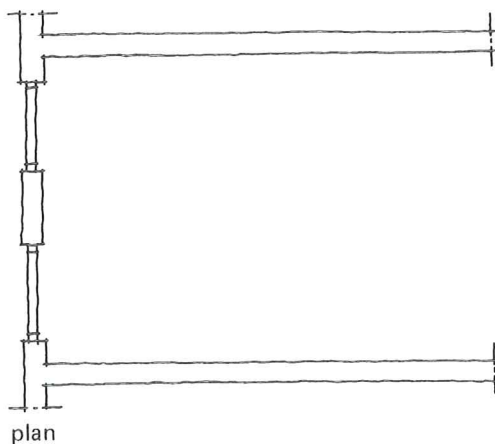
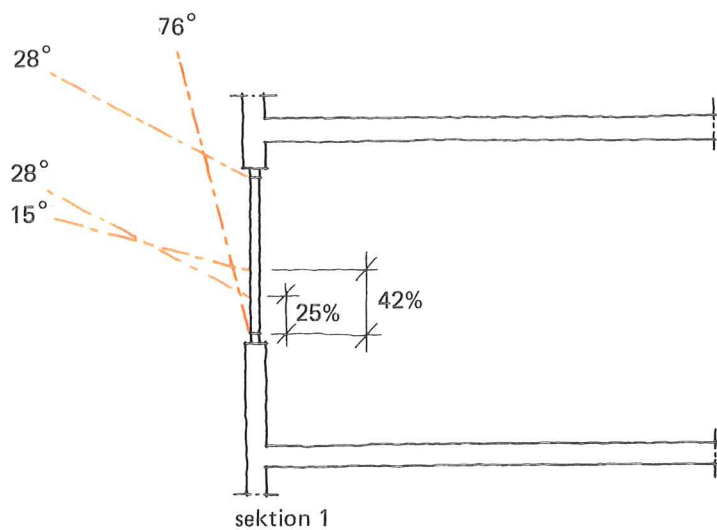
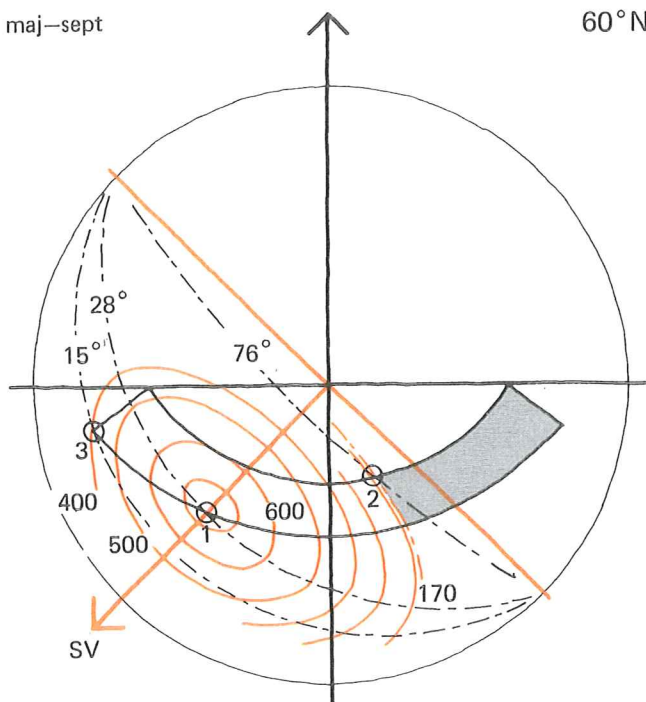
Dygnssumman för instrålningen mot betongväggen blir således  $\sim 5\,900 \text{ Wh/m}^2$ . Därav absorberar betongytan 70 proc., d.v.s.  $0,7 \times 5\,900 = 4\,130 \text{ Wh/m}^2$ . För hela ytan blir det  $30 \times 4\,130 = 123\,900 \text{ Wh}$ , eller  $\sim 124 \text{ kWh}$ . En del av denna värme avges efter hand till omgivningen och en del transporteras in i väggen. Proportionerna beror av uteklimatet och värmeståndet i väggen.



kl.	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$\text{W/m}^2$	290	490	620	730	810	800	720	600	400	210	50

maj–sept

60° N



### Exempel 9

#### Användning av solkarta och strålningskort III

Bestäm vilken solavskärmning som behövs för ett 10 m<sup>2</sup> kontorsrum mot SV i Stockholm: Rummet har två fönster med en glasarea av vardera (B x H) 0,7 m x 1,5 m. Möjlighet till kyld tilluft saknas.

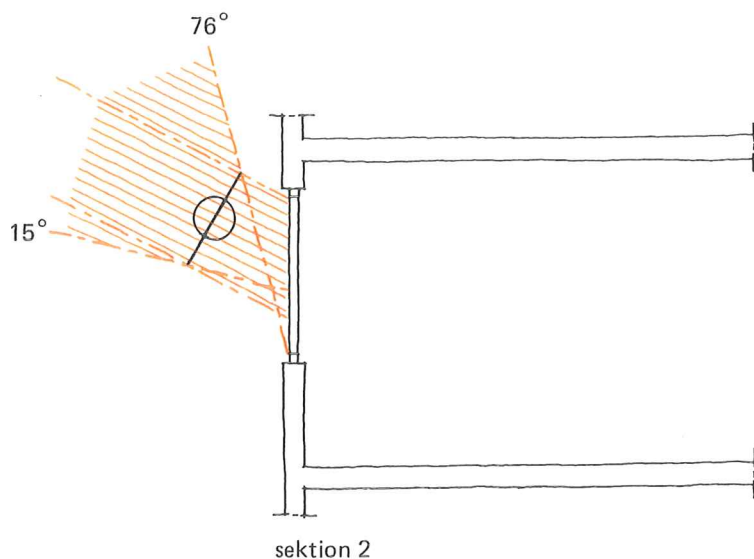
Enligt KBS:s rapport »Solavskärmning», bör mängden värme till följd av solinstrålningen i normala kontorsrum (avser värmelagringsförmågan) inte överskrida 35–40 W/m<sup>2</sup> golvarea, om innetemperaturen skall kunna hållas på acceptabel nivå under sommarhalvåret. För att vara på säkra sidan kan man välja den undre gränsen, 35 W/m<sup>2</sup> golvarea. Den maximala tillåtna instrålningen blir då 35 x 10 = 350 W.

Till exemplet används den solkarta för 60° N där avskärmningsperioden, kl 7.00–17.00 från 1 april till 1 oktober, ritats in (bilaga 12).

Strålningskortet för instrålning genom fönster lagt ovanpå solkartan visar att den maximala instrålningen är ca 660 W/m<sup>2</sup> fönsterarea, se fig. Total glasarea är 0,7 x 1,5 x 2 = 2,1 m<sup>2</sup>. Den avskärmning som erfordras vid maximal instrålning är således 350 : (660 x 2,1) = 0,25 eller 25 proc. En tabell över olika solskydds avskärmningsfaktorer visar att endast yttre solavskärmning kan komma i fråga här. Bland rörliga yttre solskärmar har man då i första hand att välja mellan markis och utvändig persienn.

Om man t.ex. vill minska driftkostnaderna för avskärmningen, kan man välja en fast yttre solavskärmning. Den kan dimensioneras med hjälp av solkarta, strålningskort och skuggmall. Diagrammen visar att den maximala instrålningen under avskärmningsperioden inträffar vid solhöjden 28°, punkt 1 i diagrammet. I sektionen avsätts linjer med 28° lutning dels från fönstrets överkant, dels från en punkt som representerar 25 proc. av fönstret. Den solbelysta delen kan i princip avsättas var som helst på fönstret, men vanligtvis lägger man den i underkanten som visas i sektion 1. Den del av fönstret som ligger mellan linjerna måste skuggas vid solhöjden 28°.

Men instrålningen kan bli för stor även vid andra tillfällen. Om värmestrålningen underskrider 350 : 2,1 ≈ 170 W, kan emel-



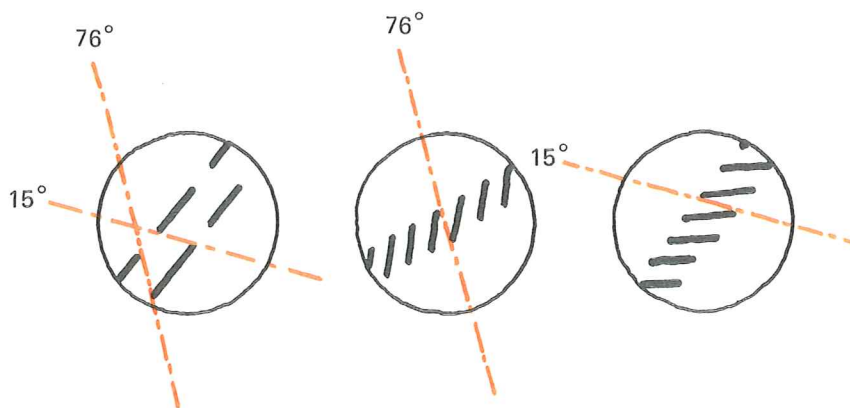
lertid hela fönstret vara solbelyst, vilket markerats i solkartan. Den största infallsvinkel vid vilken fönstret kan vara helt oskärmat hittar man då i punkt 2, som motsvarar en vertikal skärmvinkel på 76°. En linje med 76° lutning avsätts därför från fönstrets underkant i sektionen.

