Utvecklingen av väg-projekteringstekniken sedan 1950-talet

Av Carl-Olof Ternryd

När utvecklingen av bilismen tog fart i Sverige åren efter andra världskriget, ökade kraven på landets vägar och väghållning dramatiskt. Vägnätet bestod till större delen av grusvägar med låg kapacitet beträffande såväl framkomlighet som bärighet och allteftersom trafikvolymen växte, ökade också problemen med trafiksäkerheten.

Vägplan 57

Den första vägplanen framlades av Väg och Vattenbyggnadsstyrelsen i november 1957 och i den planen presenterades ett förslag till investeringsplan för vägnätet för tioårsperioden 1958–1967. Planen byggde på en inventering av de totala utbyggnadsbehoven för perioden fram till år 1975. Planen omfattade såväl allmänna vägar på landsbygden och i städer och samhällen, där kronan var väghållare, som statsbidragsberättigade vägar och gator i städer och stadsliknande samhällen, som själva var väghållare.

Huvuddelen av utbyggnadsbehoven förutsattes komma till utförande först efter år 1967. I Planen förordades, att investeringarna skulle koncentreras till de viktigare trafiklederna under åren 1958–1967. Detta innebar för landsbygdens del, att något mer än hälften av de föreslagna investeringsanslagen under perioden 1958–1967 skulle gå till riksvägarna. Vägplanen innehöll ett konkret förslag till längd, sträckning och utbyggnadsstandard för ett riks- och stamvägnät, som omfattade nära 14 000 km varav ca 1 400 km inom städer och samhällen, som var väghållare. Riksvägnätet skulle omfatta "de för näringslivet och befolkningen viktigaste vägarna samt de genomgående och sammanbindande lederna". Som främsta urvalskriterium användes vägarnas funktion och därnäst trafikmängden.

Riksvägarnas uppgift tänktes i första hand vara att bilda goda transportleder mellan större råvaruområden, gruvor, industrier och hamnar, samt binda samman landets viktigare produktions- och konsumtionsområden. Riksvägnätet skulle också binda samman alla de tätorter, som kunde anses vara regioncentra med läns- och landsdelscentra och dessa större centra i sin tur med varandra och med huvud-

staden. Riksvägarna skulle även knyta samman det svenska vägnätet med viktigare internationella leder. Riksvägnätet i södra och mellersta Sverige skulle omfatta alla vägar med en beräknad sommarmedeldygnstrafik om minst ca 1 500–2 000 bilar år 1965. Detta motsvarade en faktisk sommarmedelsdygnstrafik år 1953 om ca 500 bilar. För de norra delarna av landet var motsvarande riktvärden 600–700 bilar år 1965, vilket motsvarade ca 200 bilar år 1953.

Utformningen av landets riksvägnät följde huvudsakligen den s k pärlbandsprincipen, vilket innebar, att vägarna drogs i anslutning till alla viktigare industri- och bebyggelsecentra längs huvudriktningen. Anledningen var främst önskemålet att tillgodose den kortväga biltrafiken mellan närliggande centra. Denna trafik utgjorde det dominerande inslaget på nästan alla vägar. Pärlbandsprincipen skulle tillgodose behoven från såväl kortväga trafik som mer långväga.

En annan ledande princip var att söka koncentrera vägutbyggnaderna och kanalisera trafiken till viss huvudsträckning för att därigenom minska kapitalinvesteringarna och öka nyttan av investeringarna. Riksvägarna ansågs därmed med fördel kunna ges en högre standard.

Väplan 57 innehöll inte någon fullständig plan för vägnätets utformning och standard för de övriga allmänna vägarna på landsbygden på samma sätt som för riksvägarna. Planen angav istället principerna för upprustningen av det vägnätet. Länsvägarna, vars längd förutsågs komma att öka från omkring 79 000 km år 1955 till 81 000 km år 1975, uppdelades i tre kategorier:

* Länsvägar av synnerligen stor betydelse för näringslivet, befolkningen och riksförsvaret — ca 18 950 km
* Andra viktiga länsvägar — ca 22 600 km
* Övriga länsvägar — ca 39 450 km

Samtliga länsvägar avsågs i princip böra erhålla samma bärighetsstandard som riksvägnätet, dvs 10 tons axeltryck och 18 tons boggitryck. Kraven på geometrisk standard sattes däremot lägre för länsvägarna och med en viss differentiering med hänsyn tagen till vägarnas betydelse.

För det statsbidragsberättigade lokala väg- och gatunätet i städerna angav Vägplan 57 inte någon bestämd standard. Med hänsyn till bristen på lokala trafikledsplaner kunde ej heller den framtida längden av det statsbidragsberättigade lokalvägnätet i städerna anges.

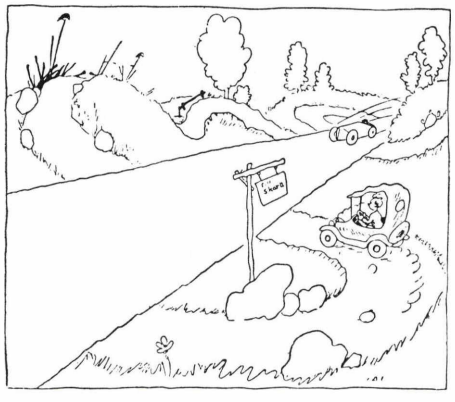
I Vägplan 57 var man ganska osäker om, hur de framtida vägnormerna och vägstandarden skulle utformas, men man behövde ändå åtminstone preliminära normer som riktlinjer till ledning för den aktuella vägplaneringen och vägbyggandet. I planen framhölls angelägenheten av en fortlöpande anpassning av vägnormerna till den tekniska utvecklingen och till resultaten av pågående in- och utländsk

forskning. En sådan anpassning ansågs nödvändig på grund av den framträdande plats, som standardfrågorna har i planeringsarbete och med hänsyn till deras betydelse för trafiksäkerheten och vägtransportekonomin.

Även i frågan om den föreslagna utformningen och sträckningen av vägnätet framhölls nödvändigheten av en fortlöpande uppföljning och översyn av den föreslagna vägplanen med hänsyn till trafikutvecklingen och eventuella ändringar i trafikmönstret. Man framhöll även önskvärdheten av, att försök gjordes att klarlägga de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för att genom successiv utbyggnad öka en vägs kapacitet och standard stegvis i förhållande till kraven. Vägplan 57 godkändes av riksdagen 1959 som en principplan för den framtida utbyggnaden av vägnätet. Riksdagen bestämde samtidigt, att med hänsyn till nödvändigheten av att göra en avvägning mellan väginvesteringar och andra investeringar i samhället skulle väginvesteringarnas omfattning liksom tidigare prövas årligen med beaktande av samtliga på frågan inverkande faktorer.

I vägplan 57 angavs principerna för framförallt riksvägnätets utformning och huvudsträckningar enligt pärlbandsprincipen. Motorvägen gjorde sin entré och så småningom blev även den s k trettonmetersvägen aktuell som typsektion för riksvägarna. I USA påbörjades under 1950-talet en betydande utbyggnad av det s k federala vägnätet och i samband därmed bedrevs där ett omfattande forskningsarbete beträffande dimensionering av vägars geometriska och bärighetstekniska standard. Ett mycket brett upplagt och genomfört provvägsförsök i stor skala (AASHO Road Test) gav resultat för bestämning och dimensionering av vägars bärighet, som kom att användas i ett flertal länder. En betydande del av kunskapen beträffande geometriska och bärighetstekniska normer för vägarna hämtades från utlandet.

Väg och vattenbyggnadsstyrelsen utgav år 1955 anvisningar för



1. Den gamla vägens poesi (Jac). Ur MHF 10 år, 1926–1936. Stockholm 1936.

vägars geometriska utformning och dessa anvisningar kompletterades därefter successivt under årens lopp, bl a med hänsyn till de internationella erfarenheterna.

Behov av teknologisk utveckling

De riktlinjer för det svenska vägnätets utveckling och utbyggnad som fastlades i vägplan 57 innebar bl a ett starkt behov av utvecklingen av teknologin såväl för planering och projektering som byggande och underhåll.

Det svenska vägnätet under 1950- och 60-talet

Utbyggnaden av det svenska vägnätet under 1960-talet var mycket betydande och man kan konstatera, att under detta decennium lades grunden till dagens vägnät och dess principiella huvudsträckningar. Standarden på vägnätet förbättrades successivt och ett mått på detta kan anges av fördelningen mellan belagd väg och grusväg. Av det totala statliga vägnätet på ca 100 000 km var i början av 1950-talet ca 6–7 % belagda medan i slutet av 1960-talet motsvarande siffra var 25 %. Med tillägg för beläggning med oljegrus steg siffran till ca 45 %. Oljegruset introducerades i slutet av 1950-talet som en enklare beläggningstyp för vägar med låg trafik. I slutet av 1960-talet var så

2. Bohuslänskt vägparti av god standard under mellankrigstiden. Foto D Samuelson 1926, TM.



gott som hela riksvägnätet och huvuddelen av de viktigaste länsvägarna, de s k genomgående länsvägarna försedda med varaktig beläggning. Man uppskattade år 1968 att ca 85 % av trafikarbetet på landsbygdens allmänna vägnät genomfördes på belagda eller oljegrusbehandlade vägar. Man angav också då, att asfaltbeläggningarna dominerade fullständigt. De tidigare inte så sällan förekommande stenbeläggningarna hade försvunnit så gott som helt.

Under 1950-talet var det dominerande axel- och boggitrycket på landets vägnät 6 tons axeltryck och 10 tons boggitryck (6/10). Endast några få procent av vägnätet var upplåtet för 8/12 ton. Under 1960-talet ägde en betydande höjning av det tillåtna axel-boggitrycket rum på huvuddelen av vägnätet. År 1968 var 96 % av landets riksvägnät upplåtet för 8/12 tons axel-boggitryck eller mer. Introduktionen av 10/16 ton axel-boggitryck började under 1960-talet. En av anledningarna till att man successivt kunde höja axel-boggitrycket på vägnätet var ombyggnaden och upprustningen av brobeståndet. År 1968 tillät ca 47 % av broarna på landsbygdens allmänna vägnät ett boggitryck på 22 ton. Detta boggitryck motsvarade de rekommendationer, som gjordes i 1957 års vägplan. Det fanns dock kvar en betydande mängd broproblem, som hindrade ytterligare höjningar av den tilllåtna bärigheten på vägnätet. De broar, som byggts före år 1945 tillät i allmänhet inte ett högre boggitryck än 10 ton. Antalet broar på det allmänna vägnätet uppgick år 1968 till 9 640 inklusive broarna inom städerna.

