

# Forseglete ruters bestandighet

Av sivilingeniør TORE GJELSVIK  
Norges byggforskningsinstitutt

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



sq 69.028.2 : 691.615

G.

3 et

# Forseglete ruters bestandighet

Av sivilingeniør TORE GJELSVIK, Norges byggforskningsinstitutt

## Innledning

Forseglete ruter er fabrikkfremstilte to- eller flerlags glassruter med ren, tørr luft eller gass mellom glassene og lufttett forsegling langs kantene. Disse ruter ble introdusert på det norske marked i 1950. De har blant annet vært kalt isolerglassruter, termoruter og tvillingruter. Forseglete ruter skulle imidlertid være den beste fellesbetegnelse hittil.

Forseglete ruter må betraktes som et alternativ til vanlige vindustyper, som f. eks. koblede vinduer. Vinduer med de vanlige typer forseglete ruter isolerer ikke bedre mot kulde og støy enn vanlige vinduer med samme antall glass, men praktisk talt like godt. De egentlige fordeler ved forseglete ruter er:

Forenklet renhold med bare to flater å pusse uansett antall glass

Så lenge forseglingsen er tett, dugger det ikke mellom glassene

Konstruksjonene kan gjøres enklere. Ved luftvinduer er det nok med en enkelt hengslet ramme. Ved faste vinduer kan ruten settes i en enkel karm eller direkte i bindingsverk. Faste vinduer med forseglete ruter har forøvrig åpnet nye muligheter rent arkitektonisk.

På den annen side skulle det være innlysende at forseglete ruter er helt og holdent avhengig av en perfekt forsegling. Om forseglingsen skulle svikte, vil det vanligvis hurtig danne seg dugg mellom glassene. Denne duggdannelse kan i seg selv være generende nok. Langt verre er det imidlertid at den vil føre til saltutslag fra glasset, såkalt scumming, som gradvis vil gjøre rutene ugjennomsiktige. En forseglet rute må betraktes som defekt straks det begynner å dugg mellom glassene. Man bør derfor kunne stille meget strenge krav til kantforseglingens tetthet og varighet.

## Undersøkelser av forseglete ruters bestandighet

Norges byggforskningsinstitutt's første laboratorieforsøk med forseglete ruter ble gjennomført så tidlig som i 1959 og resultatene publisert i 1962 [1]. Resultater fra senere laboratorieforsøk vil antagelig bli publisert i nær fremtid.

De første feltundersøkelser ble også gjennomført i 1959, i Trondheimsområdet. Senere ble disse fulgt opp av en større undersøkelse på Østlandet. Resultatene av denne undersøkelse, som omfattet i alt 1 300 ruter, ble publisert høsten 1960 [2]. Det var allerede den gang klart at det ville være av aller største interesse å få gjennomført en tilsvarende undersøkelse i Vest-Norge. Av forskjellige grunner ble denne undersøkelse ikke gjennomført før i 1963. Rapporten foreligger nå [3]. Denne rapport er skrevet på engelsk og er meget omfattende. Vi skal her trekke frem de viktigste resultater.

## Typer forseglete ruter

De eksisterende rutetyper kan deles på 3 hovedgrupper etter kantforseglingens utførelse. Gruppe I omfatter ruter med sammensveisede glasskanter, Gruppe II ruter med loddet steg og direkte glass-metallforbindelse og Gruppe III ruter med limt eller kittet kantforsegling.

Ved feltundersøkelsen i Vest-Norge i 1963 forsøkte man å dekke alle rutetyper som hadde vært på markedet og alle installasjonsår fra 1962 og så langt tilbake mot 1950 som mulig. I alt ble det funnet ruter av 10 typer, nemlig Aluco, Aterphone, Cudo, Duoterm, Gado, Multipane, Polyglass, Polyverbel, Schalke og Thermopane. Av disse hører Gado til Gruppe I med sammensveisede glasskanter, Schalke og Thermopane til Gruppe II med direkte glass-metallforbindelse og de øvrige 7 til Gruppe III med limt kantforsegling.

De forskjellige rutetyper har ikke vært på markedet like lenge. For enkelte typer har konstruksjonen også blitt endret, ikke bare én gang, men opptil flere ganger. Produktet er da ikke lenger det samme, og dette må nødvendigvis tas i betraktning. De viktigste detaljer ved kantforseglingen vil fremgå av fig. 1.

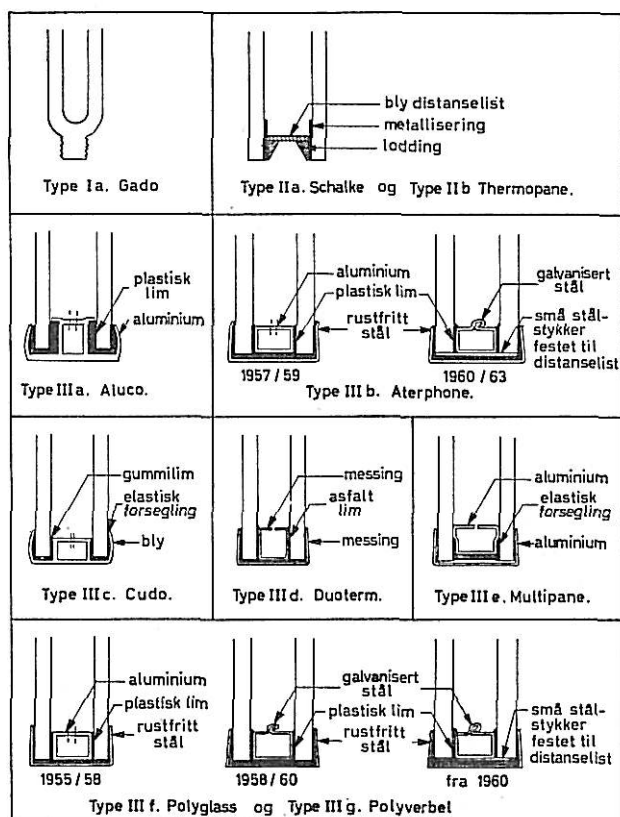


Fig. 1. Snitt gjennom kantforsegling hos de ulike rutetyper.

Type I Gado har sammensveisede glasskanter. Under fabrikasjonen lar man det være igjen et lite hull i det ene hjørnet. Dette blir brukt til å blåse inn ren, tørr luft før det blir tettet med en spesiell glasscement.

Gado ble solgt i Norge i årene 1955—58. De ble da trukket tilbake p.g.a. store brekkasjer. Disse brekkasjer ble påvist å skyldes uheldig avkjøling av kantene etter sveisingen, og etter forbedring av nedkjølingsprosessen ble rutene introdusert på ny i 1962. Hittil er det ikke rapportert brekkasjer med den nye versjon.

Type IIa Schalke og type IIb Thermopane lages av to fabrikk, men på samme lisens, og skal derfor være likeverdige, i det minste teoretisk. Under produk-

sjonen belegges glasskantene med kobber, dette blir forfinnet og et tynt blybånd loddet til kantene. Det stikkes huller i blybåndet for innblåsing av ren, tørr luft. Disse huller loddes til slutt igjen.