Det högsta instrålningsvärdet med lägsta infallsvinkeln återfinns i punkt 3 i solkartan. Instrålningen är där 400 W/m<sup>2</sup> och solhöjden 15°. Vid detta tillfälle måste minst x proc. av fönstren skärmas och man får ekvationen

$$x \cdot 2,1 \cdot 400 \leq 350, \text{ d.v.s. } x \approx 0,42 \text{ eller } 42 \text{ proc.}$$

Från en punkt som motsvarar 42 proc. av fönstret avsätts en linje med 15° lutning i sektionen.

En fast solskärm som fyller kravet på att aldrig släppa in mer än 350 W solvärme i rummet mellan 1 april och 1 oktober skall alltså täcka området mellan de yttersta begränsningslinjerna i sektion 1 d.v.s. det streckade området i sektion 2. En horisontell skärm klarar inte den uppgiften utan att vara mycket stor. En vertikal skärm kan användas, men den skärm som skymmer utsikten minst och samtidigt har den minsta storleken lutar in mot fasaden och är placerad vid de streckade linjerna. Skärmen kan vara tät eller bestå av ljusa lameller för att reflektera in dagsljus. Väljer man att göra den av lameller, måste dessa emellertid placeras inbördes så att solen inte kan lysa igenom skyddet vid solhöjder mellan 15° och 76°.





## Litteratur

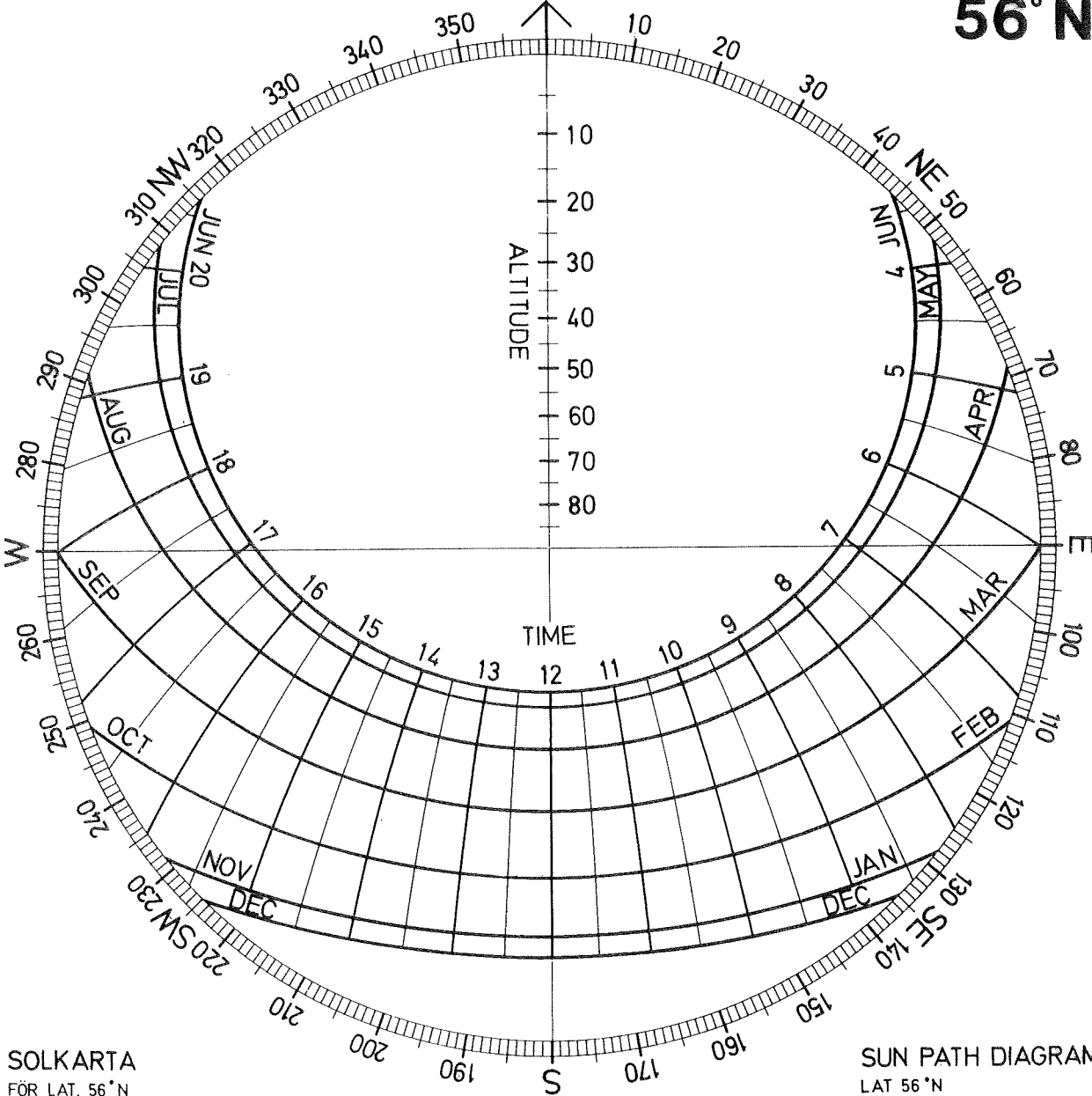
- /1/ BYGG V kap. 841 och BYGG 1A kap. 143:3.
- /2/ Brown, G. och Tuominin, T.: *Solar position at various hours, dates and latitudes*. Rapport 75, 1962 från Bygghforskningen.
- /3/ Brown, G. och Isfält, E.: *Instrålning från sol och himmel i Sverige under klara dagar*. Rapport 19, 1969 från Bygghforskningen.
- /4/ Pleijel, G.: *The computation of natural radiation in architecture and town planning*. Meddelande 25 från Statens nämnd för bygghnadsforskning. Stockholm 1954.
- /5/ *Atlas över Sverige*. Generalstabens litografiska anstalt. Stockholm 1953–71.
- /6/ Schlyter, T.: *Studie av vistelseytor i vissa av 1969 års stadsplaner*. Projekt Urbana friytor, Statens institut för bygghnadsforskning.
- /7/ Brown, G.: *Solvärme genom fönster och solskydd*. Rapport 11, 1966 från Bygghforskningen.
- /8/ Pleijel, G.: *Solinstrålning genom fönster i norra, mellersta och södra Sverige*. Rapport 94, 1963 från Bygghforskningen.
- /9/ *Solavskärmning*. Rapport 111 från Bygghnadsstyrelsen. Stockholm 1974.