I syfte att följa standardutvecklingen på vägnätet i förhållande till trafikens krav infördes under 1950-talet s k kvalitetsgradering. Vägarnas kvalitet med avseende på bärighet, körbanebredd, typ av slitlager, siktförhållande, randbebyggelse etc poängsattes och bedömningen av vägens kvalitet skedde därefter genom jämförelse mellan vägens totalpoäng och trafikflödets storlek. Vid stora trafikflöden erfordrades maximal kvalitetspoäng, för att fullgod vägstandard skulle anses föreligga. Ändamålet med kvalitetsgraderingen var främst, att man ville åstadkomma en enhetlig norm för jämförelse av standarden på skilda vägsträckor i olika delar av landet. De regionala skillnaderna hade inflytande på fördelningen av tillgängliga investeringsmedel över landet. Kvalitetsgraderingen utnyttjades som hjälpmedel, då det gällde att analysera och bedöma behovet av ombyggnad och förbättring av vägnätet inom regionerna.

Kvalitetsgraderingen var avsedd att ge ett mått på vägens bärighets-, trafiksäkerhets- och reshastighetsstandard. Under 1968 ansågs ca 40 % av det s k Europavägnätet ha fullgod standard i förhållande till rådande trafik och 25 % ha godtagbar standard. Motsvarande andelar för det övriga riksvägnätet uppgick till 34 % resp 30 % och för de genomgående länsvägarna 21 % resp 27 %. I förhållande till den målsättning för år 1975 som angavs i 1957 års vägplan hade 33 % av Europavägnätet och 31 % av det övriga riksvägnätet fullgod stan-

dard. Det hade inte varit möjligt att helt fullfölja intentionerna i vägplanen främst beroende på, att tilldelningen av medel till vägsektorn blev lägre, än vad som förutsågs i Vägplan 57.

Vägplan 70

Under 1968 påbörjades arbete med nästa vägplan. Detta utredningsarbete med f d statsrådet Gösta Skoglund som ordförande gav som resultat Vägplan 70, som lades fram 1969.

Sedan föregående vägplan hade trafikmängden utvecklats betydligt snabbare, än vad som förutsetts både beträffande personbilstrafiken och lastbilstrafiken. Lastbilstransporterna dominerade mer och mer över järnvägstransporterna och i vägplan 70 räknar man med att närtransporterna med lastbil i genomsnitt kommer att fyr- eller femfaldigas samt att fjärrtransporterna kommer att tre- eller fyrfaldigas under perioden 1966–1985, vilket motsvarar en genomsnittlig årlig ökning av ca 7,5–9 % resp 6–7,5 %. Industrins krav på kvalitet och säkerhet i godstransporterna ökade allteftersom förskjutningen från råvaruproduktion till mer bearbetade produkter utvecklades. De prognoser, som upprättades för persontrafikens och lastbilstrafikens utveckling, gav som resultat en genomsnittlig årlig tillväxt av trafikarbetet på vägnätet under perioden 1966–1975 av ca 5 % och under perioden 1976–1985 med ca 3,5 %. Detta innebar, att det sammanlagda trafikarbetet år 1975 skulle uppgå till 51 miljarder fordonskilometer. Vägplan 70 hade i sina prognoser uppskattat samma trafikarbete till 35–40 miljarder fordonskilometer.

Kraven på vägnätets kapacitet beträffande framkomlighet och bärighet växte i takt med trafikutvecklingen och i direktiven till vägplan 70 angavs, att man skulle räkna med två alternativ beträffande ökningen av väganslagen fram till år 1975, dels ett alternativ med en årlig höjning av 7,5 %, dels ett alternativ med en årlig tillväxt enligt den antagna tillväxten av bruttonationalprodukten, dvs 4 %. För perioden 1975–1985 skulle utredningen redovisa väginvesteringsbehoven och de antaganden om den ekonomiska utvecklingen, som låg till grund för utredningens ställningstaganden. Man skulle även redovisa de samhällsekonomiska konsekvenserna av ett godtagande av förslagen. Utredningen anför i sitt betänkande bl a följande beträffande utvecklingen av de framtida ramarna för väghållningen:

"Till ledning för statsmakternas beslut rörande framtida anslagsramar och anslagsfördelning har utredningen sökt belysa den samhällsekonomiska lönsamheten av de väg- och gatuinvesteringar, som kan genomföras under perioden 1970–79 vid de båda alternativa anslagsramarna. Som underlag har därvid utnyttjats resultaten från utförda lönsamhetsbedömningar av ny- och ombyggnadsföretag på landsbygdens allmänna vägar och på statsberättigade trafikleder i städer och samhällen, som är väghållare. Beräkningarna ger vid handen, att en årlig anslagsökning med 7,5 % i fasta priser under perioden 1970–79 är ekonomiskt motiverad vid givna förutsättningar beträffande tids-

och olycksvärdering, prissättning på vägtjänster (bilbeskattning m m). Den nyttoökning för samhället, som kan erhållas vid den högre anslagsramen jämfört med den lägre, synes således väl motivera skillnaden i investeringsutgifter för vägar och gator under perioden."

Utredningen ansåg sig inte ha tillräckligt underlag för att uttala sig i bestämda ordalag om erforderlig anslagsutveckling för perioden 1980–84. Utredningen förordade att för perioden 1970–79 vid en årlig ökning av väganslagen med 7,5 % skulle driftutgifterna öka med drygt 6 % årligen medan byggnadsanslagen borde öka med 8,5 %, allt räknat i fasta priser. Detta ställningstagande i Vägplan 70 skulle innebära en kraftig utbyggnad av vägnätet.

De av Vägverket framtagna behovs- och långtidsplanerna visade att behovet av denna upprustning var väl motiverad. Till skillnad från Vägplan 57 angavs inte någon ny fysisk vägplan i Vägplan 70. Vägverkets inventeringar av behoven bl a med ledning av kvalitetsgraderingen redovisades i planen och det framtida utbyggda vägnätet avvek inte mycket ifrån det vägnät, som angivits i Vägplan 57. Vägplan 70 ställde krav på utveckling av det ekonomiska planeringssystem, som låg till grund för angelägenhetsgraderingen eller prioriteringen av vägnätets utbyggnad.

Vägplanen behandlade ingående frågan om vägnätets standard och fann bl a att den i tidigare normer angivna målsättningen varit alltför hög. I vägplan 57 angavs t ex att motorväg skulle byggas där trafikflödet öppningsåret uppgick till ca 2 300 fordon per årsmedeldygn. Vägplan 70 angav motsvarande trafikvolym för motorvägssektion till 6 000 fordon per årsmedeldygn öppningsåret vid genomsnittliga byggnadskostnader. Etapputbyggnad med en körbana i taget kunde övervägas med hänsyn till den framtida trafikutvecklingen. I princip angavs att motorvägssektion erfordrades där trafikflödet beräknades överstiga 9 000 fordon per årsmedeldygn år 1985. Man tog även hänsyn till kontinuiteten i vägstandarden och angav därför: "att det är angeläget att ombyggnadsåtgärderna för den kvantitativt sett dominerande kortväga trafiken anpassas så, att ett logiskt sammansatt och från standardsynpunkt kontinuerligt vägsystem för hela landet erhålls. Därvid bör även hänsyn tas till olika vägars funktion. Ett uttryck för detta är, att i en del fall ombyggnad till motorväg har upptagits även vid mindre trafikflöden än de 9 000 fordon per årsmedeldygn 1985, som preliminärt satts som gräns".

Utredningen förutsatte motorvägssektion för förbindelserna
E 3 Göteborg–Stockholm
E 4 Hälsingborg–Stockholm–förbi Sundsvall
E 6 Vellinge–förbi Uddevalla
E 18 Grums–Stockholm
Rv 15 Malmö–Karlskrona
Rv 40 Göteborg–förbi Borås

av kontinuitetsskäl även på de delsträckor där trafikflödet understeg 9 000 fordon per årsmedeldygn år 1985. På dessa sträckor skulle enbart en körbana utbyggas i form av motortrafikled.

Vägplan 70 innebar ett stort steg för utvecklingen av landets vägnät till moderna trafikleder, trots att statsmakterna i sina beslut fann, att direktiven för utredningen om den kraftiga årliga anslagsökningen om 7,5 resp 4 % årlig real tillväxt inte kunde innehållas.

Trafiken fortsatte emellertid att öka och detta ställde stora krav på kapacitet och kvalitet i den process som ligger till grund för vägutbyggnaden. Någon ny officiell vägplaneutredning har inte utförts sedan vägplan 70. Riksdagen har år för år tagit ställning till takten i väghållningens utveckling och de direktiv, som utfärdats för upprättande och revidering av de långsiktiga planerna för vägutbyggnaden har alltid angivit högre finansiering, än vad som sedan blivit fallet i medelstilldelning.

Trafikflödet har stadigt ökat fram till våra dagar med undantag för några år under senare delen av 1970-talet beroende på den då rådande osäkerheten om drivmedelsutvecklingen på grund av de olika oljekriserna. Vägnätet har utvecklats bit för bit och standardkraven har anpassats mera till möjligheterna att finansiera utbyggnaderna. En mängd vägbyggnadsobjekt skjuts stadigt framåt i tiden och proble-

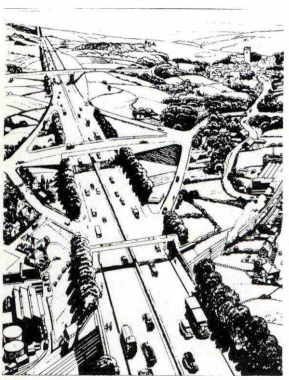
3. Trafikflödet har stadigt ökat fram till våra dagar med undantag för oljekriserna på 1970-talet. Foto Kay Danielson 1990, TM.



men med att hålla vägnätet i ett operationellt acceptabelt skick i förhållande till trafikens krav har ökat. Ombyggnad och förbättring av det stora brobeståndet ger i dag stora finansieringsproblem och utgör en flaskhals för anpassningen av landets vägnät till den europeiska bärighetsstandarden. Den industriella produktionen har fortsatt sin utveckling emot bearbetade produkter, vilket medfört att kraven på snabba och säkra godstransporter stadigt har ökat.