Thermopane har vært på det norske marked siden 1950 og Schalke siden 1953. Disse rutetyper har ikke gjennomgått større endringer i konstruksjonen i alle de år de har vært i bruk.

*Type IIIa Aluco* ble introdusert i Norge i 1962. Kantforseglingen består av et aluminiumprofil som limes til glasskantene. Til å begynne med ble det benyttet et plastisk lim. Dette er senere blitt erstattet med et dobbelt forseglingssystem. Aluminiumprofilet inneholder tørrestoff til å ta opp fuktigheten mellom glassene gjennom små huller i profilet.

*Type IIIb Aterphone* var på markedet fra 1958 til 1963. I dette tidsrom ble produktet forandret flere ganger. Til å begynne med ble det brukt en aluminium distanselist som ble limt til glasset med et plastisk lim, og en utvendig kantbeskyttelse av rustfritt stål. Senere ble distanselisten utført i galvanisert stål. Listene var fylt med tørrestoff og forsynt med huller eller spalter.

*Type IIIc Cudo* har vært solgt i Norge siden 1954. Kantforseglingen består av et blyprofil fylt med tørrestoff og limt til glasset. Den nåværende dobbelte forsegling med et gummilim innerst og en elastisk forseglingsmasse ytterst ble tatt i bruk i april 1959.

*Type III d Duoterm* benyttet opprinnelig distanselist og beskyttelseslist av messing, limt til glasset med et asfaltlim. Avstandslistene hadde langsgående spalte og var fylt med tørrestoff. Disse ruter ble introdusert i Norge i 1956. Fra 1962 og utover ble det laget flere eksperimentelle versjoner av produktet inntil produksjonen ble innstilt i 1964.

*Type III e Multipane* har vært solgt i Norge siden 1959. Rutene har en distanselist av aluminium som limes til glasset med en elastisk forseglingsmasse. Avstandslistene har langsgående spalte og er fylt med tørrestoff. Utvendig har det vært benyttet en beskyttelseskanal av aluminium som bare har vært satt løst utenpå ruten. Denne kanal er nå blitt sløyfet.

*Type III f Polyglass* og *Type III g Polyverbel* har vært produsert av to forskjellige fabrikker og har ikke alltid vært identiske. Det har imidlertid vært såpass intimt samarbeide ved utviklingen av disse rutetyper, at det må ansees å være helt i orden å beskrive dem sammen.

Til å begynne med ble det benyttet en distanselist av aluminium og en ytre kanal av rustfritt stål, samt et plastisk lim. Distanselistene var fylt med tørrestoff og forsynt med små huller. I 1958 ble aluminiumlisten erstattet med en list av galvanisert stål med en foldet overlappning. Denne konstruksjon er senere blitt videre utviklet. Nye limtyper har kommet i bruk, en plastfolie er blitt plassert mellom limet og den ytre kanal, og små stålstykker er blitt festet til distanselisten for å hindre at denne presses inn i ruten.

Polyglass og Polyverbel ble introdusert i Norge i 1954. Produksjonen av Polyverbel ble imidlertid innstilt i 1961.

#### Duggpunkt og duggpunktmålinger

Ved 3 av de undersøkte typer forseglede ruter, nemlig Gado, Schalke og Thermopane, er den tørre atmosfære i rutene frembragt ved innblåsing av tørr luft. Ved de øvrige 7 typer er det innlagt tørrestoff i rutene.

I det førstnevnte tilfelle vil fuktighetsinnholdet i rutene være en funksjon av tiden, avhengig av hvor tette rutene er, men praktisk talt uavhengig av temperaturen. Slike ruter kan derfor kontrolleres når som helst på året. Ved ruter med innlagt silicagel tørrestoff vil derimot fuktighetsinnholdet også være avhengig av rutens temperatur over et lengre tidsrom. Adsorpsjons- evnen for silicagel vil nemlig øke med synkende temperatur. Av denne grunn blir det vanligvis betraktet som mest korrekt å kontrollere slike ruter om vinteren.

Luftens fuktighetsinnhold bestemmes av vanndamptrykket. Det kan også angis som duggpunkttemperatur. Duggpunktet er definisjonsmessig den temperatur hvor vanndampens metningstrykk er lik vanndamptrykket i luften. Duggpunktet for en forseglet rute er da bare et mål for hvor fuktig eller tørr luften inne i ruten er. Det må ikke forveksles med den utendørs-temperatur hvor det i praksis vil kunne danne seg dugg mellom glassene.

Duggpunktet for forseglede ruter lar seg kontrollere ved en lokal nedkjøling av en del av glassflaten, inntil det danner seg dugg eller rim på den siden som vender mot luftrommet inne i rutene. Fig. 2 viser



Fig. 2. Apparat for duggpunktmålinger.

NBI's opprinnelige apparatur for duggpunktmålinger. Denne besto av en kjøler, et termoelement limt på glasset, et millivoltmeter for avlesning av temperaturen og en termosflaske for den faste referansetemperaturen. Ved målingene ble kjøleren fylt med en kuldeblanding av kullsyreis og sprit med en temperatur på  $-75^{\circ}\text{C}$ . Kjøleren ble så plassert i kontakt med glasset slik at termoelementet ble liggende i et spor i kjøleren uten direkte kontakt med denne. Glasset ble kjølt ned, og temperaturen avlest i det øyeblikk dugg ble observert. Alle duggpunkttemperaturer ble altså målt på utsiden av glasset i det øyeblikk det dugget på innsiden.

Ved denne opprinnelige duggpunktmålemetode måtte det limes termoelementer på rutene. Dette var noe som gikk bra i laboratoriet. Ute i felten var det imidlertid ikke særlig praktisk. Ved feltundersøkelsen i 1960 rakk man således bare å måle duggpunktet på 100 av de 1300 inspiserte ruter. Metoden ble derfor senere kalibrert opp som duggpunkttemperatur som funksjon av nedkjølingstiden. Det ble tatt opp kurver som viste hvor fort temperaturen i målepunktet sank ved ulike glasstykkelser. Hermed ble hele målemetoden betydelig forenklet. Termoelement, millivoltmeter og termos kunne sløyfes, og alt man behøvde var kjøler, stoppeklokke og lommelykt. Duggpunktmålinger i felten kunne også utføres så hurtig at målinger kunne tas på samtlige inspiserte ruter.

Om duggpunktet for en forseglet rute er tilstrekkelig høyt, vil det i praksis dugge mellom glassene ved lave utetemperaturer. Man sier da at duggpunktet er over den kritiske grense. Denne kritiske grense er blitt fastlagt ved målinger såvel i laboratoriet som i felten. Ved duggpunktmålingene kan man altså ikke bare kontrollere hvor tørr luften inne i rutene er. Man kan også bestemme om det vil dugge i praksis mellom glassene ved de laveste utetemperaturer, selv om temperaturen ved målingene skulle være så høy at det ikke er synlig dugg. Dette har særlig stor betydning ved feltundersøkelser i sommermånedene samt ved laboratorieundersøkelser.