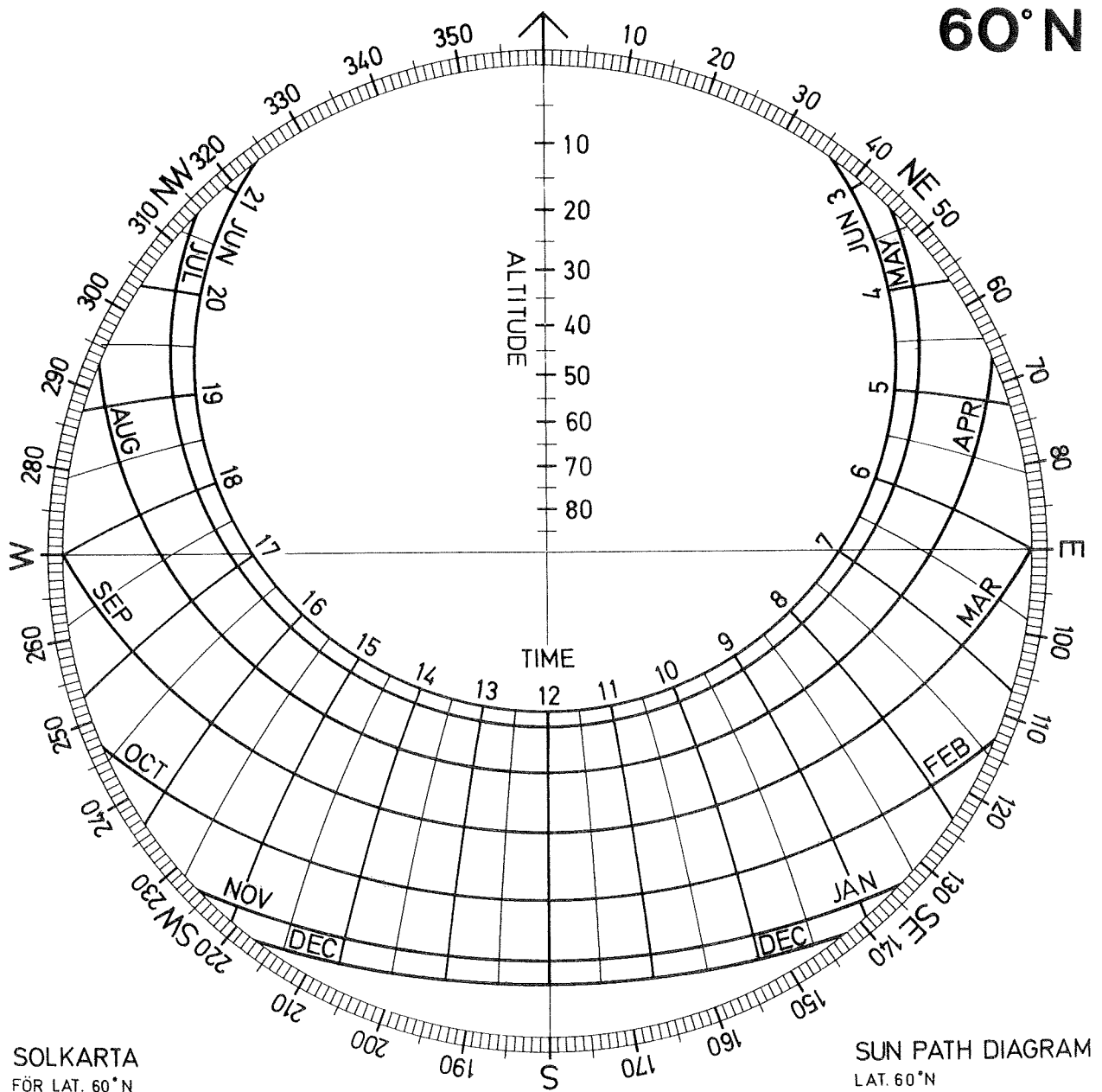
## Sakregister

azimut . . . . .	6	solavskärmning . . . . .	24
deklination . . . . .	6	solbenediagram . . . . .	6
direktstrålning . . . . .	22	solbelysningstid . . . . .	6
diffus strålning . . . . .	22	solens läge . . . . .	6
fullskalestudier . . . . .	19	solhöjd . . . . .	6
globalstrålning . . . . .	22	solkarta . . . . .	7
globoskop . . . . .	19	solskensdiagram . . . . .	20
himmelsstrålning . . . . .	22	solskenskurvor . . . . .	14
instrålad solenergi . . . . .	20	solskenstid	
lamellskydd . . . . .	29	teoretisk . . . . .	9, 20
latitud . . . . .	6	verklig . . . . .	20
longitud . . . . .	7	solskenszoner . . . . .	20
longitudavvikelse . . . . .	8	solskydd, solskärm . . . . .	28
markreflektion . . . . .	22	soltid . . . . .	7
modellstudier . . . . .	18	solur . . . . .	18
normaltid . . . . .	7	solvärme . . . . .	22
Pleijels solur . . . . .	18	stereografisk projektion . . . . .	7
reflekterad strålning . . . . .	22	strålningskort . . . . .	23
reflektionsfaktor . . . . .	23	strålningstransmission . . . . .	24
skugglängdsdiagram . . . . .	7	tidsavvikelse . . . . .	7
skuggmall . . . . .	9	timvinkel . . . . .	6
skärmfigur . . . . .	9	totalstrålning . . . . .	22
skärmvinkel . . . . .	28	vektormetoden . . . . .	25