Kapitalanvändningen har också stadigt blivit väsentligare för industrin och de höga kapitalkostnaderna har medfört en ny syn på lagerhanteringen i produktionskedjan. *Just in Time* – begreppet för godstransporterna har blivit väsentligt, allteftersom värdet på de bearbetade industriprodukterna stigit och kapitalkostnaderna ökat. Detta innebär en starkt utveckling av företagens logistik och en stor del av lagren för såväl råvaror som mellanprodukter och bearbetade produkter befinner sig på väg. Detta medför att lastbilstransporterna har stadigt ökat på järnvägstransporternas bekostnad. Utvecklingen emot ett tjänste- eller kunskapssamhälle har tillsammans med den allmänna ökningen av människornas krav på rörlighet inneburit ökande trafikvolymer för flygtransporterna och vägtrafiken.

Vägprojektering



I samband med förberedelserna till Vägplan 57 och med hänsyn till den då förutsebara tillväxten i trafiken framstod det klart, att kraven på kvalitet i vägprojekteringsprocessen skulle komma att öka dramatiskt. Även den internationella utvecklingen gav entydigt samma besked. Nya linjeföringselement måste införas. Det räckte inte längre, att enbart arbeta med raklinjer och cirkulära kurvor. Vägens linjeföring i plan och profil måste anpassas väl till terrängen, dels för att underlätta för bilföraren att uppfatta sin trafikmiljö, dels för att motsvara de krav, som ökade beträffande vägestetiken. Det erfordrades såväl ny teknik som nya hjälpmedel för att motsvara kraven. Samspelet mellan vägprojektör och vägbyggare och vägunderhållare ökade också i betydelse. Det blev väsentligt, att vägprojektörens intentioner verkligen kom till utförande i landskapet och inte stannade på ritningarna och kartorna i arkiven.

Vägverkets organisation måste också anpassas och tre särskilda kontor med ansvar i första hand för projekteringen av motorvägarna inrättades, i Stockholm, Malmö och i Jönköping. Den första motorvägen, som öppnades för trafik var leden Lund–Malmö och så småningom öppnades även en del av Norrtäljevägen i Stockholm.

Avancerad metodik för vägprojektering utvecklades bl a i Italien och i Tyskland. Klotoiden som linjeföringselement infördes såväl i vägens linjeföring som i trafikplatser och vägskäl. En klotoid är en kurva med kontinuerligt växande radie och användes bl a som övergångskurva mellan raklinje och cirkulär kurva. Den var till en början komplicerad att använda, eftersom den innebar mycket räknearbete.



4. Introduktion av ny teknologi och nya metoder kräver alltid en omsorgsfull utbildning. Foto Lundin, Vägverket.

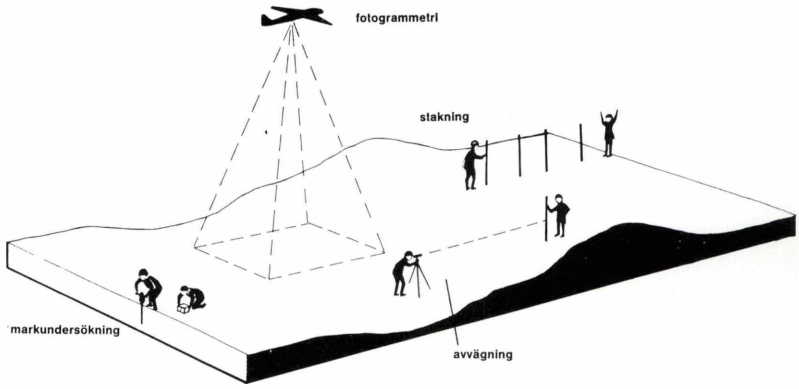
Detta underlättades så småningom genom publicering av tabeller och anvisningar för utnyttjande. De första tabellerna, Klotoidentafel, kom från Tyskland. Det krävdes mycken utbildning av såväl vägprojektörer som vägbyggare, för att den moderna projekteringstekniken skulle få genomslag.

De estetiska kraven på väglinjens anpassning till den omgivande miljön ökade kraftigt under 1950-talet, dels för en ökad trafiksäkerhet, dels av rena miljöhänsyn. Så småningom började också rösterna höjas beträffande miljöstörningar i form av buller och det ökade kraven på projektörens resultat. Samtidigt som trafikens krav på rationell väghållning steg, ökade också allmänhetens motstånd mot vägbyggande, vilket innebar, att det krävdes mer och mer av upplysning om vägobjektets konsekvenser av olika slag. Kraven på teknik för presentation av alternativa lösningar steg. Från Tyskland kom ideérna om s k mjuk linjeföring för de nybyggda vägarna. Det innebar en uppfattning, att väglinjen skulle bestå av enbart cirkulära kurvor med klotoider som övergångskurvor. Mjuk linjeföring praktiserades i betydande omfattning för avancerad vägprojektering i Mellaneuropa, men slog aldrig riktigt igenom i vårt land. Idéerna kom emellertid att

starkt påverka utvecklingen av vägars geometriska linjeföring. Kraven på utformning och anpassning av väglinjen till ett naturligt element i den omgivande terrängen blev väsentliga och det påverkade projekteringsmetodiken avsevärt. Undersökning och presentation av olika alternativa linjeföringar blev ett krav och detta förhållande ställde i sin tur ökande krav från projektören på tillgång till informationer om terrängens topografi, geologi etc.

Tidigare projekteringsmetodik innebar i princip att väglinjen stakades i terrängen, varefter en relativt enkel karta i lämplig skala upprättades utmed väglinjen genom mätning i fält med väglinjen som bas. Hjälpmedel var i allmänhet avvägningsinstrument, takymetermätbord, mätband och vinkelprisma. Denna metodik medgav begränsade möjligheter till undersökning av alternativa lösningar och eftersom utformningen av linjeföringen skedde i fält med i allmänhet liten överblick blev möjligheterna till anpassning till den omgivande miljön små. Tillgången till kartor över terrängen var begränsad. De officiella kartorna bestod av topografiska kartor över landet i skala 1:100 000 eller 1:200 000. Under femtiotalet började upprättande av den ekonomiska kartan över landet att ta fart. Den bestod i en karta i skala 1:10 000 med en sammansatt flygbild som underlag och med redovisning av fastighetsgränser, markanvändning etc. Den ekonomiska kartan framställdes med hjälp av fotogrammetrisk teknik. Kapaciteten för utgivning av den ekonomiska kartan var emellertid begränsad, varför det tog lång tid, innan den var tillgänglig som underlag för vägprojektering.

Användningen av fotogrammetriska metoder för upprättande av kartor i olika skalor och för olika ändamål blev mer och mer aktuell under 1950-talet. Det stora genombrottet skedde under 1956, det år då det Internationella Sällskapet för Fotogrammetri höll sin internationella kongress i Stockholm. Där presenterades på ett effektivt sätt de olika möjligheter, som flygbilden och den tredimensionella model-





5. Mätningstekniska hjälpmedel, teodolit, mätband och protokoll. Foto Lundin, Vägverket.

len öppnade för topografisk kartläggning i olika skalor, med eller utan nivåinformation, och lämpliga instrument för mätning direkt i den fotogrammetriska modellen.

Lantmäteristyrelsen och Rikets Allmänna Kartverk började mer och mer använda fotogrammetriska metoder för upprättande av storskaliga grundkartor för samhällsplanering, fastighetsbildning etc. Den fotogrammetriska tekniken introducerades vid upprättandet av de småskaliga officiella kartorna över landet. Även kommunerna började utnyttja flygbilder för sina planeringsändamål. Tekniken för bildtolkning för olika ändamål, t ex för skogsplanering, geologisk-geoteknisk information utvecklades parallellt med tekniken för den topografiska kartläggningen.

För all fotogrammetrisk bearbetning behövs någon form av referens till markens geodetiska koordinatsystem och utvecklingen av instrument för geodetisk mätning satte också fart under 1950-talet. *Tellurometer* och *Geodimeter* är väsentliga representanter för denna utveckling.

Utvecklingen av teknik och metoder för vägprojekteringen krävde ökade möjligheter till att på ett rationellt sätt anskaffa och bearbeta informationer om den miljö i vilken den byggda vägen skulle fungera.

Det rörde sig främst om topografiska och geologiska-geotekniska informationer om terrängen. Den utveckling, som parallellt med vägtekniken var på gång inom fotogrammetrin, geodesin och även inom databehandlingstekniken, passade väl in i tiden. Så småningom blev det möjligt att få tillgång till effektiva kartor, framställda med fotogrammetrisk teknik, men också möjligheter att genomföra de första stadierna i den utvecklade projekteringsprocessen direkt i den fotogrammetriska tredimensionella modellen.

För ett rationellt utnyttjande av de till buds stående hjälpmedlen i form av fotogrammetri, geodetisk mätningsteknik och databehandling blev det nödvändigt att indela vägprojekteringsprocessen i ett antal stadier. Dessa projekteringsstadier kunde även utformas så, att de kunde anpassas till den ekonomiska planeringen av vägutbyggnaden, prioriteringen.

I det första projekteringsstadiet, *lokaliseringen*, fastlades grunderna för vägnätets principer och för principiella alternativa lokaliseringar av det aktuella vägobjektet. För detta ändamål erfordrades översiktliga informationer om landskapets topografi och geologi tillsammans med informationer om lokaliseringen av olika samhälleliga aktiviteter, bebyggelse, industrilokalisering etc. Det skapade som resultat en terrängkorridor, inom vilken det framtida vägobjektet skulle passas in på bästa sätt. Den pärlbandsprincip, som legat till grund för uppbyggnaden av landets vägnät i vägplan 57 påverkade val av terrängkorridor.

I nästa projekteringsstadium, *utredningsprojekteringen*, undersöktes olika alternativa väglinjer inom den terrängkorridor, som fastlagts i samband med lokaliseringsstadiet. Resultatet från utredningen bestod i en väglinje, preliminärt anpassad till terrängen på ett sådant sätt, att kraven på funktion, säkerhet och miljö-estetik var tillgodosedda.

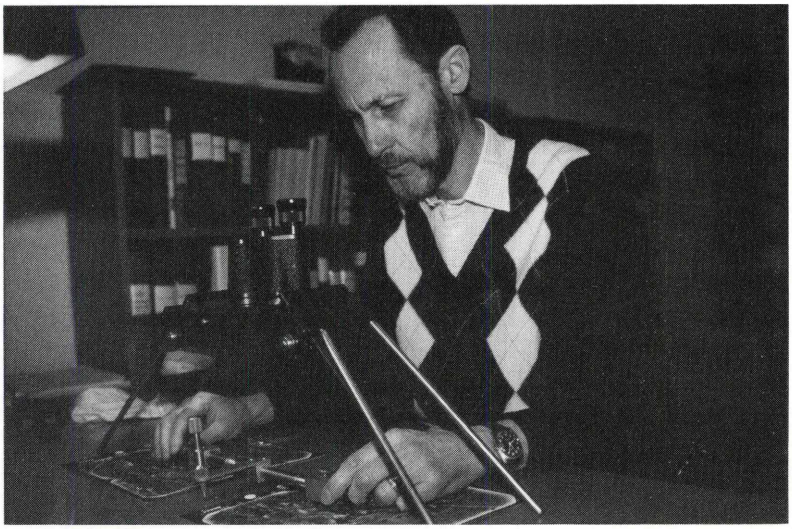
I det tredje projekteringsstadiet, *detaljprojekteringen*, utformades vägkroppen i detalj utmed utredningsplanens väglinje, så att byggnadsprocessen kunde starta.