#### Utvalg av ruter og arbeide i felten

Undersøkelsene ble gjennomført i Trøndelag, Møre og Romsdal, Bergen og omegn samt Stavanger. De besøkte bygninger ble valgt ut i nært samarbeide med glassmestrene på stedene samt enkelte rutfabrikanter og deres representanter. Med disses hjelp ble det satt opp lister over egnede installasjoner. Det viste seg imidlertid snart at det bare var de 5 typene Cudo, Polyglass, Polyverbel, Schalke og Thermopane som var tilgjengelig i så stort antall at det ville være mulig å få samlet et bra statistisk materiale. For de øvrige 5 typer var det bare mulig å finne noen få ruter av hver.

Mesteparten av arbeidet i felten ble utført i vintermånedene januar og februar 1963. Man konsentrerte seg da først og fremst om ruter med innlagt tørrestoff, men undersøkte også en god del ruter med innblåst tørr luft. Arbeidet ble senere fulgt opp i april og mai. Noen få tilleggsmålinger ble tatt i juli.

De besøkte bygninger var av mange forskjellige slag, og omfattet ikke bare store offentlige eller halvoffentlige bygninger, men også et stort antall boliger. Det

samlede antall objekter gikk opp i 129. Antallet ruter på hvert sted varierte fra én enkelt opptil ca. 500. Ved de mindre objekter ble samtlige ruter undersøkt. Ved de større objekter ble det valgt ut et visst antall ruter mer eller mindre tilfeldig, fordelt på de ulike himmelretninger og etasjer.

Ved undersøkelsen av rutene ble det først kontrollert om de hadde vært utsatt for helt uvanlige påkjenninger. Slike ruter ble ikke registrert. De øvrige ruter ble omhyggelig inspisert, eventuelle synlige skader notert og duggpunktet målt. Andre ting som kunne tenkes å ha interesse ble også notert, bl. a. om ruten var blitt byttet p.gr.a. kondens.

De undersøkte ruter var av alle slags størrelser, og montert i forskjellige slags vinduer, inklusive dører. Det var riktignok kjent på forhånd at enkelte rutetyper hadde vist seg å få brudd på kantforseglingen temmelig hurtig om de var innsatt i sterkt trafikkerte dører, og derfor ikke lenger var anbefalt brukt på slike steder. Det ble imidlertid besluttet å ta med dørene for eventuelt å få bekreftet de tidligere praktiske erfaringer.

De undersøkte ruter har utvilsomt vært utsatt for ulike klimatiske påkjenninger. Samtlige observasjoner er imidlertid fra områder med et ganske hårdt klima. Det innsamlede materiale må ansees å gi et bra bilde av rutenes gjennomsnittlige evne til å motstå disse klimapåkjenninger.

#### Kort presentasjon av materialet

I alt omfattet undersøkelsene 2 020 dobbeltruter og 10 trippelruter. Ved trippelrutene ble begge luftrom undersøkt. Det samlede antall tellende ruter er derfor 2 040. *Tabell I* viser hvordan disse fordeler seg på de ulike rutetyper og installasjonsår. Materialet som er

Tabell I. Fordeling av undersøkte ruter på typer og installasjonsår.

Rutetype	Installasjonsår											
	1951	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62/63
Ia Gado								3				
IIa Schalke				67	34	22		48	52	51	77	76
IIb Thermopane	22	12	3	37	23	50	132	95	51	101	120	66
IIIa Aluco												10
IIIb Aterphone									11			1
IIIc Cudo									51	128	52	55
IIId Duoterm										3	13	
IIIe Multipane										18	1	5
IIIf Polyglass					1		22	8	52	34	14	32
IIIg Polyverbel						6	175	78	62	38	28	

samlet for de 5 typene Schalke, Thermopane, Cudo, Polyglass og Polyverbel må betraktes som bra. For de øvrige 5 typer, Gado, Aluco, Aterphone, Duoterm og Multipane, er materialet for lite til at det kan trekkes særlig sikre konklusjoner. Men selv for disse typer skulle det i det minste gi en viss indikasjon.

Rutenes fordeling på de ulike steder og rutestørrelser er tatt med i den engelske rapporten [3]. Fordelingen på ulike vindustyper fremgår av *tabell II*. Ikke mindre enn 59 % av rutene var innsatt i faste vinduer. Av de hengslede vinduer var størsteparten horisontalhengslede svingvinduer, og tilsvarende færre sidehengslede, topp- og bunnhengslede eller dører.

#### Observerte skader

*Tabell III* viser hvordan de defekte ruter fordeler seg på de respektive rutetyper, samt fordelingen på de ulike typer skader.

Det største antall defekte ruter hadde synlig dugg mellom glassene, enten bare i nedre hjørner eller over en større del av glassflaten. En del av disse ruter oppviste også det typiske hvite belegg, kalt «scumming».

Den nest største gruppen var ruter uten synlig dugg ved inspeksjonen, men med duggpunkt over den kritiske grense. Et stort antall av disse ruter hadde imidlertid spor etter kondens i form av korrosjonsprodukter i de nedre hjørner.

En annen gruppe synlige skader var sprekker i selve glasset. Det dreide seg her ikke om knuste ruter, men om ruter som hadde sprukket tilsynelatende uten grunn. Sprekkene var alltid i det indre glasset og var meget typiske. Ved avlange ruter gikk de tvers over ruten fra den ene langsiden til den andre, og ved bortimot kvadratiske ruter fra en side til en av de tilstøtende.

Andre synlige skader var ting som sprekker i distanselisten og innpressing av distanselist. Sprekker i listen forekom bare ved Schalke og Thermopane; innpressing av list bare ved eldre ruter av typene

*Tabell II. Fordelingen av ruter på ulike vindustyper.*

Vindustype	Antall ruter
Fast	1 204
Horisontalhengslet sving	575
Sidehengslet	127
Topp- og bunnhengslet	91
Dører	43
<b>Totalt</b>	<b>2 040</b>

Aterphone, Polyglass og Polyverbel. Denne innpressing var mellom 0.5 cm og 2 cm. Ytterligere et stort antall Polyglass- og Polyverbel-ruter fra perioden 1958/60 hadde innpressing av list på 3—4 mm. For disse var imidlertid duggpunktet i orden, og de ble derfor ikke notert som defekte.

*Tabell III* viser også hvor mange ruter som ble funnet å være byttet p. gr. a. dugg mellom glassene og sprukne ruter.

Man må ikke trekke noen slutninger om rutenes holdbarhet bare på grunnlag av tallene i *tabell III*. For å kunne gjøre dette må man foreta en videre oppdeling av materialet på de ulike installasjonsår. En slik oppdeling vil fremgå av *tabell IV*. Her er antallet kontrollerte, defekte og utbyttede ruter fordelt på de ulike rutetyper og installasjonsår, uansett vindustypen. Åpne felter i denne tabellen indikerer at slike ruter ikke er funnet.