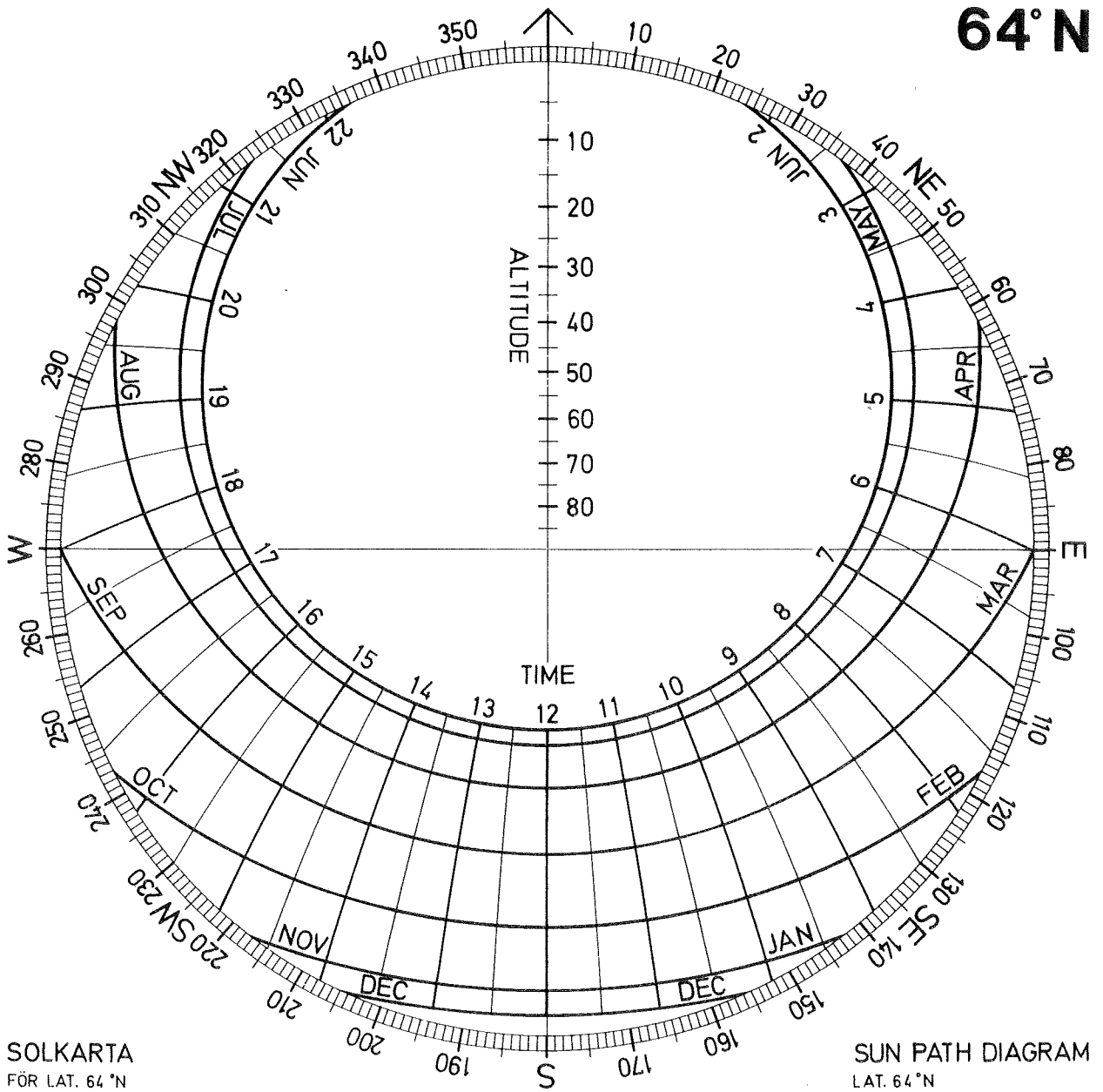


56° N





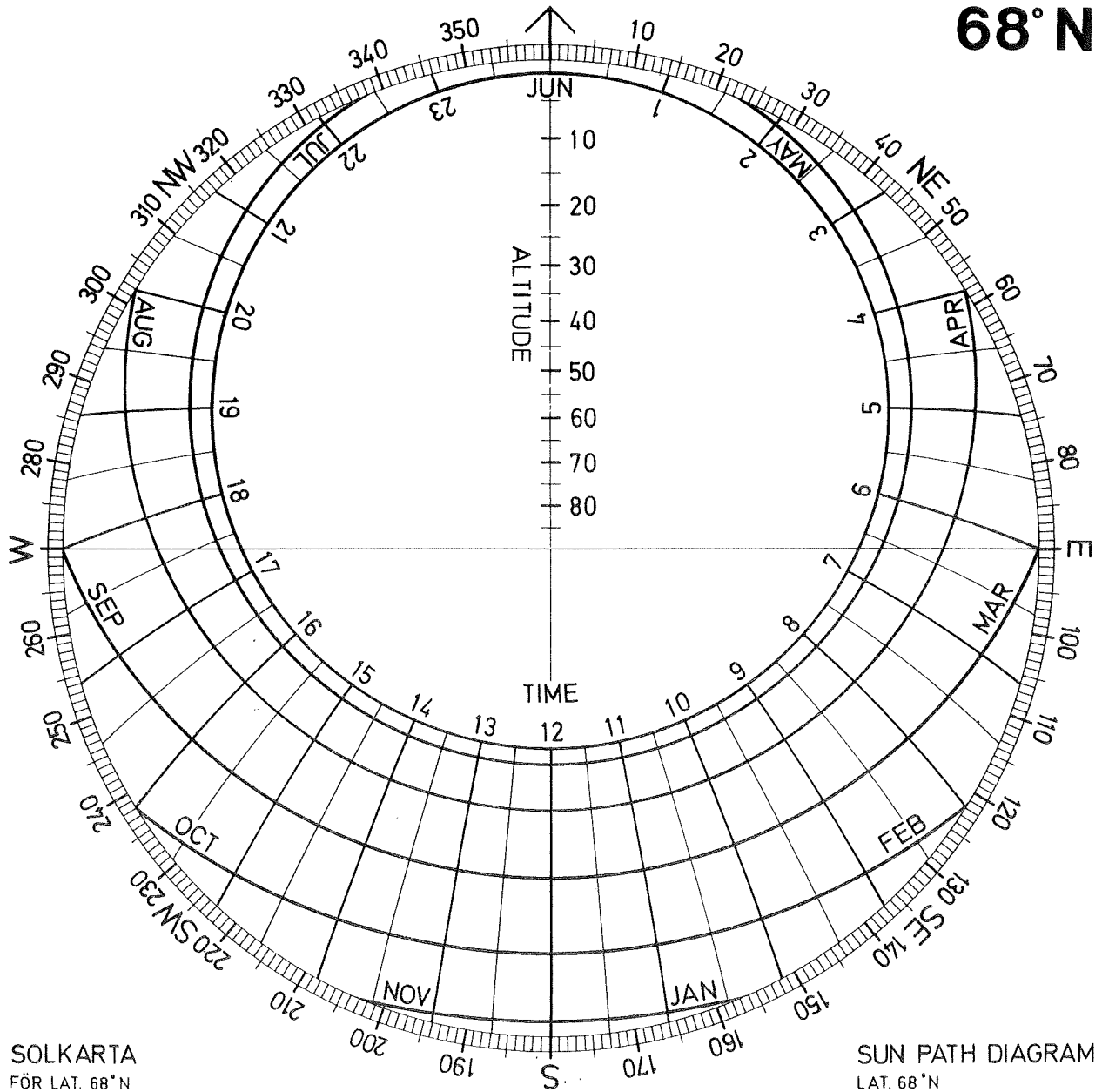
64° N

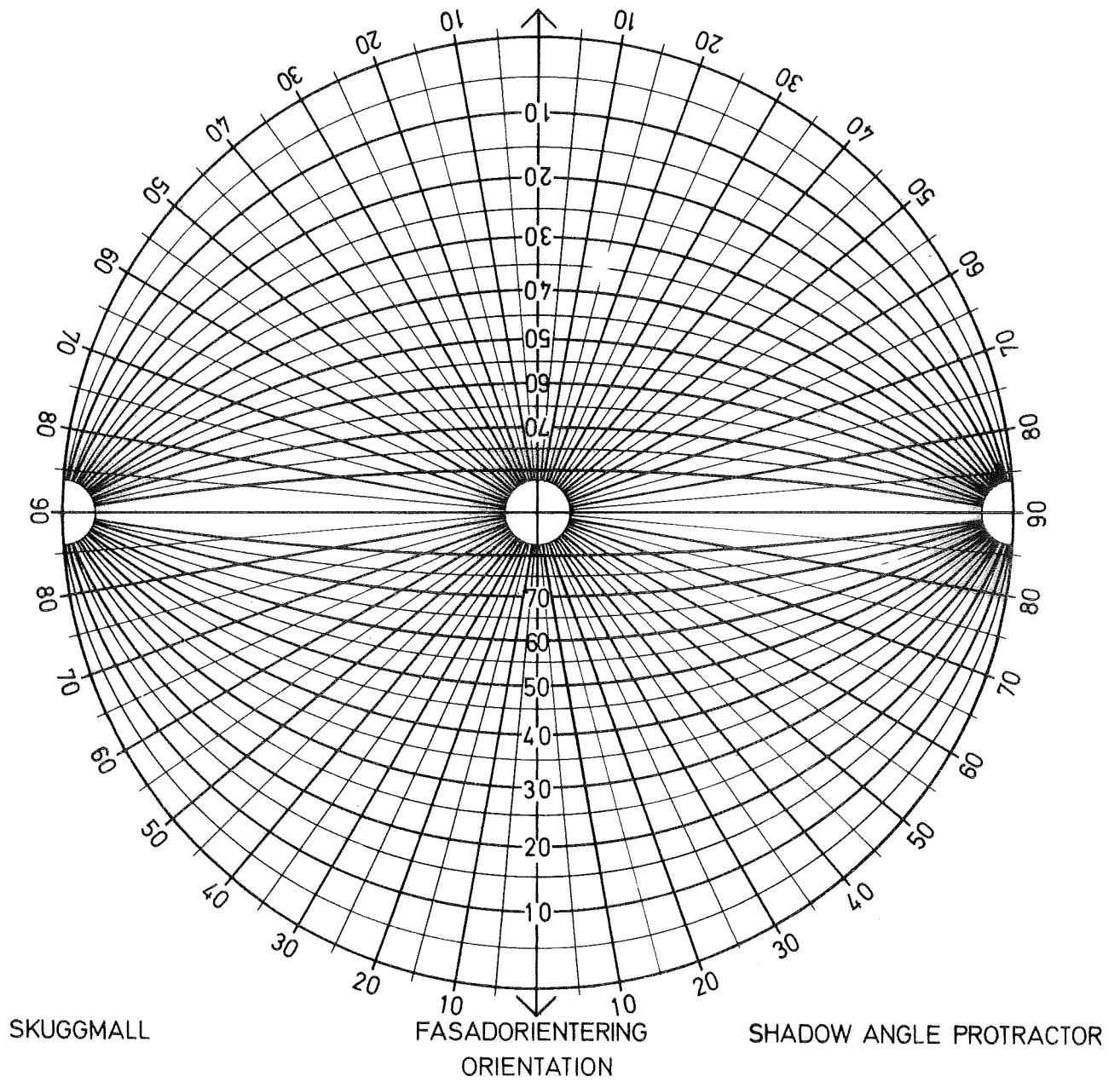


SOLKARTA  
FÖR LAT. 64° N

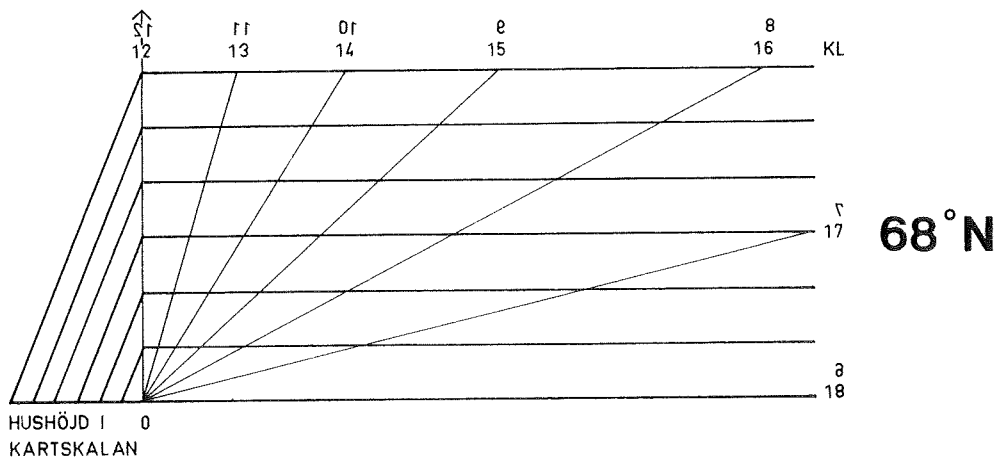
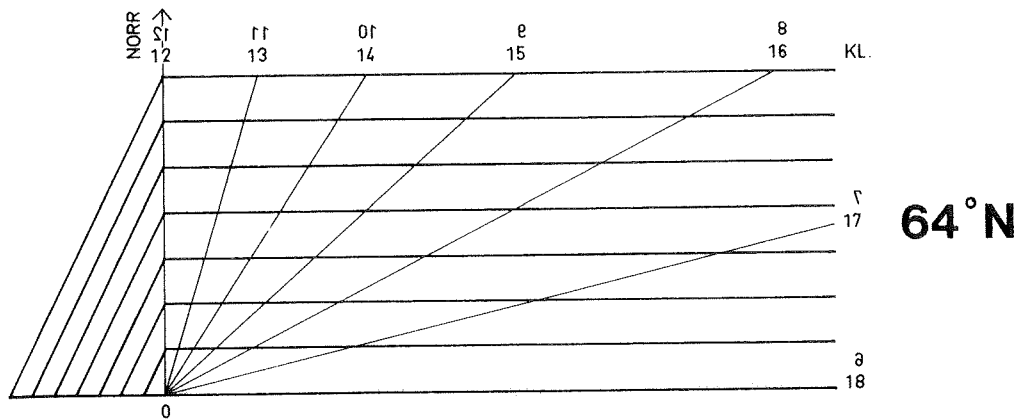
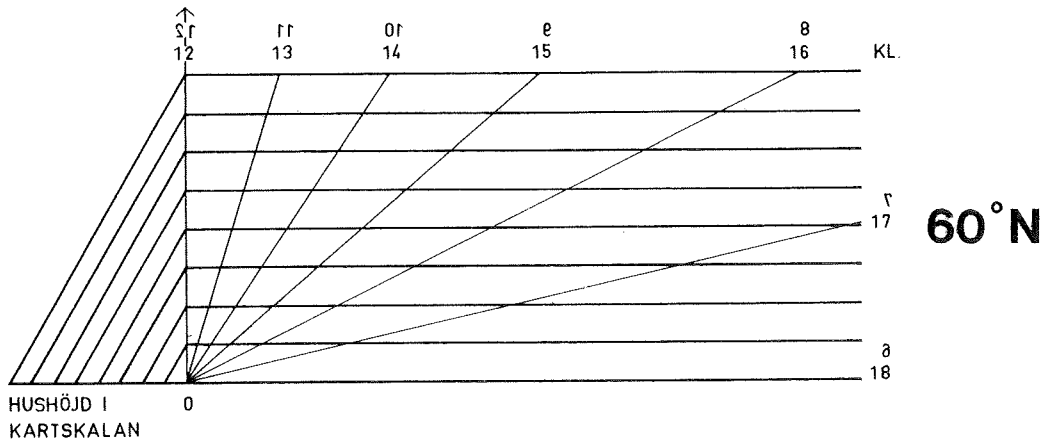
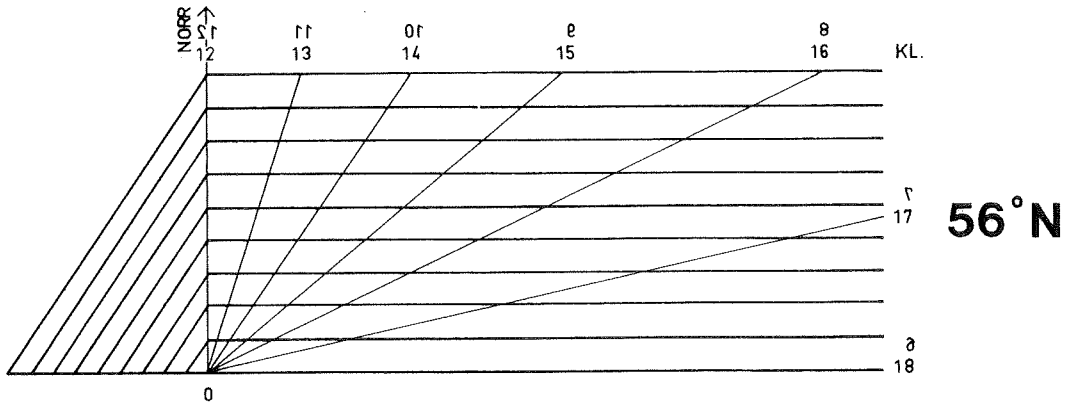
SUN PATH DIAGRAM  
LAT. 64° N