Övergångsskedet mellan detaljprojektering och byggnadsskedet var också väsentligt. I detaljplanerna över vägobjektet borde förplaneringen av byggandet ingå.

Denna indelning i olika stadier, som var att betrakta som en principiell indelning, var nödvändig, eftersom kraven på detaljeringsgrad hos erforderliga informationer varierade under processens gång, från översiktliga informationer i det första stadiet till mycket detaljerade informationer för detaljprojekteringsstadiet och byggandet.

Lokaliseringsstadiet

Allteftersom den ekonomiska kartan i skala 1:10 000 gavs ut, blev den ett bra hjälpmedel i samband med lokaliseringsfasen. Kartan baserades på rektifierade flygbilder fotograferade i skala 1:30 000. Rikets

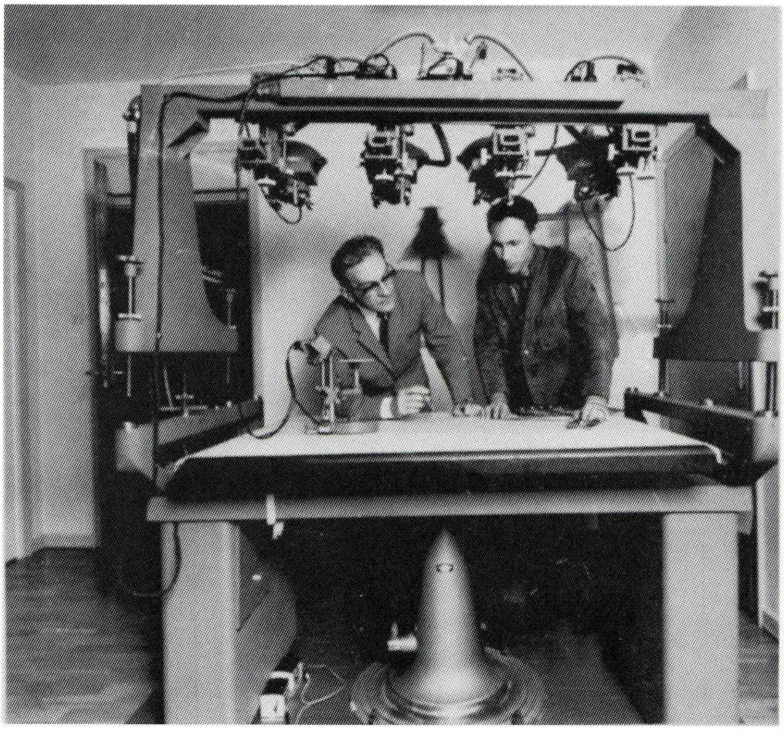


6. Spegelstereoskop, det enklaste instrumentet för studium och bearbetning av tredimensionell fotogrammetrisk modell. Foto Lundin, Vägverket.

Allmänna Kartverk var ansvarig för all flygfotografering i landet. Detta monopol, som bl a förklarades av militära sekretesskäl, var en företeelse på både gott och ont. Det goda var, att eftersom enbart en instans bedrev flygfotografering samlades under årens lopp samtliga flygbildsnegativ i ett arkiv, vilket stod till kundernas förfogande. Det negativa var, att avsaknaden av konkurrens innebar höga kostnader, jämfört med förhållanden i andra länder.

Den ekonomiska kartan innehöll till en början inte några nivåkurvor. Noggrannheten var tillfredsställande för lokaliseringsändamål. Man kunde räkna med ett medelfel i plankoordinaterna på mindre än tio m. I de terrängavsnitt, där det var nödvändigt att ha tillgång till översiktliga höjdinformationer, kunde man utnyttja kartverkets bildmaterial, fotograferat i skala 1:30 000 för ekonomiska och topografiska kartan och bearbeta dem på enklaste sätt med hjälp av *spegelstereoskop, Balplex Plotter* eller *Stereoautograf Wild A 8.* Man valde instrument alltefter kraven på omfattning och önskad noggrannhet.

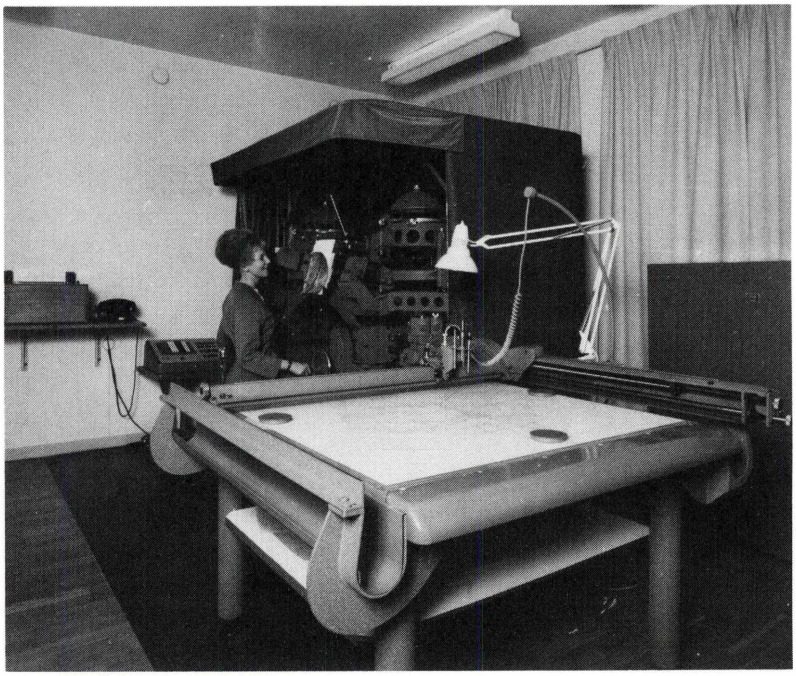
Spegelstereoskopet utnyttjades främst i samband med bildtolkning för informationer om markens geologiska uppbyggnad och dess fuktighetsförhållanden för att bedöma bärighetsförhållandena samt för lokalisering av vägbyggnadsmaterial, grus, bergkross etc. Stereoinstrumentet *Balplex Plotter* utvecklades i USA främst för den fotogrammetriska framställningen av småskaliga kartor. Instrumentet demonstrerades för första gången i samband med den internationella fotogrammetriska kongressen i Stockholm 1956 och visade sig vara ett mycket lämpligt instrument för vägprojektering direkt i den fotogrammetriska modellen. Instrumentet, som är mycket enkelt till sin



7. Balplex Plotter, instrument för projektering direkt i den tredimensionella fotogrammetriska modellen. Foto Lundin, Vägverket.

konstruktion, ger dels möjligheter till att studera hela det terrängområde som täcks av den tredimensionella modellen i en blick, dels möjligheter till kartering i planläge och mätning av höjdförhållanden i form av enstaka punkter, profiler eller höjdkurvor. Tre modeller kan bearbetas samtidigt i instrumentet, vilket ger en god överblick. Vid bearbetning av de flygbilder, som fotograferats i skala 1:30 000 erhålles en tredimensionell modell i skala 1:10 000. Tre modeller efter varandra täcker då ett område om c:a 10 × 6 km. All fotogrammetrisk bearbetning kräver stödpunkter, koordinatbestämda i tre dimensioner, för anpassning till önskat koordinatsystem. Den ekonomiska kartan utgjorde ett lämpligt stödpunktsunderlag för plankoordinaterna. Höjdstödpunkter kunde också i viss utsträckning tas från höjdangivna sjöytor på kartan kompletterade med avvägda punkter.

Fördelen med Balplex Plotter var att arbete i den tredimensionella modellen i instrumentet inte krävde fotogrammetrisk specialkunskap eller operatörsvana. Det krävdes enbart hos den operatör, som hade till uppgift att orientera de fotogrammetriska modellerna i instrumentet och medverka vid mätning och kartering. Flera projektörer kunde gemensamt studera terrängförhållandena och med hjälp av lämpliga



8. Stereoautograf Wild A8 för kartframställning och numerisk mätning ur flygbilder. Foto Lundin, Vägverket.

mallar skissera alternativa vägsträckningar och direkt få svar på frågorna om de topografiska möjligheterna. Undersökta vägsträckningar karterades på den ekonomiska kartan, om den fanns tillgänglig. I annat fall karterades terrängdetaljer i skala 1:10 000. Rikets Allmänna Kartverk fotograferade landet med ett visst tidsintervall i skala 1:30 000 och därför var större områden av landet täckta av flygbilder än av den ekonomiska kartan.

I särskilt känsliga partier, där noggrannare topografiska informationer erfordrades som underlag för bedömningar, framställdes ritad karta i skala 1:5 000 med hjälp av stereoautografen Wild A 8, ett instrument för storskalig kartering, som introducerades i mitten av femtiotalet, och som gör tjänst i betydande omfattning för karteringsändamål än i dag.

Man kan nu efteråt konstatera att instrumentet Balplex Plotter genom sin enkla konstruktion och bearbetningssätt blev en god försäljare vid introduktionen av den fotogrammetriska tekniken i vägprojekteringen. Vägverket försåg de flesta av sina vägförvaltningar med en Balplexutrustning och den användes in på sjuttiotalet, tills dess att de moderna ekonomiska kartorna med nivåkurvor fanns tillgängliga.

Resultatet från lokaliseringsstadiet bestod, dels i principerna för

vägnätets utformning inom den aktuella regionen, dels en eller flera terrängkorridorer om några hundra meters bredd, inom vilka det aktuella vägobjektet kunde lokaliseras. Efter övrig anpassning till den regionala utvecklingen av samhället utsorterades de olika korridorerna tills en eller högst två korridorer återstod.