Materialet er også blitt videre oppdelt på de ulike vindustyper. Disse undertabeller skal ikke gjengis her. Vi skal isteden ta med *tabell V*, som viser hvordan de observerte skader fordeler seg på de ulike vindustyper, uansett rutetype og installasjonsår. Ved beregning av skadefrekvensene i denne tabell er antallet utbyttede ruter blitt addert til såvel antall kontrollerte som antall defekte ruter.

*Tabell III. Observerte skader.*

Rutetype	Antall kontrollerte ruter	Antall defekte ruter	Skadens art						Antall ruter byttet p. gr. a. dugg eller sprekkning
			Scumming	Synlig dugg	Målt duggpunkt over den kritiske grense	Sprekker i glasset	Sprekker i distanselisten	Innpressing av distanselist	
Ia Gado	3	1	0	0	1	0	0	0	0
IIa Schalke	427	11	0	1	10	0	5	0	0
IIb Thermopane	712	11	2	3	8	0	1	0	0
IIIa Aluco	10	0	0	0	0	0	0	0	0
IIIb Aterphone	12	3	0	2	0	0	0	1	1
IIIc Cudo	286	7	1	2	5	0	0	0	0
IIId Duoterm	16	0	0	0	0	0	0	0	0
IIIe Multipane	24	2	0	2	0	1	0	0	0
IIIf Polyglass	163	5	0	3	0	0	0	2	9
IIIg Polyverbel	387	105	15	84	18	11	0	6	38
<b>Totalt</b>	<b>2 040</b>	<b>145</b>	<b>18</b>	<b>97</b>	<b>42</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>48</b>

Tabell IV. Fordeling av kontrollerte, defekte og byttede ruter på ulike rutetyper og installasjonsår, uansett vindustype.

Rutetype		Installasjonsår											
		1951	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62/63
Ia	Gado									3 1 157			
IIa	Schalke				67 1	34	22 1		48	52	51 3	77 5	76 1
IIb	Thermopane	22	12	3	37 3	23 1	50	132 3	95 1	52 1	101 1	120 1	66
IIIa	Aluco												10
IIIb	Aterphone									11 3 1			1
IIIc	Cudo									51 4	128 3	52	55
IIId	Duoterm										3	13	
IIIe	Multipane										18 2	1	5
IIIf	Polyglass					1 1		22 2 8	8 3	52	34	14	32
IIIg	Polyverbel						6 1 3	175 90 34	78 11 1	62 3	38	28	

Tabell V. Fordeling av observerte skader på ulike vindustyper, uansett rutetype og installasjonsår.

Vindustype	Antall kontrollerte ruter	Antall defekte ruter	Antall byttede ruter	Skadefrekvens defekte og byttede ruter
Faste vinduer	1 204	84	16	8,2 %
Horisontalhengslede svingvinduer	575	36	27	10,5 %
Sidehengslede vinduer	127	7	2	7,0 %
Topp- og bunnhengslede vinduer	91	12	3	16,0 %
Dører	43	6	0	14,0 %
Totalt	2 040	145	48	9,2 %

Av tabell V vil det fremgå at skadefrekvensen er omtrent dobbelt så stor for ruter i dører og topp- og bunnhengslede vinduer som for ruter i faste vinduer og sidehengslede vinduer.

Ved detaljert gjennomgang av materialet finner man at 35 av 43 ruter i dører var av typene Schalke og Thermopane. Av disse 35 rutene var 6 defekte, dvs. en skadefrekvens på 17,2 %. Dette er vesentlig høyere enn den gjennomsnittlige skadefrekvens for disse rutetyper. Skadens art var synlige sprekker i distanselisten for 5 av de 6 defekte ruter, og disse 5 ruter var alle innsatt i dører med sterk trafikk. I mindre trafikkerte dører var imidlertid rutene i orden.

For topp- og bunnhengslede vinduer finner man på tilsvarende måte at den høye skadefrekvensen skyldes ruter av typene Cudo og Polyverbel. For Polyverbel er dette kanskje ikke så overraskende, for her er det også store skader ved andre vindustyper. For Cudo derimot ble det ikke funnet en eneste defekt rute utenom de i topp- og bunnhengslede vinduer. Forklaringen er imidlertid enkel. Samtlige defekte ruter var nemlig ganske lave med høyde mellom 39 og 77 cm, glasslistene hadde dårlig fall, og hengslingen var slik at det ville kunne bli stående vann over bunnglasslisten og rutens bunn om vinduene ble satt i luftstilling i regnvær. Dette har tydeligvis ført til at såvel kittingen som rutenes kantforsegling har sviktet etter kort tid. Ruter av typene Schalke og Thermopane er ikke like følsomme for vann, men også for disse typer er det en viss indikasjon på at rutenes kantforsegling ikke bør være i kontakt med vann i lengre tid.

For ruter i horisontalhengslede svingvinduer er den gjennomsnittlige skadefrekvens 10,5 % og noe høyere enn for ruter i faste vinduer. Det viser seg at samtlige defekte ruter er av typen Polyverbel. Her er situasjonen i viss grad den samme som ved topp- og bunnhengslede vinduer.

Efter å ha trukket frem disse mer generelle resultater kan det være passende å se litt på skadene som funksjon av rutenes alder.

For Schalke og Thermopane er skadene små. Det er absolutt ingen sammenheng med alderen. Noe av skadene skyldes spesielle påkjenninger såsom vibrasjoner fra åpning og lukking av dører. Resten av de defekte ruter har også sannsynligvis vært utsatt for spesielle, hittil ikke klarlagte påkjenninger, eller kan helt enkelt ha produksjonsfeil.

Også for Cudo er skadene små. Av tabell IV kan det tilsynelatende se ut som om skadene øker med alderen. Samtlige defekte Cudo-ruter ble imidlertid funnet i topp- og bunnhengslede vinduer. Disse ruter har øyensynlig vært følsomme overfor lengre tids kontakt med vann. Det er hittil ingen ting som tyder på at rutenes kantforsegling vil bli brutt ned hurtig av normale påkjenninger.

For Polyglass og Polyverbel er det absolutt en tydelig sammenheng mellom de observerte skader og rutenes alder. Her må man imidlertid huske på at kantforseglingen hos disse rutetyper har blitt radikalt forandret flere ganger. For rutene fra den første produksjonsperiode 1955/58 er skadene store, tildels over 50 %. Denne første type kan kun betegnes som dårlig. Skadene er størst for ruter som er utsatt for spesielle påkjenninger som vibrasjoner eller kontakt med vann. Ruter fra mellomperioden 1958/60 har klart seg mye bedre enn de fra første periode, men også her forekommer det et visst antall defekte ruter som indikerer at kantforseglingen vil bli ødelagt hurtig om rutene utsettes for kraftige klimapåkjenninger.

For rutene av den nyeste produksjon fra perioden 1960/63 er det ikke funnet noen defekte ruter, og det er hittil ingen ting som tyder på at disse ruter ikke vil klare seg bra.