68° N



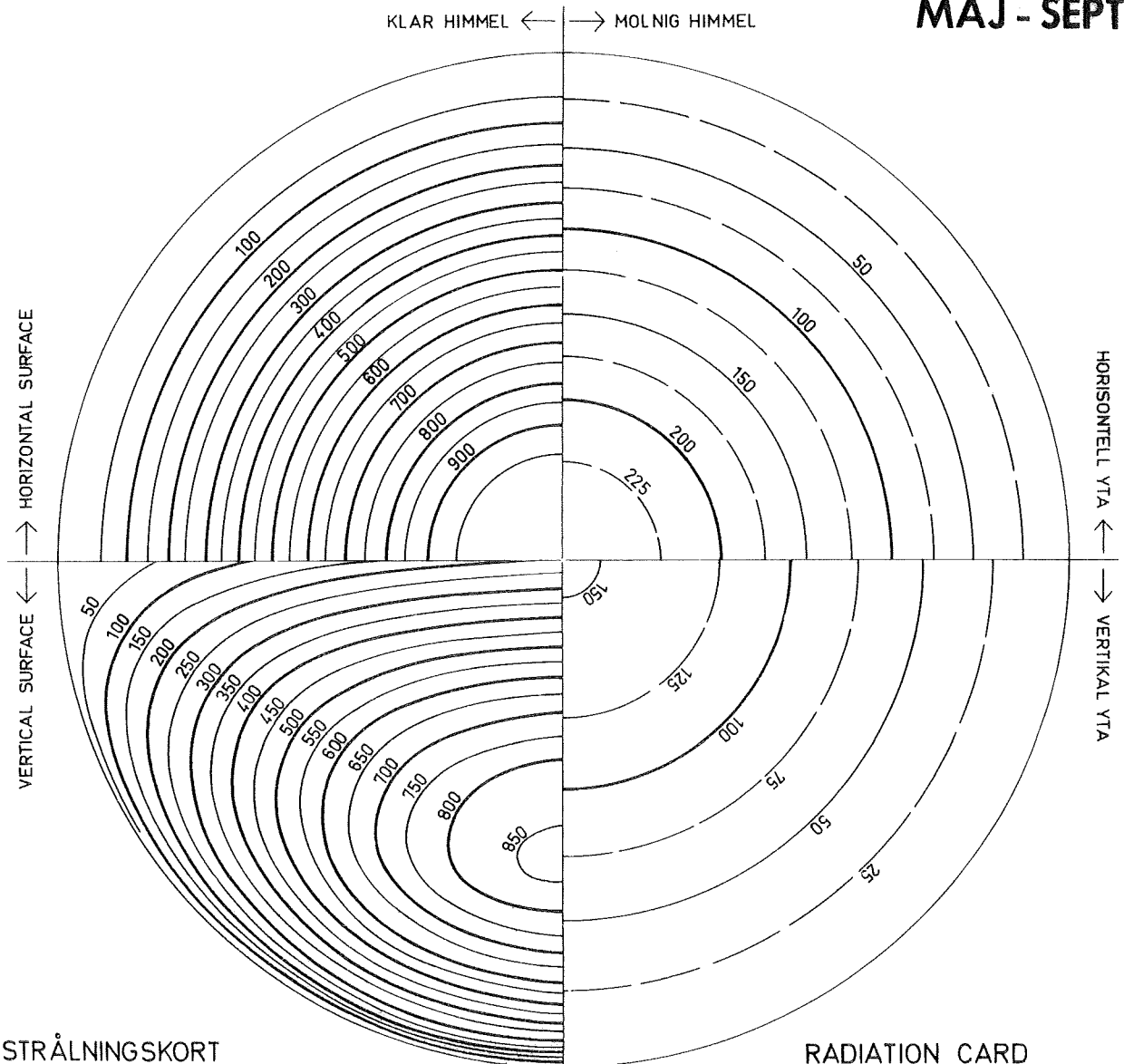






SKUGGLÄNGSDIAGRAM FÖR VÅR- OCH HÖSTDAGJÄMNING

# MAJ - SEPT

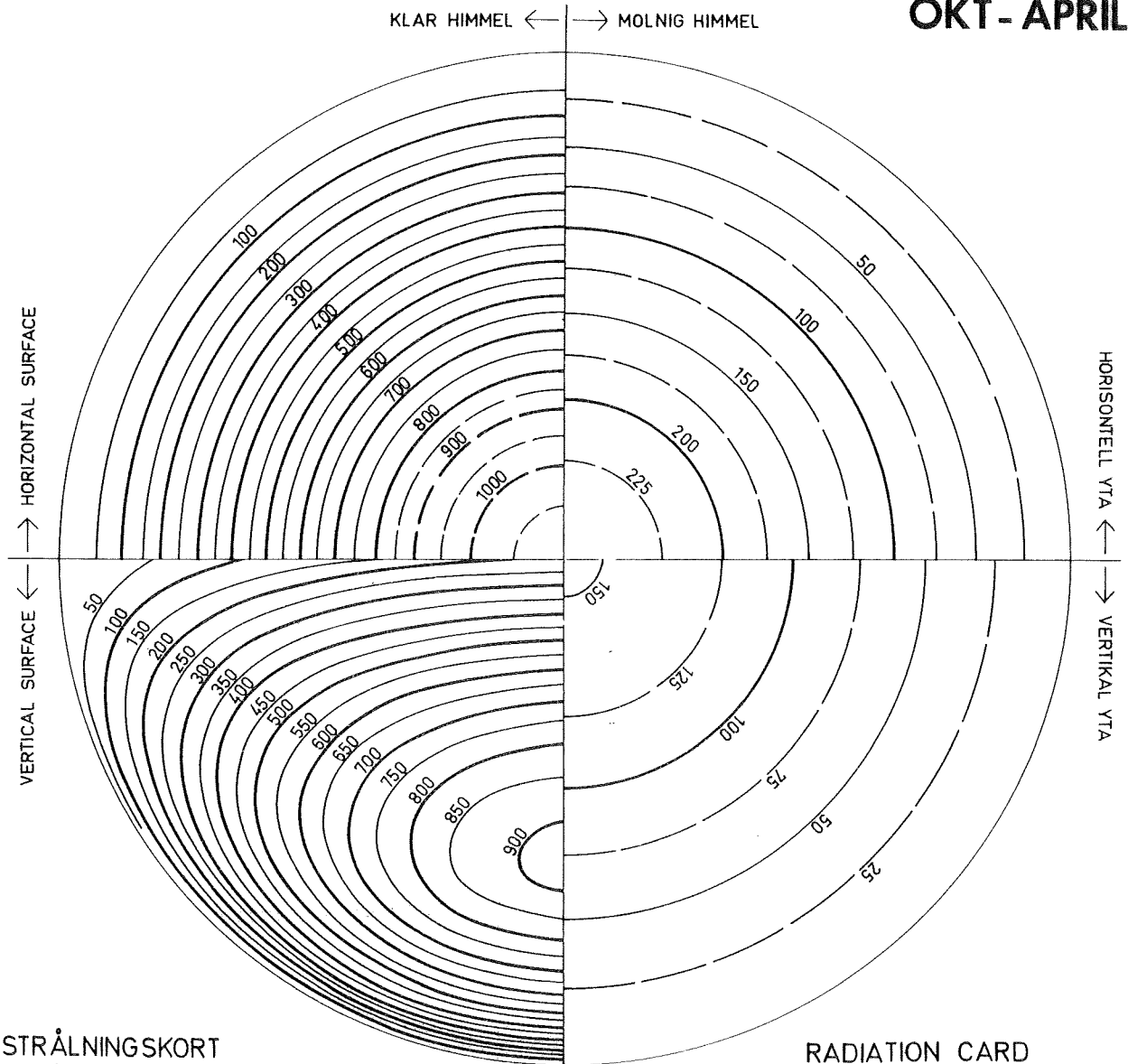


**STRÅLNINGSKORT**  
 INSTRÅLNING MOT HORIZONTALA OCH  
 VERTIKALA YTOR VID KLAR OCH MULEN  
 VÄDERLEK  
 MARKENS REFLEKTIONSFAKTOR 0,25  
 W/m<sup>2</sup> MAJ - SEPT