Utredningsstadiet

I utredningsstadiet bestod uppgiften i att inom terrängkorridoren passa in lämplig linjeföring för vägobjektet, preliminärt men så långt i detalj, att det enbart blir fråga om smärre justeringar i samband med nästa projekteringsstadium. För att kunna göra detta erfordras topografiska terränginformationer med högre noggrannhet än i föregående stadium. Ett medelfel i plan och höjd mindre än 0,3–0,5 m erfordras. Det finns ett samband mellan flyghöjd för flygfotograferingen, skala hos flygbilderna och noggrannheten i bearbetningen. Den påverkas även av typen av bearbetningsinstrument. Den valda terrängkorridoren flygfotograferades från 2 000 m flyghöjd, vilket gav en bildskala av 1:13 000 och en bearbetningsskala i Balplexinstrumentet av 1:4 000 och i Stereoautografen A 8 av 1:2 000.

Flygbilderna orienterades i Balplexinstrumentet varvid bearbetningsskalan blev 1:4 000. Vägprojektören kunde nu arbeta direkt i den fotogrammetriska tredimensionella modellen och med hjälp av mallar undersöka möjligheter till inpassning av väglinjen i terrängen. Han kunde också diskutera alternativen med kolleger, eftersom instrumentet medger att flera personer studerar modellen samtidigt. Erforderliga mätningar av profiler eller tvärsektioner kunde enkelt utföras i samband med inpassningen av olika väglinjer. Som slutresultat av balplexbearbetningen upprättades en plankarta i skala 1:4 000 över väglinjernas omgivning och längdprofiler, parallellprofiler eller tvärsektioner mättes och registrerades. Samtidigt studerades bilderna med hjälp av spegelstereoskop, bildtolkning, i de avsnitt där markens bärighet kunde ifrågasättas. På så sätt kunde de geotekniska fältundersökningarna för detta stadium begränsas.

Efter preliminära beräkningar av massförflyttning etc kunde preliminär kostnadsberäkning för olika alternativ genomföras, brolägen och andra konstarbeten definieras etc inför val bland alternativen. De olika alternativen studerades i terrängen och kontakterna med olika intressenter, markägare, kommunal planering etc genomfördes och så småningom kunde ett av alternativen väljas. Det var en betydande styrka i processen, att många alternativ kunde studeras inför valet av slutlig lösning och olika intressen kunde på så sätt tas till vara.

Omkring den slutligen valda väglinjen upprättades ur samma bildmaterial en karta i skala 1:2 000 försedd med nivåkurvor med 1 m ekvidistans. Med hjälp av denna karta kunde nu väglinjen detaljinpassas till terrängen under hänsynstagande till gällande specifikationer

etc. Kartan var också ett bra hjälpmedel, då vägförslaget skulle presenteras för en bredare publik, innan slutlig fastställelse kunde ske.

Ett av problemen för den fotogrammetriska bearbetningen bestod i anskaffningen av erforderliga geodetiska mätningsdata för kontroll och anpassning av modellen till markens system. Det erfordrades koordinatbestämda punkter markerade i terrängen och signalerade inför flygfotograferingen, så att de kunde återfinnas i bilderna. Det enklaste sättet att koordinatbestämma dessa punkter var genom polygontågsmätning, som innebär mätning av längder och vinklar mellan punkterna.

Vinkelmätningen skedde med teodolit, men för längdmätningen var man i början av femtiotalet hänvisad till mätning med 100 meters mätband. Eftersom avstånden i det polygontåg, som användes som stöd för den fotogrammetriska bearbetningen under utredningsstadiet, i allmänhet uppgick till flera hundra meter, var längdmätning med mätband opraktisk.

Det innebar därför ett stort fall framåt, då elektroniska instrument introducerades för längdmätning. Det första instrumentet, som användes för detta ändamål var en *Tellurometer.* Det var ett instrument, som arbetade med en modulerad radiovåg och med hjälp av två stationer, i princip en sändare och en mottagare, kunde man registrera, hur lång tid radiovågen var på väg mellan de aktuella punkterna och översätta tiden till avstånd med olika ganska enkla formler. Instrumentet innebar en betydande utveckling för den geodetiska



9. Tellurometer, längdmätningsinstrument som arbetade med radiovågor. Foto Lundin, Vägverket.

mätningstekniken, eftersom man nu fick möjligheter till mätning av långa avstånd, från 100 m till flera kilometer med mycket hög noggrannhet. I början var Tellurometerinstrumenten inte särskilt fältmässiga, men när barnsjukdomarna reducerats och operatören lärt sig instrumentet, fungerade det mycket bra under många år. Det var alltså en utveckling, som tillsammans med den fotogrammetriska utvecklingen gick hand i hand med utvecklingen av vägprojekteringsmetodiken.

Samtidigt pågick introduktionen av *Geodimetern* – ett svenskt instrument, som baserades på ljusets hastighet. Modulerade ljuspulser från ett sändarinstrument reflekteras av en reflektor, glasprisma, som sänder tillbaka ljuset till sändaren. Tiden, som ljuspulsen varit på väg registreras i sändaren och resultatet blir det lutande avståndet mellan punkterna. I de första instrumentversionerna erfordrades ett omfattande avläsnings- och beräkningsarbete för att få fram avståndet. Det första instrumentet benämndes *AGA Geodimeter modell 4*, det har senare följts av en intensiv utveckling fram emot en *Geodimeter Modell 400*, som är en s k totalstation för såväl mätning av vinklar och avstånd som för beräkning och utsättning av utsättningsdata för olika ändamål. Det största problemet vid introduktionen av geodimetern

10. Geodimeter Modell 4, längdmätningsinstrument som arbetade med pulserade ljusvågor. Foto Lundin, Vägverket.



för längdmätning var att mätningarna måste utföras i mörker under natten. Dagsljuset störde ljusstrålens gång från geodimetern till reflektionsprismat och tillbaka. Allteftersom instrumentet utvecklades förbättrades möjligheterna att mäta även långa sträckor i dagsljus.

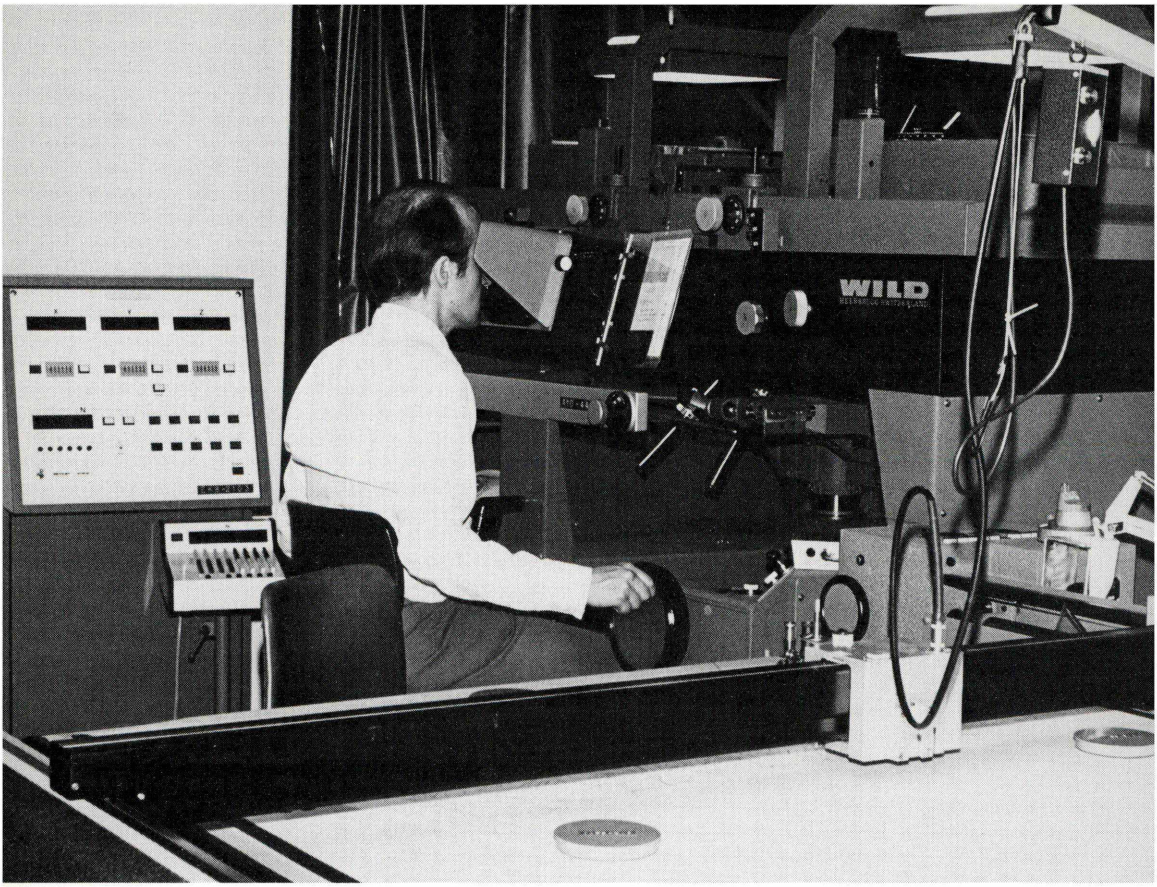
Detaljprojekteringsstadiet

Uppgiften i detaljprojekteringsstadiet var att bygga upp en vägkropp omkring den väglinje, som fastlagts under utredningsstadiet. Det kunde också bli fråga om smärre justeringar av vägens linjeföring i såväl plan som höjd för att förbättra vägens funktionella möjligheter och för att bättre anpassa den till dess omgivning. För att kunna göra detta erfordrades detaljerade terrängdata i form av längdprofil och tvärsektioner samt detaljkarta i skala 1:500 eller 1:1 000 särskilt över områdena närmast vägkorsningar och trafikplatser. Även för detta projekteringsstadium utvecklades teknik för användning av flygbilder.

Omkring den fastlagda väglinjen från utredningsplanen rekognoscerades, markerades och signalerades ett nät av geodetiska punkter, polygonpunkter. Dess punkter skulle tjäna flera ändamål. Dels skulle de utgöra stöd för den fotogrammetriska bearbetningen, dels skulle de utgöra fixpunkter i plan och höjd för utsättning av väglinjen och vägkroppen både inför den slutliga bearbetningen och i samband med byggandet.

Flygbilderna fotograferades från 600–800 m flyghöjd och bearbetades i *stereoautografen Wild A 8*. Som resultat erhölls tvärsektioner och längdprofil utmed väglinjen. Huvudproblemet med utnyttjandet av fotogrammetri för detaljmätningen bestod i, att vegetationen hindrade insyn mot marken, varför kompletteringsmätningar blev erforderliga i betydande omfattning. Ett annat problem i början var registreringen av numeriska data i den fotogrammetriska modellen. Avläsningen måste ske för hand och eftersom det rörde sig om stora mängder data, blev inflytandet från den mänskliga faktorn stark, vilket krävde omfattande kontrollfunktioner. Dels skulle data avläsas och registreras, dels skulle dessa data stansas på hålremsa för den följande databehandlingen för olika beräkningar.