Av Gado ble det funnet 3 ruter, herav én defekt. På samme sted var hele 15 ruter blitt byttet p. gr. a. brekkasjer. Det har ikke vært mulig å fastslå om disse hadde sprukket av seg selv eller var blitt knust. Visse ting tyder på at det sistnevnte er hovedårsaken, og rutene er derfor blitt utelatt i tabell III og V. Materialet bekrefter i det minste at Gado-ruter av den eldre produksjon hadde lett for å sprekke. Dette gjelder imidlertid ikke den nyeste produksjon.

Av Aluco ble det bare funnet 10 helt nye ruter. Disse var som ventet i orden.

Antallet Aterphone-ruter var også ganske lite. For de eldste ruter var skadene store. Disse ruter er av en tilsvarende konstruksjon som de eldste Polyglass- og Polyverbel-ruter. Selv om materialet er lite, tyder det på at rutene oppfører seg på tilsvarende måte.

Av Duoterm ble det bare funnet et lite antall ruter innsatt i 1960 og 1961. Disse ruter var i orden. Materialet tillater ingen sikre konklusjoner.

Av Multipane ble det også bare funnet et lite antall ruter, fordelt på 3 år. To av de eldste rutene var defekte, én hadde sprukket, og den andre hadde synlig dugg. Begge disse ruter hadde utilstrekkelig overdekning av utvendig metallkant. Sannsynligvis skyldes skadene stående vann i metallprofilen og ikke vanlige klimapåkjenninger.

Omfanget av de observerte skader stemmer ikke på noen som helst måte med det bransjen har hatt av reklamasjoner. Dette har flere årsaker. For det første har utvalget av ruter foregått på en sådan måte at feltundersøkelsen har kommet til å omfatte en prosentvis større andel av eldre ruter. Videre har det vist seg at mange ikke hadde oppdaget skadene, og selv om de hadde gjort det, hadde de ikke oppfattet dem som skader. Utrolig mange kjente ikke til at det var 5 års garanti på forseglede ruter. Andre igjen visste ikke hvor de skulle klage, og i ett tilfelle hadde husieren til og med ikke brydd seg om å reklamere p. gr. a. personlige forbindelser. I alle tilfelle later det til å kunne gå lang tid fra en skade har inntruffet til den eventuelt blir reklamert.

#### *Målte duggpunkttemperaturer*

Duggpunktmaalinger ble tatt på alle ruter uten synlige skader. Noen ruter ble funnet å ha et duggpunkt over den kritiske grense. Disse er blitt behandlet i det foregående. Resten av rutene, de intakte, vil bli behandlet her. For disse er de målte duggpunkt den eneste opplysning man har om rutenes tilstand. Målte duggpunkt varierte fra  $-62^{\circ}\text{C}$  til  $+10^{\circ}\text{C}$ . Et duggpunkt på  $+10^{\circ}\text{C}$  for en intakt rute kan høres rart ut. Her må man imidlertid huske på at de målte duggpunkt ikke er de virkelige, men tall som kun refererer seg til NBI's målemetode. Et duggpunkt på  $+10^{\circ}\text{C}$  er helt i orden for ruter med silicagel tørrestoff målt om sommeren.

Resultatene av duggpunktmaalingerne må behandles som et hvilket som helst annet statistisk materiale. Det er vanligvis ikke tilstrekkelig å oppgi bare middelverdiene. Som oftest må man også oppgi høyeste og laveste verdi for å vise variasjonsområdet, samt median og øvre og nedre kvartil for å gi en idé om fordelingen. I visse tilfelle kan det være aktuelt å vise hele fordelingen.

Resultatene av den foreliggende undersøkelse er



blitt bearbeidet på den beskrevne måte. Her skal vi nøye oss med å trekke frem hovedresultatene som vist i fig. 3a og 3b. For hver av de 10 rutetyper er det tegnet et diagram som viser såvel middelværdi som høyeste og laveste målte duggpunkt for hvert installasjonsår.

Et av hovedtrekkene ved diagrammene i fig. 3a og 3b er den store spredningen i målte duggpunkt for ruter av samme type og samme alder. For helt nye Schalke-ruter innsatt i 1962/63 varierer således duggpunktet fra  $-62^{\circ}\text{C}$  til  $-1^{\circ}\text{C}$ , og tilsvarende er det for andre typer. Denne spredningen kan ikke skyldes forskjellig grad av eksponering, for i så fall skulle

rutenes kantforsegling brytes ned hurtig, og dette stemmer ikke med de observerte skader. Teoretisk sett kunne det tenkes at spredningen kunne skyldes store systematiske feil ved duggpunktmålemetoden. Blant annet har glasstykkelsen en viss innflydelse. Dette er imidlertid blitt undersøkt i detalj. Det viser seg at glasstykkelsen bare resulterer i en mindre forskyvning mot lavere duggpunkt med økende glasstykkelse, mens hele den store spredningen blir bibeholdt. Andre kjente målefeil kan bare svare for små variasjoner i målte duggpunkt. Man må derfor konkludere med at den store spredningen i duggpunktet for nye ruter må skyldes variasjoner i produksjonen.