**RADIATION CARD**  
 RADIATION INTENSITY ON HORIZON-  
 TAL AND VERTICAL SURFACES.  
 CLEAR AND OVERCAST SKY.  
 GROUND REFLECTANCE 0,25  
 W/m<sup>2</sup> MAY - SEPT

CLEAR SKY ← → OVERCAST SKY  
 YTANS ORIENTERING  
 ORIENTATION

**OKT - APRIL**



**STRÅLNINGSKORT**

INSTRÅLNING MOT HORIZONTELLA OCH VERTIKALA YTOR VID KLAR OCH MÖLEN VÄDERLEK.

MARKENS REFLEKTIONSFAKTOR 0,25  
W/m<sup>2</sup> OKT - APRIL

CLEAR SKY ← → OVERCAST SKY

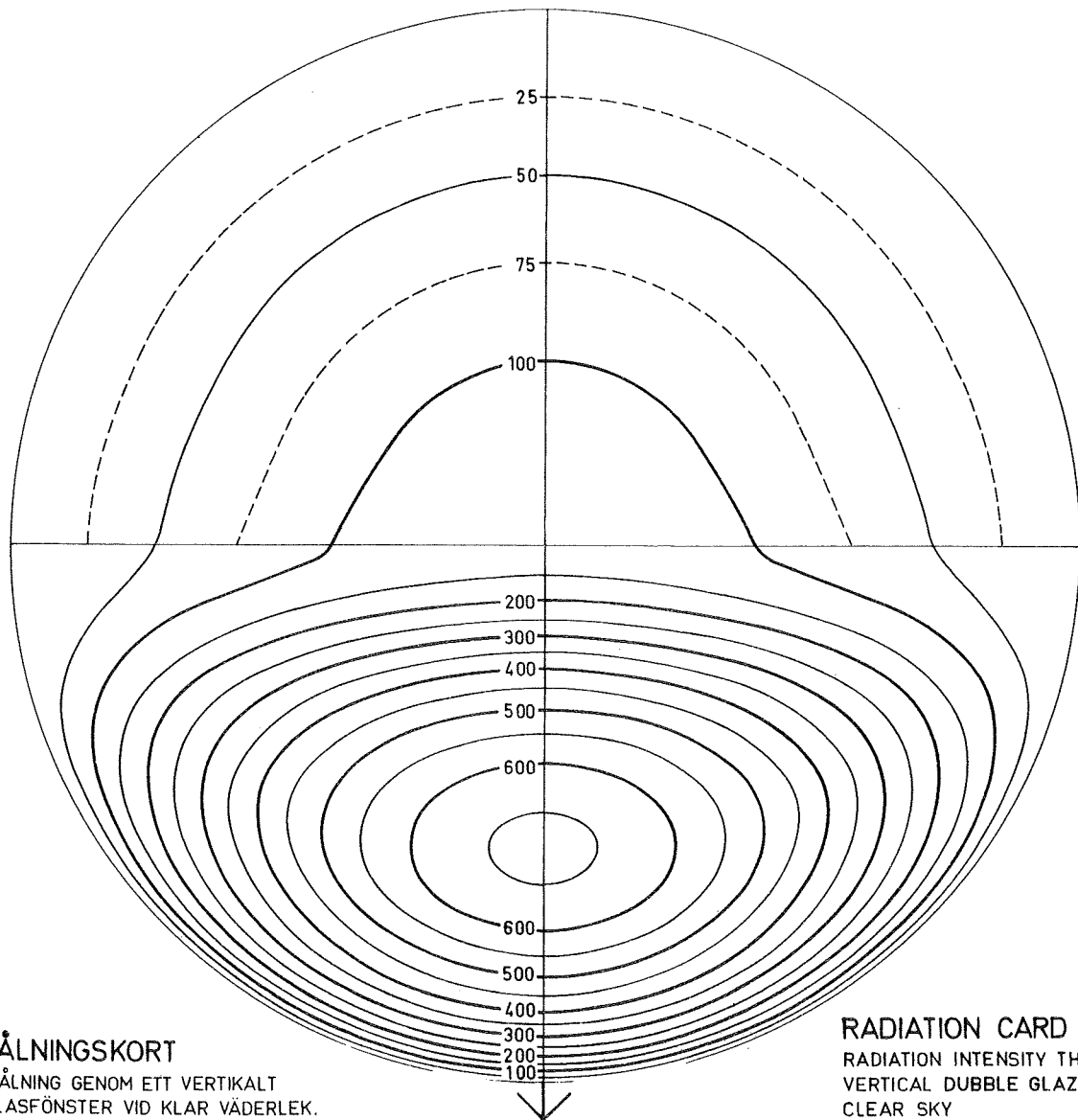
YTANS ORIENTERING  
ORIENTATION

**RADIATION CARD**

RADIATION INTENSITY ON HORIZONTAL AND VERTICAL SURFACES CLEAR AND OVERCAST SKY.

GROUND REFLECTANCE 0,25  
W/m<sup>2</sup> OCT - APRIL

# MAJ - SEPT

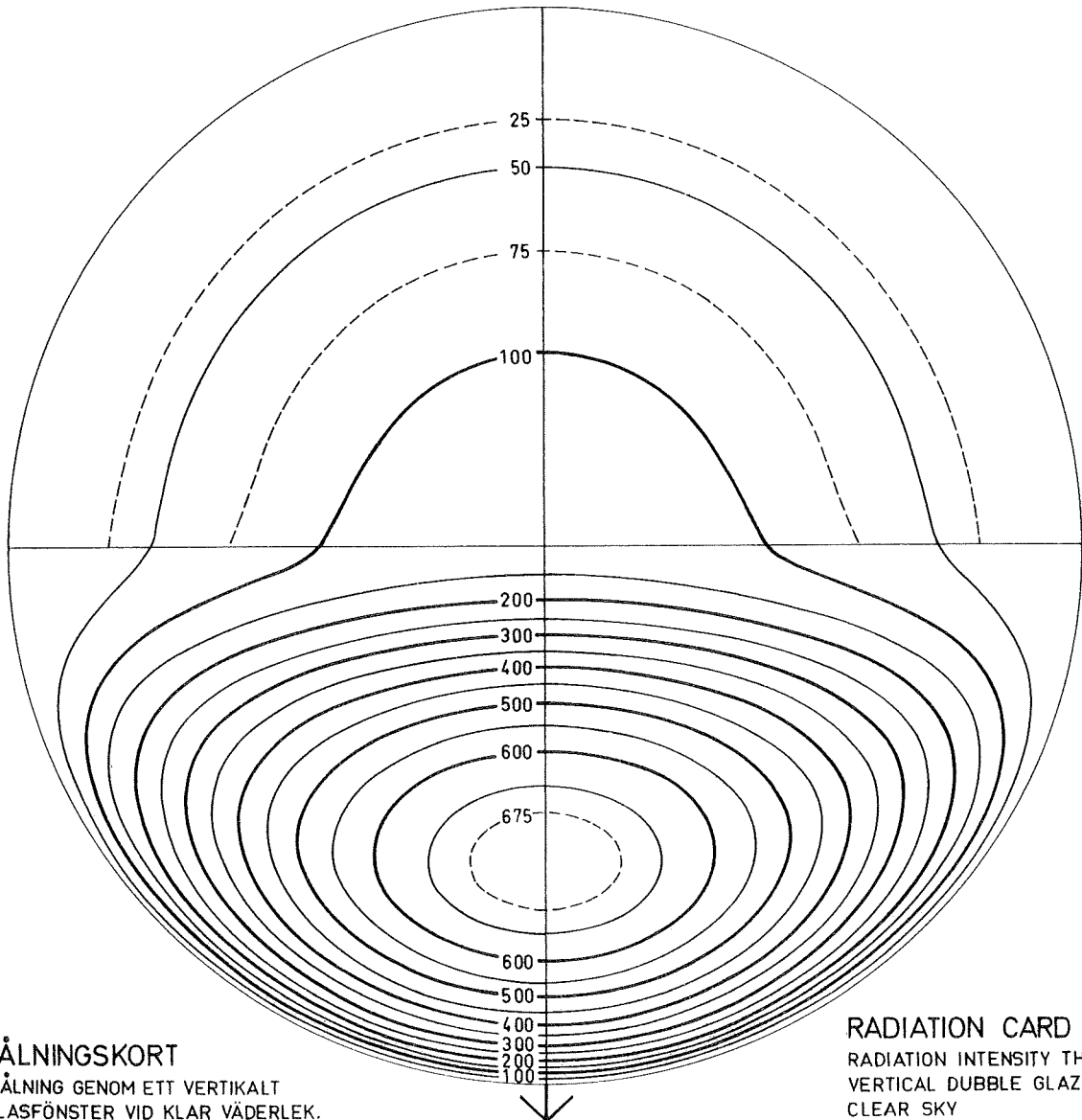


**STRÅLNINGSKORT**  
INSTRÅLNING GENOM ETT VERTIKALT  
TVÅGLASFÖNSTER VID KLAR VÅDERLEK.  
MARKENS REFLEKTIONSFAKTOR 0,25  
W/m<sup>2</sup> MAJ - SEPT