Utvecklingen tog ett stort steg framåt, då möjligheterna öppnades till automatisk registrering av de fotogrammetriska data på hålremsa, direkt anpassad för databehandlingen. Det första koordinatregistreringsverket benämndes EK 5. Kvar stod emellertid problemen med vegetationstäcket. Därför utfördes de erforderliga mätningarna till största delen i fält. Även för dessa mätningar fick man se upp med den mänskliga faktorn, eftersom registreringarna i de mätningstekniska elementen skedde för hand, varefter data också stansades för hand på hålremsa för den efterföljande databehandlingen. Så småningom förseddes emellertid även de geodetiska instrumenten med utrustning för automatisk registrering av data med hjälp av en s k datastack, varvid



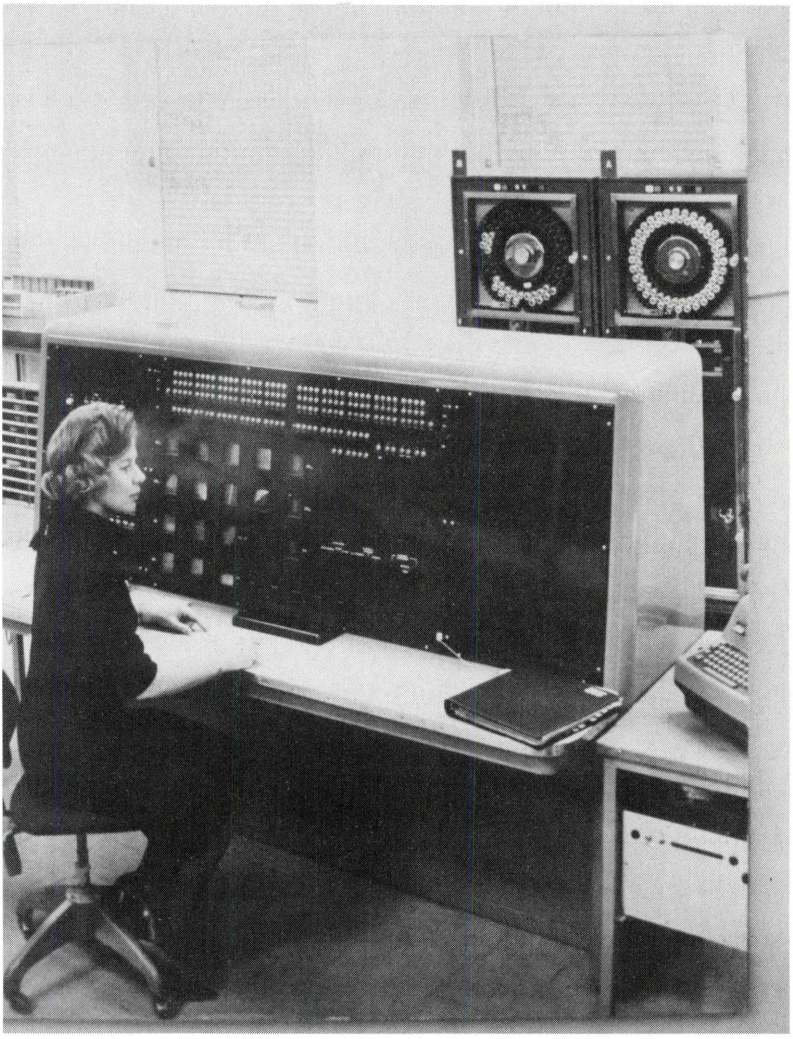
11. Stereoautograf Wild A10 försedd med utrustning för automatisk registrering av numeriska data. Foto Lundin, Vägverket.

säkerheten i registreringen steg avsevärt. Data kunde därefter direkt överföras till datamaskinen från datastacken, vilken egentligen tjänstgjorde som ett yttre minne.

Ett av problemen under detaljprojekteringsskedet var att sätta ut väglinjen i terrängen från den karta, där den redovisades. Utsättningsdata skaffades till en början på grafisk väg, vilket var en tidskrävande metod, som inte gav erforderlig noggrannhet utan en mängd anpassningar och justeringar. Detta problem fick emellertid en god lösning i och med introduktionen av automatisk databehandling i vägprojekteringsprocessen.

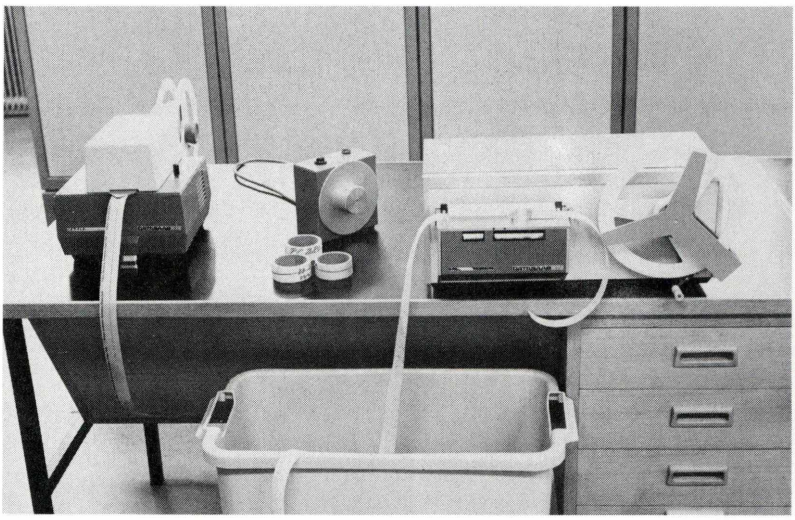
Automatisk databehandling

Datamaskinen introducerades i vägprojekteringsprocessen i mitten av 1950-talet. Den första datamaskinen var utvecklad av *Facit*. Maskinen matades med hålremsor av papper. Programmen för styrningen av beräkningen låg också på hålremsor och måste matas in och lagras i maskinens minne före varje beräkning. Ingångsdata för beräkningarna stansades på hålremsa och resultatet från beräkningarna erhölls också



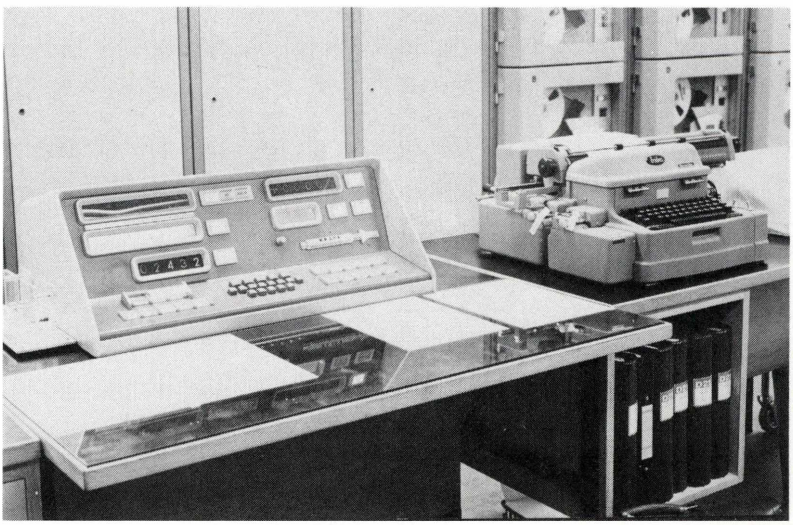
12. Den första datamaskinen som introducerades i vägprojekteringsprocessen var utvecklad av Facit. Lägg märke till karusellen i övre högra hörnet av bilden. Foto Lundin, Vägverket.

på hålremsa. Utskrift till klartext skedde sedan med hjälp av stansmaskinen. Ett av problemen var datamaskinens begränsade minnesutrymme. För att öka ut detta försågs maskinen med en minneskarusell, som bestod av ett antal magnetspolar arrangerade i en karusell. På dessa spolar kunde programmen lagras och relativt snabbt överföras till maskinens kärnminne. Denna princcip för att överföra programmen till minnet fick en stor internationell uppmärksamhet under en begränsad tid, tills minneskapaciteten utvecklades och magnetbanden för lagring av såväl program som ingångsdata och resultatdata gjorde entré.

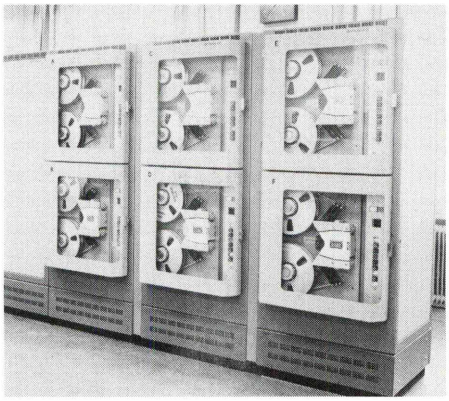


13. Datorn (SAAB D 21) matades med hålremsa av papper. Utdata erhölls också på hålremsa. Foto Lundin, Vägverket.

De första applikationerna berörde beräkning av massor och massförflyttningar. Ingångsdata var dels terrängdata, profiler och tvärsektioner, som erhållits antingen med fotogrammetriska metoder eller med fältmätning, dels data om markslaget, förekomst av berg etc, dels data om vägens typsektion, dels data om vägens linjeföring i längd- och höjdled. Resultatet bestod i en massförteckning, sektion för sektion, uppdelad på bergmassor och jordmassor, schakt och fyllning.



14. Datamaskin SAAB D 21. Lägg märke till utrustningen för stansning och utskrift. Foto Lundin, Vägverket.

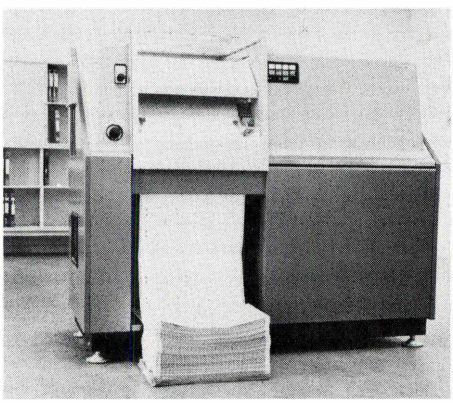


15. Introduktionen av magnetband i databehandlingen var väsentlig. Foto Lundin, Vägverket.

Nästa version av datamaskin utvecklades och tillverkades av *SAAB* i samband med flygplansutvecklingen. Den kommersiella versionen benämndes *SAAB D 21*. Även den maskinen matades med hålremsa eller hålkort. Den första maskinen inköptes av vägverket tillsammans med Sveriges Meteorologiska Institut, SMHI. Utnyttjandet av maskinen delades lika. Den hade en kapacitet, som för den tidens krav var väl avpassad för de krav, som ställdes från vägprojekteringen. *SAAB D 21* invigdes under viss pompa av kommunikationsministern Gösta Skoglund. Maskinen försågs så småningom med skrivare för direkt utskrift av beräkningsresultatet och med magnetband för lagring av program och data.