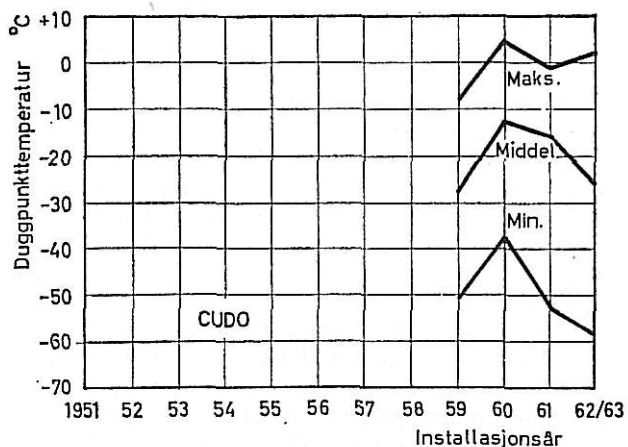
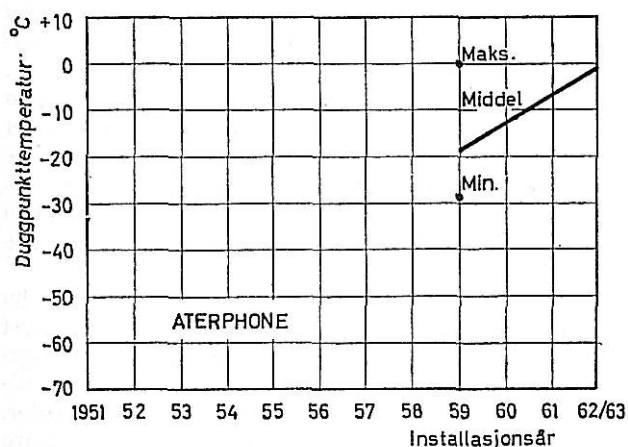
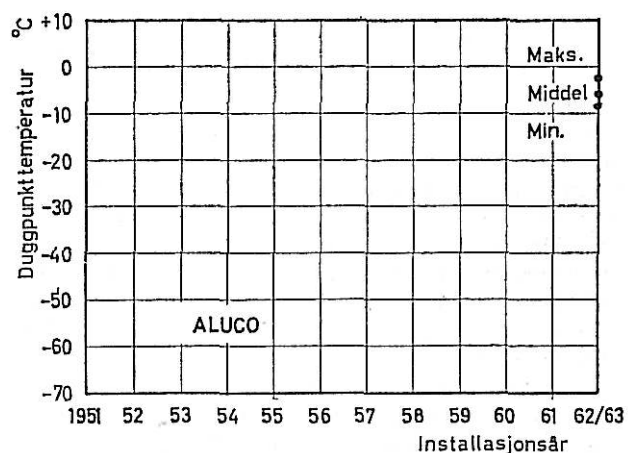
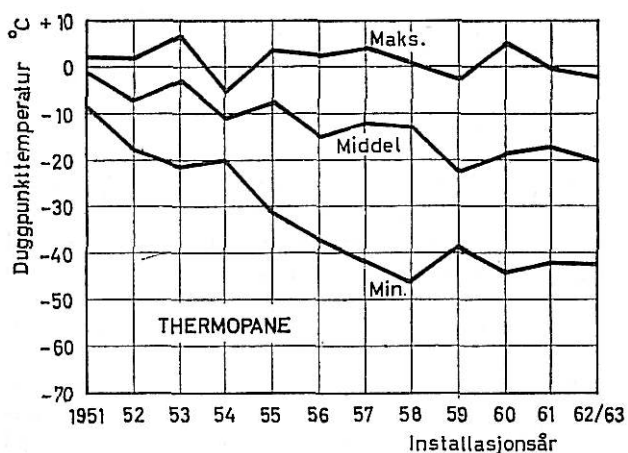
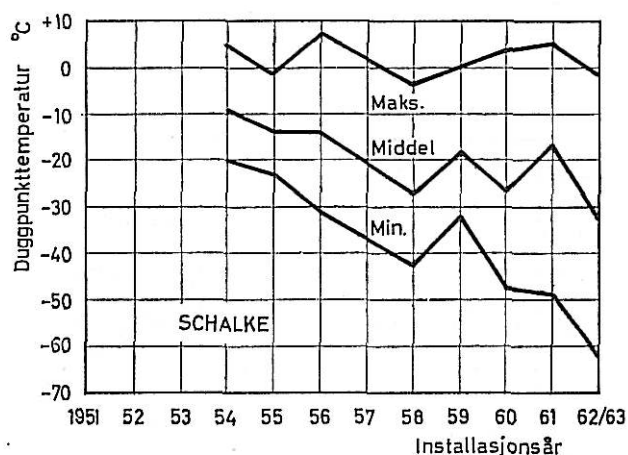
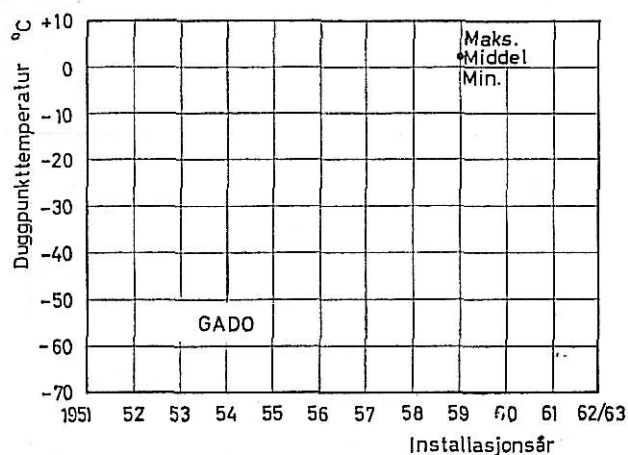


Fig 3 a. Målte duggpunkttemperaturer. Statistiske hovedverdier.

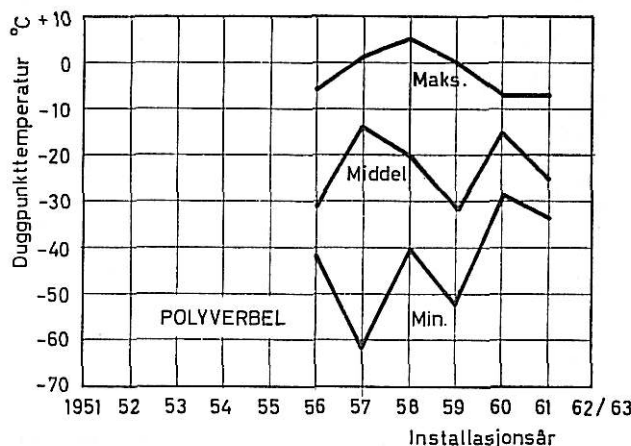
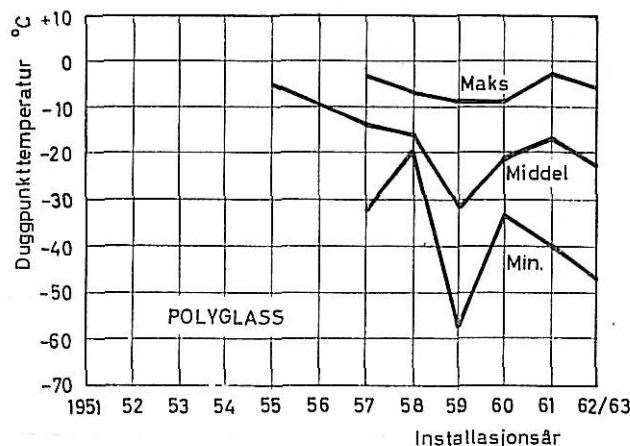
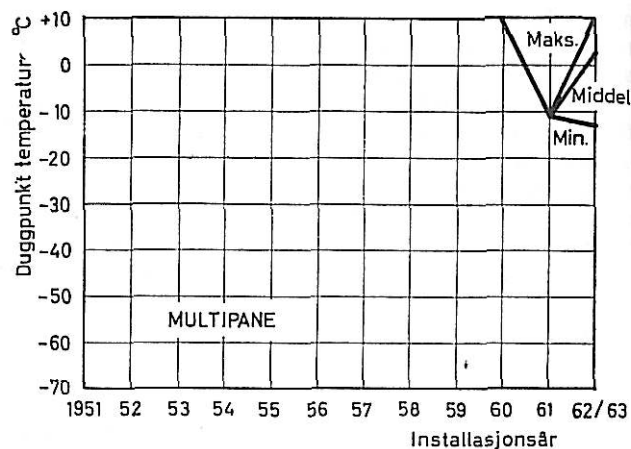
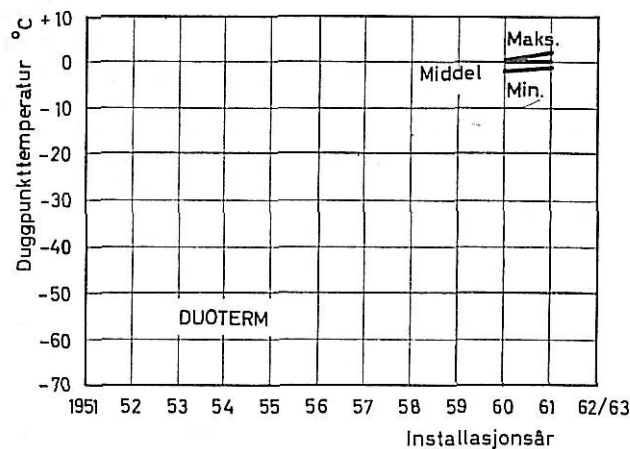


Fig. 3 b. Målte duggpunkttemperaturer. Statistiske hovedverdier.