FASADORIENTERING  
ORIENTATION

**RADIATION CARD**  
RADIATION INTENSITY THROUGH  
VERTICAL DOUBLE GLAZING  
CLEAR SKY  
GROUND REFLECTANCE 0,25  
W/m<sup>2</sup> MAY - SEPT

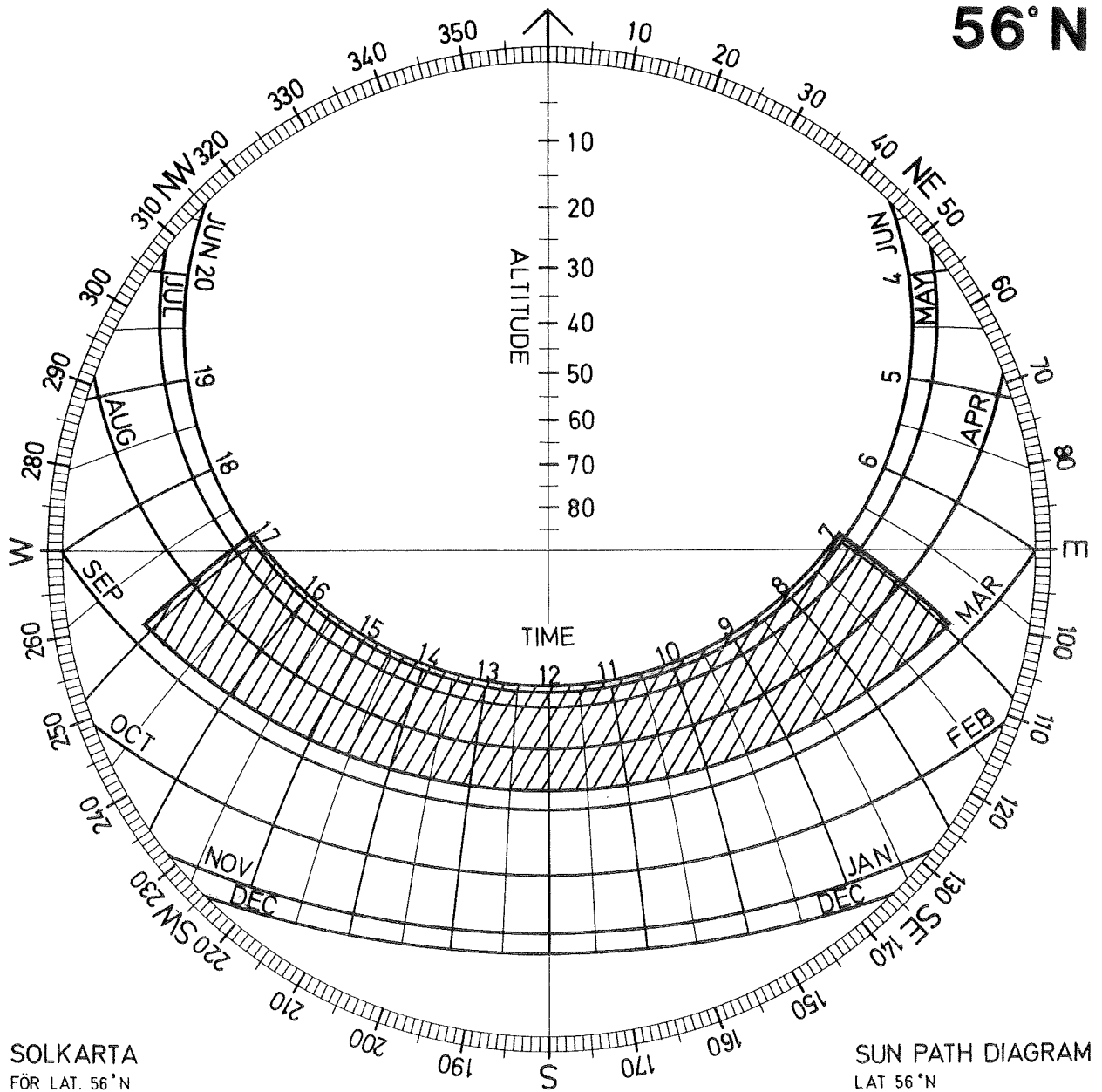
**OKT - APRIL**



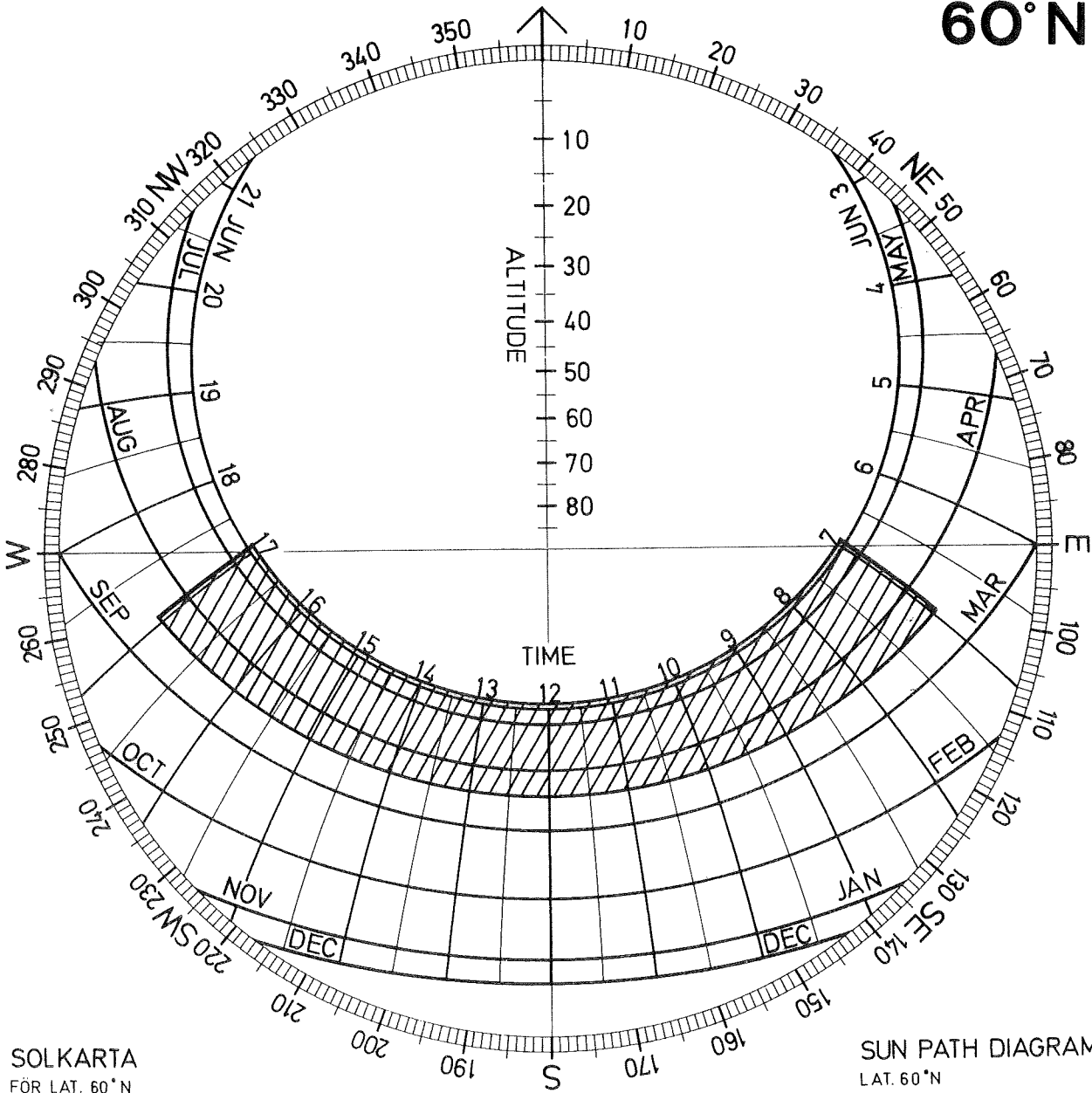
**STRÅLNINGSKORT**  
INSTRÅLNING GENOM ETT VERTIKALT  
TVÅGLASFÖNSTER VID KLAR VÄDERLEK.  
MARKENS REFLEKTIONSFAKTOR 0,25  
W/m<sup>2</sup>                      OKT - APRIL