Nästa version var *SAAB D 22*, som innebar ett betydande utvecklingssteg, vad gällde såväl snabbhet som utrymme och tillgänglighet. Skivminnen kunde introduceras och skrivarna för utdata blev avsevärt effektivare. Vägverket skaffade sig en egen datamaskin.

Nästa version av datamaskin skulle ha blivit *SAAB D 23*, vilken på papperet skulle innebära ett stort utvecklingssteg vidare. Maskinen kom emellertid aldrig till kommersiellt utförande. Nästa steg blev



16. Introduktionen av snabbskrivare för resultatet av databehandlingen betydde ett stort steg framåt. Foto Lundin, Vägverket.

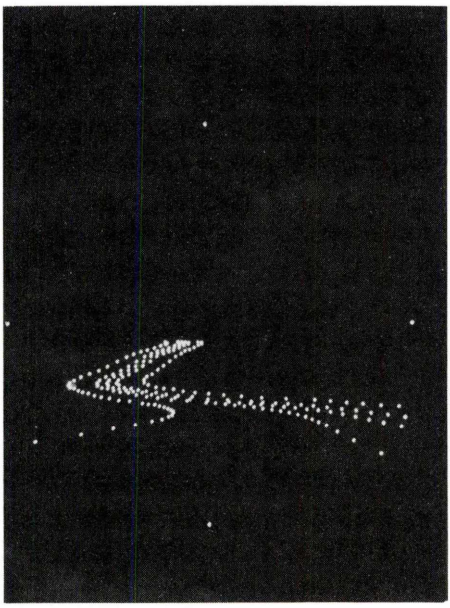
därför en *UNIVAC* dator och i samband med utlokaliseringen till Borlänge 1979–1980 installerades ett kraftfullt datorsystem av fabrikat *UNIVAC* bl a med betydande terminalkapacitet.

Automatisk ritning

Introduktionen av databehandling i vägprojekteringsprocessen innebar framställning av stora mängder av numeriska data. Dessa data måste grafiskt åskådliggöras för såväl projektörer som för beslutsfattare och byggare. Därför betydde utvecklingen och introduktionen av maskiner för automatisk ritning av de data, som datamaskinen framställt, mycket för utvecklingen av projekteringsprocessen. Att rita för hand var mycket tidsödande och gav dessutom utrymme för den mänskliga faktorn. Resultatet blev alltså även väsentligt noggrannare och säkrare. Den första ritmaskinen, som introducerades var en kombination av styrenhet, utvecklad och tillverkad av *Kongsberg AS* i Norge och ett karteringsinstrument utvecklat och framställt av *Aristo AG* i Tyskland. Styrinstrumentet var utvecklat för automatisk styrning av flame-cutters för varvsindustrin och introducerat bl a hos *Kockums* i Malmö.

Koordinatografen Aristo var utvecklad för ritning av kartor. Data för ritningen erhölls på hålremsa från databehandlingen. Instrumentet utnyttjades till en början främst för ritning av väglinjer, profiler och tvärsektioner samt massdiagram. Allteftersom utvecklingen av vägprojekteringsprocessen fortskred ökade också anspråken på grafisk redovisning, bl a i form av perspektivritningar och då ökade kraven på kapacitet hos ritmaskinen. Nästa instrumentversion för den automatiska ritningen kom från *Kongsberg*, som nu hade utvecklat hela ritproceduren, med styrenhet och koordinatograf. Noggrannhet och kapacitet hos denna version låg väl i fas med utvecklingens krav. Den automatiska ritningen av perspektivbilder tillförde vägprojekteringsprocessen en viktig dimension. Kraven på teknik för en objektiv presentation av vägprojekteringsresultatet steg, allteftersom intresset från allmänhet och beslutsfattare i samhället steg för eller emot ett vägprojekt. Man ville på enklast möjliga objektiva sätt se och konstatera, vilka konsekvenser olika alternativa lösningar får för omgivningen och för samhället, innan vägen är byggd. Därvid är perspektivritningar ett bra hjälpmedel tillsammans med olika bildmontage.

Även för bildmontage erfordras beräkning och ritning av perspektivbilder. Eftersom det alltid finns utrymme för manipulation, så snart man använder bildmedium, måste projektören vara mycket noga med, att produkterna på ett objektivt sätt visar konsekvenserna. Utvecklingen av hela vägprojekteringsprocessen har strävat efter detta. Det utvecklades även teknik för presentation av kontinuerliga perspektivritningar i sådan sekvens, att man får intrycket av att färdas på vägen innan den är byggd. Sådan teknik visades för första gången



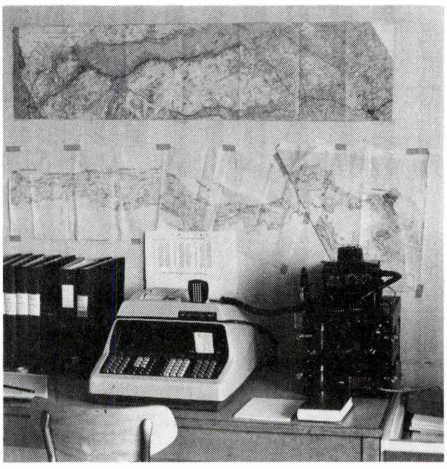
17. Det första automatiskt ritade perspektivet av en väglinje.

vid en internationell konferens i Essen i Tyskland år 1962. Filmen var producerad av Nordisk ADB AB.

Man kan säga, att utvecklingen av såväl datorer som ritutrustningar har legat väl i fas med utvecklingen av vägprojekteringsmetodiken. Ibland har metodiken styrts av utvecklingen inom informationsteknologin, ibland har kraven från projekteringsmetodiken påverkat utvecklingen inom informationsteknologin.

Minidatorer

Utvecklingen av terminalhantering och små datorer har också varit av betydande intresse för projekteringsmetodiken. Det var alltid ett



18. Tillgången på smådatorer innebar att projektören kunde frigöra sig från mellanhänder. Bilden är från projekteringen av Kiruna–Narvik-vägen. Karta, väglinjedator och radiokommunikation. Foto Lundin, Vägverket.

problem för vägprojektören, att vara beroende av programmerare eller operatörer för att kunna utnyttja datorns fördelar. Kapaciteten hos datorn och efterfrågan på dess tjänster stämde inte alltid överens i början av utvecklingen. Dessutom måste data från de regionala projektörerna i början sändas per post till Stockholm för att stansas på hålremsa, beräknas, skrivas ut och sändas tillbaka per post. Det tog därför lång tid och blev en omständlig procedur att korrigera de fel, som kunde uppstå. Men man var ju i början av en intressant utveckling. Introduktionen av små datorer, bordsdatorer, PC etc, blev därför ett bra hjälpmedel för projektören att själv behärska hela projekteringsprocessen, och i de fall, då det erfordras kraftfullare datorer, kan dessa nås genom terminalhantering.

Vidareutveckling av vägprojekteringsmetodiken

De grundläggande principer för vägprojekteringsmetodiken, som utvecklades under 1950- och 60-talen gäller än i dag. Kraven på kvalitet och kapacitet har emellertid ökat och man kan konstatera, att utvecklingen av hjälpmedlen för projektören har varit väl i fas med kraven. Informationsteknologin medger i dag möjligheter, vilka under 50-talet betraktades som svåruppnåeliga önskemål.



Kraven på konsekvensbeskrivningar av olika slag för de olika vägalternativen har stadigt ökat. Dessa beskrivningar har dels gällt de ekonomiska effekterna och trafiksäkerhetskonsekvenserna, dels och framförallt de miljömässiga konsekvenserna, buller, avgaser, estetik etc. Under de senaste åren har t ex bestämmelser utfärdats om, att till varje vägprojekt skall höra en beskrivning av miljökonsekvenserna, MKB. I denna skall beskrivas effekterna för Naturmiljön, Rekreation, Landskapsbild/Stadsbild, Kulturminnesvård, Buller, Luftföroreningar, Vattenföroreningar och Vibrationer. Dessa krav innebär behov av tillgång till en stor informationsmängd för projektören.

Utvecklingen av vägprojekteringsmetodiken har gått hand i hand med utvecklingen av teknologi och informationsanskaffning och informationsbehandling. Under årens lopp har de erforderliga hjälpmedlen successivt utvecklats emot högre kvalitet och bättre tillgänglighet. Introduktionen av olika typer av databanker eller databaser innebär ökad tillgänglighet till informationer, förutsatt att databaserna är så konstruerade, att utinformationerna lätt kan erhållas. Detta ställer stora krav på standardisering, ett begrepp, som har haft stor svårighet att få genomslag, men som nu uppmärksammas mer och mer.

Databaser

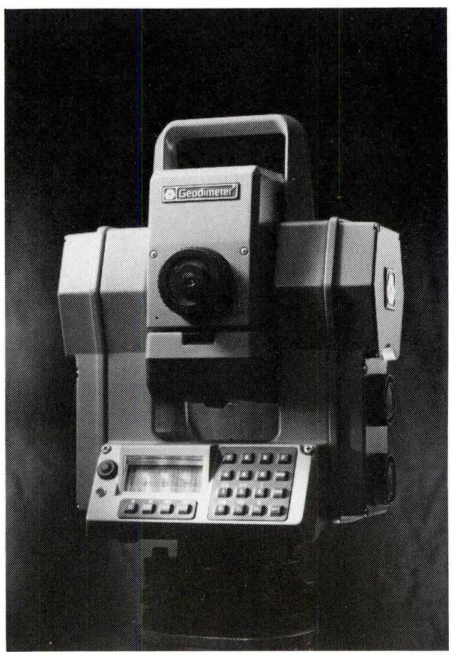
Vägverket började under 1970-talet att bygga upp en databank, *Vägdatabanken*, för att på ett ställe samla in och bearbeta de informationer om vägnätet, som var relevanta som underlag för kommande planeringar av investeringar, förbättringar och underhåll. Alltefter-som informationsteknologin har underlättat konstruktionerna av

databaser har vägdatabanken utvecklats i rätt riktning att utnyttjas som underlag för väghållningsplanering av olika slag.