Av fig. 3a og 3b vil man se at duggpunktet også varierer mye for eldre ruter. Spredningen blir imidlertid gradvis redusert med alderen. Dette er mest utpreget for Schalke, Thermopane og Polyglass. Duggpunktene stiger med økende alder på rutene. Undersøkelsene har således bekreftet det man visste fra før, at forseglede ruter ikke er absolutt tette, i det minste ikke de med direkte glass-metall eller limt kantforsegling.

De lekkasjer det er snakk om, er det ikke lett å beregne eksakt, men de må øyensynlig være meget små. Om man ekstrapolerer duggpunktkurvene for Schalke og Thermopane, vil man således finne at ingen av dem vil krysse den kritiske grense før etter 30 år. Nå kan riktignok en slik ekstrapolering være høyst diskutabel. Man vet jo ingen ting om lekkasjene vil være av samme størrelsesorden også i årene fremover. Men allting synes i hvert fall å tyde på at ruter av typene Schalke og Thermopane vil ha en akseptabel levetid når de er riktig brukt.

Også for Cudo, Polyglass og Polyverbel finner man en stigning i duggpunktkurvene av samme størrelsesorden som for Schalke og Thermopane. For Cudo er dette ikke uventet, og Cudo-ruter kan forventes å ha en akseptabel levetid når de er riktig brukt. For Polyglass og Polyverbel er imidlertid resultatet litt overraskende, da den eldre produksjon jo oppviste meget høye skadefrekvenser. Forklaringen ligger i at skadefrekvensene er beregnet på det samlede antall ruter, mens duggpunktkurvene er gjort opp etter at de defekte ruter er trukket fra. De defekte ruter ble nemlig stort sett funnet på utsatte steder, mens de intakte

gjørne var godt beskyttet mot vær og vind. Selv de eldste Polyglass- og Polyverbel-ruter må til å begynne med ha vært bra tette. De store skadene skyldes først og fremst en overfølsomhet for vann. For de nyere ruter er det ikke observert skader, og det er hittil ingenting som tyder på at disse ruter ikke skal ha en akseptabel levetid.

For de øvrige 5 rutetyper, nemlig Gado, Aluco, Aterphone, Duoterm og Multipane, er materialet meget begrenset, og det kan ikke trekkes særlig sikre konklusjoner. Det eneste som er verd å merke, er at duggpunktene stort sett ligger på et høyt nivå, omenn på den riktige side av den kritiske grense. Dette må tas som en indikasjon på at man ikke har vært tilstrekkelig omhyggelig med å dehydrere rutene.

Materialet fra duggpunktmålingene er også blitt gjennomgått for å belyse saken fra andre synspunkter. Således er det blant annet undersøkt om ruten størrelsen har noen innflydelse. Det har vist seg at meget små ruter, samt avlange ruter med én meget kort side, jevnt over har et høyere duggpunkt enn de mere vanlige størrelser. Det er tydelig at slike små ruter svekkes hurtig, men ikke så fort at man kan snakke om noen regulær nedbrytning av kantforseglingen.

Videre er det undersøkt om vindustypen skulle ha noen innflydelse. Dette ble nemlig ansett for høyst sannsynlig. Man kom imidlertid frem til det noe overraskende resultat at vindustypen ikke hadde noen påviselig innflydelse på duggpunktet for intakte ruter. Dette er meget interessant, sammenlignet med de høye skadefrekvenser for visse rutetyper med limt kantfor-

segling innsatt i topp- og bunnhengslede vinduer. Det at kantforseglingen hos disse rutetyper blir utett ved lengre tids kontakt med vann, lafer til å være en nedbrytningsprosess som det er vanskelig å oppdage før den er fullført.

Som en avslutning på presentasjonen av materialet fra duggpunktmålingene skal vi se litt på innflydelsen av hurtig pulserende mekaniske påkjenninger. Dette vil bli gjort ved to eksempler.

Det ene var et venterom på en 2 år gammel rutebilstasjon, hvor det var 6 Schalke-ruter på 66 x 170 cm montert i fast karm. Karmen på den doble inngangsdøren var fast forbundet med vinduskarmen. De målte duggpunkt fremgår av *fig. 4*. Som man vil se, hadde de 4 rutene lengst borte fra dørene duggpunkt på ca.  $-20^{\circ}\text{C}$ , mens de 2 nærmest dørene var svekket til henholdsvis  $-16^{\circ}\text{C}$  og  $-11^{\circ}\text{C}$ . Forskjellen skyldes ganske sikkert vibrasjoner fra dørene.

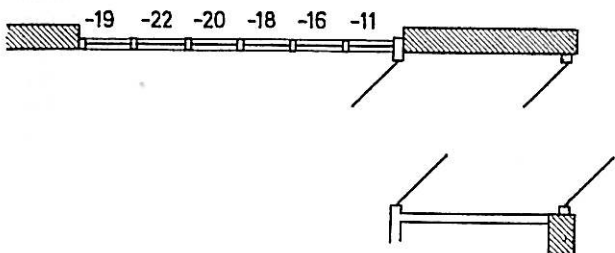


Fig. 4. Inngangsparti og vindusvegg på en rutebilstasjon.

Det andre eksemplet var en liten restaurant høyt oppe i en fjellside, 1 030 m o.h. Stedet lå meget utsatt til for vind omkring syd og hadde 6 ca. 6 år gamle Thermopane trippelruter. De målte duggpunkt fremgår av *tabell VI*.

Tabell VI. Duggpunkt for trippelruter utsatt for kraftige vindpåkjenninger.

Rute nr.	Duggpunkttemperatur $^{\circ}\text{C}$	
	indre luftrom	ytre luftrom
1	-12	-2
2	-9	-7
3	-16	-5
4	-14	+3
5	-13	+3
6	-16	-13
Gjennomsnitt	-13	-4

Som man vil se, er duggpunktet for det indre luftrom i hvert enkelt tilfelle bedre enn for det ytre og i gjennomsnitt  $-13^{\circ}\text{C}$  mot  $-4^{\circ}\text{C}$ . Forskjellen kan kun forklares på grunnlag av vindpåkjenningene, som vil virke kraftigere på kantforseglingen for det ytre luftrom enn for det indre.

#### Slutning

Undersøkelsene har tydelig vist at det ikke er lett å lage bestandige forseglede ruter. Selv store anerkjente firmaer har mislykkes.