FASADORIENTERING  
ORIENTATION

**RADIATION CARD**  
RADIATION INTENSITY THROUGH  
VERTICAL DOUBLE GLAZING  
CLEAR SKY  
GROUND REFLECTANCE 0,25  
W/m<sup>2</sup>                      OCT - APRIL



 AVSKÄRMNINGSPERIOD

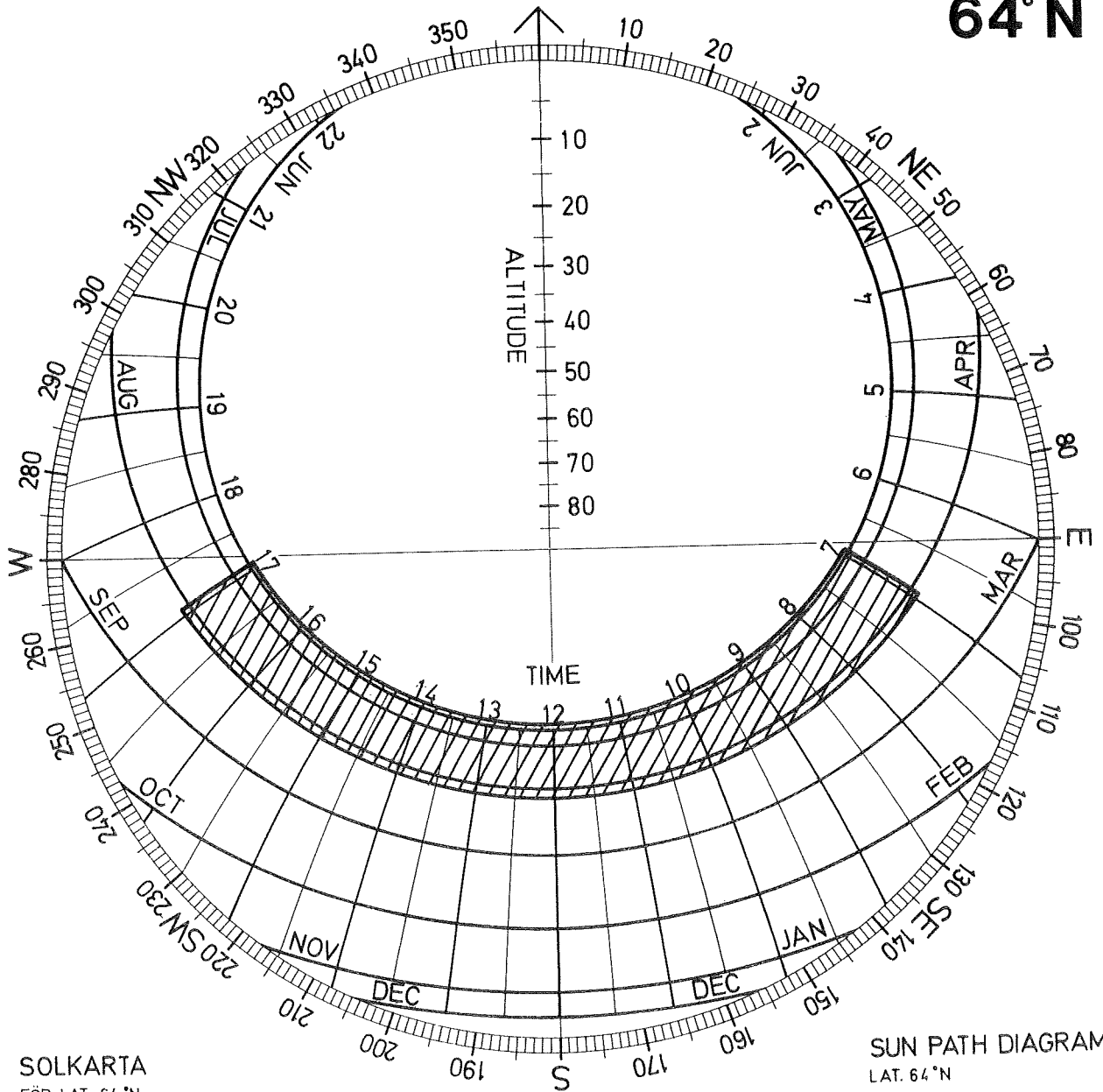


SOLKARTA  
FÖR LAT. 60°N

SUN PATH DIAGRAM  
LAT. 60°N

 AVSKÄRMNINGSPERIOD

64° N



SOLKARTA  
FÖR LAT. 64° N

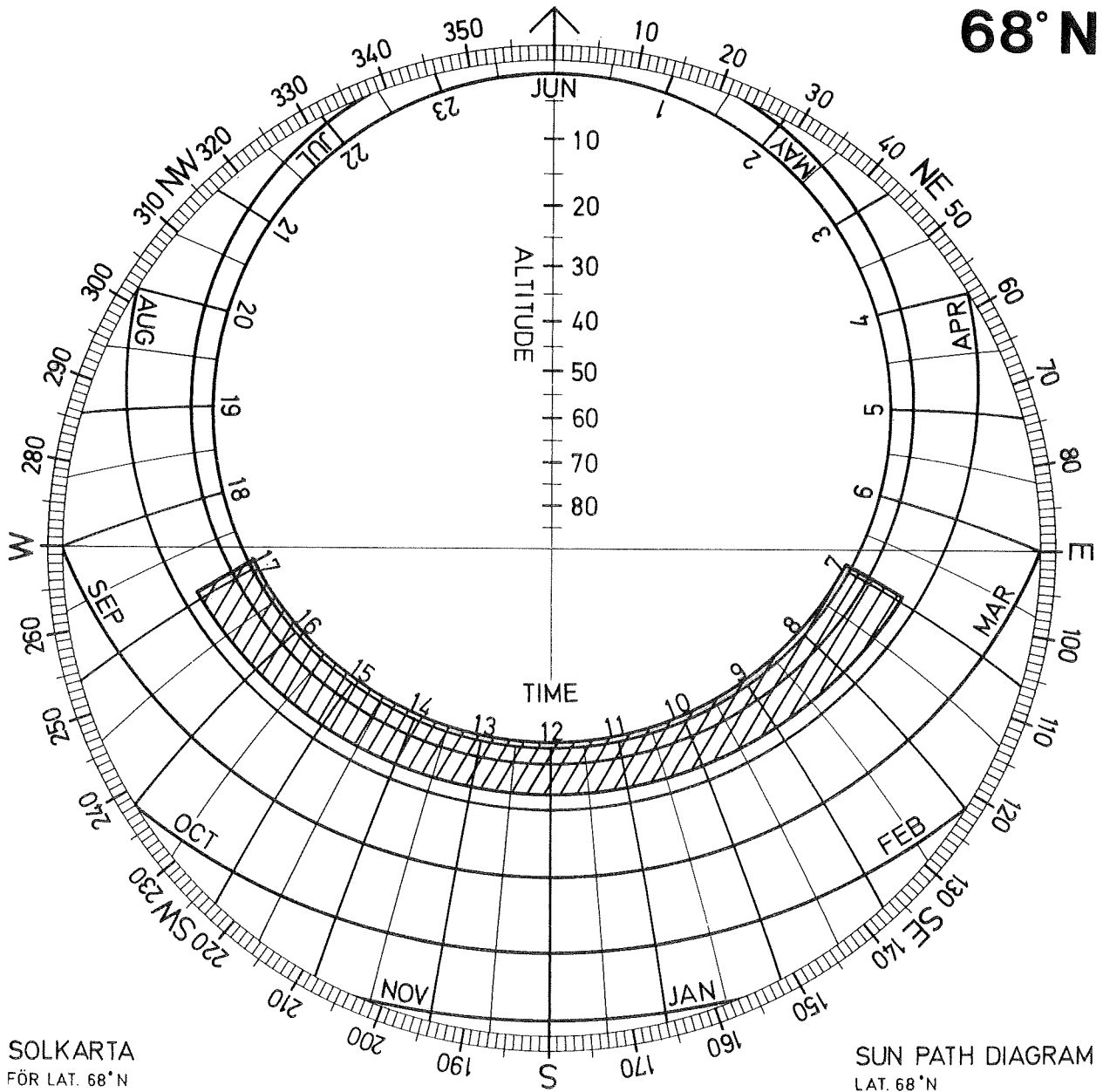


AVSKÄRMNINGSPERIOD

SUN PATH DIAGRAM  
LAT. 64° N



68° N



SOLKARTA  
FÖR LAT. 68° N

SUN PATH DIAGRAM  
LAT. 68° N

 AVSKÄRMNINGSPERIOD





T37:1976  
ISBN 91-540-2633-4

**Statens råd för byggnadsforskning 1976**