For alle de mest benyttede rutetyper har det hittil vært en stor spredning i duggpunkttemperaturen for

nye ruter. Selv om produksjonen av forseglede ruter foregår på industriell basis, bærer den fortsatt tydelig preg av håndarbeide.

De registrerte skader er i gjennomsnitt meget høye, nemlig 9,2 %. Dette høye tall skyldes den eldre produksjonen av visse rutetyper. For resten av rutene er skadene relativt små.

Ingen forseglede ruter er absolutt tette, i det minste ikke slike med direkte glass-metall eller limt kantforsegling. For de beste typer stiger imidlertid duggpunktet såpass langsomt at den forventede levetid må betraktes som fullt akseptabel.

Meget små ruter, såvel som avlange ruter med én meget kort side, svekkes hurtigere enn de vanligere størrelser.

Ruter i sterkt trafikerte dører vil svekkes hurtig eller få regulært brudd i forseglingsen. Ruter ved siden av slike dører kan også skades om karmene ikke er tilstrekkelig stive til å hindre overføring av vibrasjoner. Riktig innsatte ruter i lite trafikerte dører klarer seg imidlertid bra.

Kraftige vindpåkjenninger har vist seg å svekke rutene på tilsvarende måte som vibrasjoner fra dører. Hittil har man imidlertid i praksis ikke funnet noen rute som er blitt direkte ødelagt av vind.

Lengre tids kontakt med vann kan føre til at kantforseglingen ødelegges, spesielt ved limte rutetyper. Det er viktig at fals, glasslister og innsetting er riktig utført.

De forskjellige rutetyper kan gis følgende sluttvurdering:

#### Type Ia Gado

Undersøkelsene har bekreftet at Gado-ruter av eldre produksjon hadde lett for å sprekke. Duggpunktene for disse ruter ble også funnet å være høye.

Gado-ruter av den nye produksjon har ikke vært med i feltundersøkelsen. For disse ruter er det hittil ikke meldt om noen sprekking, og duggpunktet skal være på riktig nivå. Det foreliggende materiale tillater ingen konklusjoner om det nye produkts bestandighet.

#### Type IIa Schalke og Type IIb Thermopane

Disse to typer skal teoretisk sett være likeverdige, og det har heller ikke vært mulig å påvise noen forskjell.

Disse ruter bør ikke innsettes i dører med sterk trafikk, ved siden av slike dører med svake karmen, eller på andre steder hvor de kan bli utsatt for kraftige vibrasjoner. I slike tilfeller kan det nemlig bli sprekker i kantforseglingen. Den direkte glass-metall forsegling later forøvrig til å være lite følsom for vann. Lengre tids kontakt med vann bør imidlertid unngås.

De registrerte skader for Schalke og Thermopane er små. Duggpunktet for nye ruter kan være høyst forskjellig. Duggpunktet svekkes også med tiden, men økningen er liten. Allting synes å tyde på at riktig brukte ruter vil ha en akseptabel levetid.

#### Type IIIa Aluco

Undersøkelsene omfattet kun et lite antall helt nye ruter. Disse hadde høye duggpunkt, noe som tyder på at tørrestoffet ikke har vært tilstrekkelig tørt. Materialet sier ikke noe om disse ruters bestandighet.

#### Type IIIb Aterphone

Antallet Aterphone-ruter var også lite. Det var store skader blant rutene av den eldre produksjon fra 1957/

59. Den senere produksjon var bare representert med en enkelt rute med høyt duggpunkt. Disse ruters bestandighet er et åpent spørsmål.

#### *Type IIIc Cudo*

Også for Cudo er de registrerte skader små. Samtlige defekte ruter ble dessuten funnet i topphengslede vinduer på utsatte steder. Det er åpenbart at disse skader skyldes lengre tids kontakt med vann.

Det er stor spredning i duggpunkttemperaturerne for nye Cudo-ruter. Duggpunktet øker bare lite med rutenes alder, og riktig brukte ruter ventes å ha en akseptabel levetid.

#### *Type III d Duoterm*

De kontrollerte Duoterm-ruter var innsatt i 1960/61 og var altså nesten nye. Det ble ikke registrert noen skader, men duggpunktene var høye. Tørrestoffet har sannsynligvis ikke vært tørket tilstrekkelig. Materialet tillater ingen sikre konklusjoner om rutenes bestandighet.

#### *Type III e Multipane*

Antallet kontrollerte Multipane-ruter var lite og kun fordelt på 3 år, fra 1960 til 1962. To av de eldste ruter var defekte. Disse hadde imidlertid dårlig overdekning av utvendig metallprofil, og skadene skyldes antagelig at vann har blitt stående i profilet.

De målte duggpunkt var høye og tyder på dårlig tørking av tørrestoffet.

Materialet tillater ingen sikre konklusjoner om rutenes bestandighet.

#### *Type III f Polyglass*

De undersøkte Polyglass-ruter kan deles på 3 produksjonsperioder. For rutene fra første periode, 1955/58, var skadene store, og disse ruter har tydeligvis ikke vært særlig bestandige. De nyere ruter har hittil klart seg bra.

De målte duggpunkt for intakte ruter er høyst forskjellige, men øker bare lite med rutenes alder. Polyglass-rutene fra siste produksjonsperiode ventes å ha en akseptabel levetid når de er riktig brukt.

#### *Type III g Polyverbel*

For Polyverbel er situasjonen på mange måter den samme som for Polyglass. For de eldste ruter var skadene store, selv mye større enn for Polyglass. Også for mellomperioden 1958/60 var skadene større. Forskjellen skyldes antagelig først og fremst at størsteparten av Polyverbel-rutene ble funnet i luftvinduer på utsatte steder, mens alle de eldre Polyglass-ruter var i faste vinduer og tildels beskyttet mot vær og vind.

De eldste Polyverbel-ruter har tydeligvis vært overfølsomme for vann. Rutene fra mellomperioden har vært mye bedre, men også disse har vært følsomme for vann. De nyeste ruter har imidlertid hittil klart seg bra. Duggpunktet for intakte ruter er høyst forskjellig, men tilstrekkelig lavt. Den antatte økning i duggpunkt med rutens alder er også tilstrekkelig lav, og det er hittil ingenting som tyder på at riktig brukte Polyverbel-ruter fra den siste produksjonsperiode ikke skal ha en akseptabel levetid.

#### *Referanser:*

- [1] Tore Gjelsvik: Tests with Factory-sealed Double-glazed Window Units. Norges byggforskningsinstitutt, Rapport 33. Oslo 1962. (På eng.).
- [2] Alf Bastiansen: Isoleringsglass i norsk klima. Bygg nr. 2, 1961, s. 29—36. Norges byggforskningsinstitutt, Særtrykk 53. Oslo 1961.
- [3] Tore Gjelsvik: Performance of Sealed Double-glazing Units in Severe Norwegian Climate. The West Coast Field Study 1963. Norges byggforskningsinstitutt, Rapport 44. Oslo 1965. (På eng.).