De officiella kartorna över landet förs nu över till databas. Det svenska Lantmäteriet håller på att bygga upp *Geografiska Sverige-Data, GSD*, vilket innebär geografisk landskapsinformation i digital form. Dessa databaser byggs ut successivt, med grundläggande geografisk information och systemet kommer att vara utbyggt under 1990-talet. Systemet kommer att omfatta administrativa gränser, fastighetsindelning, fornlämningar, hydrografi, höjdförhållanden, järnvägar, ledningar, markanvändning, ortnamn, tätorter, vägar. Därigenom kommer *GSD*, när systemet väl är introducerat, att öka möjligheterna till ett mera flexibelt utnyttjande av lägesbestämd information, vilket är väsentligt för vägprojektören, främst i det inledande projekteringsstadiet. Dessutom kommer möjligheterna att samarbeta dessa informationer med informationer från andra databaser, att utvecklas, vilket kvalificerar underlaget för analyser och beslut.

Mätningsteknisk utveckling

Inom *mätningstekniken* har de elektroniska längdmätningsinstrumenten kombinerats med vinkelmätningsinstrumenten, teodoliterna. De moderna instrumenten använder modulerat ljus eller laser för avståndsbestämningen och elektronik för vinkelmätning i ett och samma instrument. Instrumenten är också försedda med system för automatisk registrering, vilket innebär, att de inmätta data kan erhållas antingen på ett magnetband eller lagrade i ett separat externt eller



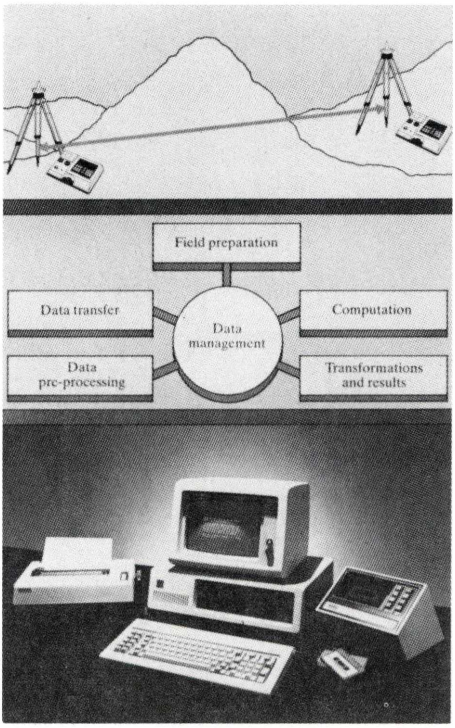
19. Geodimeter 460, totalstation för geodetisk mätning och utsättning.

internt minne t ex i datastack, så att data direkt kan överföras till databehandling. De mest avancerade instrumenten har även en inbyggd dator, så att erforderliga transformationer och beräkningar kan utföras i instrumentet. Detta har bl a stora fördelar vid utsättning av vägbyggnadselement etc. De system, där samtliga funktioner byggts in i ett och samma instrument brukar betecknas *totalstationer.* Instruktioner till operatören för mätningsarbetet och dess resultat kan erhållas på en display eller teckenruta.

Registreringen av mätta data har alltid varit den svagaste länken i den mätningstekniska proceduren, eftersom den till så stor del har varit beroende av den mänskliga faktorn. Därför innebär introduktionen av automatik i instrumenten en avsevärd ökning av såväl kvalitet, som kapacitet.

Utnyttjande av totalstation för utsättning innebär, att data kan direkt överföras från projektörens resultat till fältet utan att påverkas av mänsklig hand. Beräkning av utsättningsdata kan göras antingen i samband med projekteringen eller av totalstationen under utsättningens gång. Exempel på totalstation kan vara Geodimeter Nr 440.

GPS Ett av problemen med inmätningen av fixpunkter i plan och höjd i samband med vägprojekteringens första stadier har varit möjligheterna till geodetisk kontroll och till anslutning av punkterna till rikets



20. Global Positioning System, GPS. Antenn och mottagare samt datorutrustning.

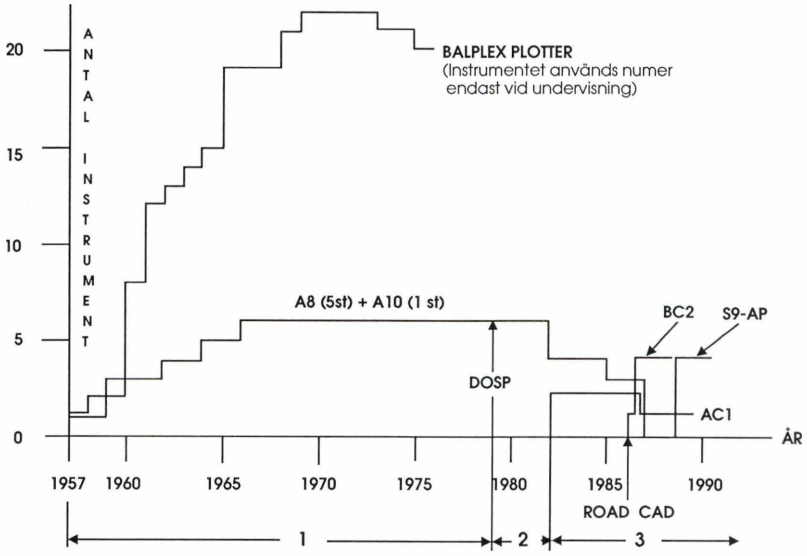
koordinatsystem. Olika metoder härför har använts under senare tid, men det är först nu, som ett verkligt effektivt system har utvecklats, benämnt *Global Positioning System, GPS*. Detta system, som innebär lägesbestämning med hjälp av satelliter, var ursprungligen ämnat som ett navigeringshjälpmedel för både civilt och militärt bruk. Med hjälp av signaler, som utsändes från satelliter och som innehåller kodad information, skulle i stort sett omedelbar lägesbestämning kunna göras. Hittills har 11 satelliter placerats i sina banor runt jorden och under 1991 kommer ytterligare 10 satelliter att sändas upp. Satelliterna befinner sig på ca 20 200 km höjd från jorden för att ge en så bra täckning av jordytan som möjligt samt för att möjliggöra mätningar under hela dygnet. För att utföra mätningar mot satelliterna erfordras en *GPS-mottagare*. Denna består av en antenn, en mottagare med dataprocessor samt en kontroll/displayenhet.

Med hjälp av detta system kan nu positionsbestämning ske i såväl plan som höjd. Härigenom kan erforderliga kontrollpunkter för polygontågen effektivt erhållas, samtidigt som anslutning kan ske till rikets koordinatssytem i plan och höjd. I den fortsatta utvecklingen kommer GPS-tekniken att kunna användas även i samband med utsättning i terrängen av vägbyggnadselement, dels i samband med projekteringen, dels i samband med byggandet. Noggrannheten är hög. Medelfelet i plankoordinaterna kan anges till 1–2 cm.

Den fotogrammetriska utvecklingen

Utvecklingen av den fotogrammetriska teknologin och instrumenten härför har inneburit en övergång från analog fotogrammetri till analytisk-digital fotogrammetri. Med analogt instrument förstås ett instrument, där den fotogrammetriska modellen konstrueras analogt i instrumentet. Ljusstrålarna representeras av stålstänger, såsom i *Stereoautografen Wild A 8* eller genom optisk projektion såsom i *Balplex Plotter*.

Med analytiskt instrument förstås ett instrument, där den fotogrammetriska modellen byggs upp på numerisk-elektronisk väg, genom att ett system av koordinatgivare och servomotorer övervakas av en minidator, som hela tiden justerar läget hos instrumentets bildhållare och betraktningssytem, i takt med att inställningen av modellkoordinaterna ändras med handrattar. Vid de analoga instrumenten består bearbetningsresultatet av karta eller numeriska koordinater. Vid de analytiska instrumenten består resultatet av koordinatdata med sina kodbeteckningar för identifikation, redovisade på datamedium, databas, antingen för numerisk presentation eller för grafisk presentation i form av karta i önskad skala med önskat innehåll, profiler, terrängmodeller etc. Ritbordet för den grafiska presentationen är separat. En betydande fördel för analytisk fotogrammetri i förhållande till analog är, att alla erforderliga korrektioner, som kan erfordras för ett bra resultat, enkelt kan tillfogas till bildkoordina-



21. Övergången från analog till analytisk digital fotogrammetri skedde successivt under första delen av 1980-talet. Foto Vägverket.

terna före transformation till markkoordinater. Det bidrar avsevärt till höjning av kvalitén i slutresultatet.

Detta förhållande innebär i sin tur möjligheter att utnyttja högre flyghöjder för fotograferingen, vilket i sin tur ökar insynen i framförallt skogklädd terräng. Den digitala tekniken har medgivit att numera enbart en flygfotografering erfordras för utredning–detaljprojektering av vägobjekt. Den valda flyghöjden för detta ändamål är 1 000 m. Som exempel på analytiskt instrument för digital bearbetning må *Wild Aviolyt* samt *Zeiss Planicomp* nämnas.

22. Wild Aviolyt. Modernt instrument för analytisk digital bearbetning av flygbilder.



I dessa instrument tar processdator, elektroniska kontroller och datorprogram över större delen av rutinfunktionerna för orientering, koordinattransformation, registrering och presentation. Instrumenten är dessutom försedda med anordning för inspegling i den observerade fotogrammetriska modellen av existerande kartor, ritningar etc, vilket har en betydande fördel, då det gäller att uppdatera eller komplettera kartor eller att kontrollera, att alla aktuella terrängdetaljer har medtagits i registreringen.

Kring instrument av dessa typer kan en fotogrammetrisk arbetsstation byggas upp så, att terränginformation kan inhämtas, behandlas och utnyttjas i ett sammanhang. Detta är synnerligen värdefullt i samband med vägprojektering, då alternativa lösningar effektivt kan utvärderas, dokumenteras och presenteras i grafisk resp numerisk form.

Ortofoto

En annan intressant utveckling inom fotogrammetrin gäller den s k ortofototekniken. I en vanlig flygbild påverkas redovisningen av en punkt, dels av punktens höjdläge i förhållande till ett referensplan, dels av att flygbilden inte kan fotograferas som en exakt lodbild på grund av flygplanets krängningar i luften. Inverkan på punktens läge av kameraaxelns lutningsvinklar kan korrigeras genom s k rektifiering, men kvar står inverkan från höjdförhållandena. För att denna inverkan skall elimineras, måste bilden kopieras med små bildelement i taget, där höjdinverkan elimineras. Detta förfarande, som benämnes *ortofototeknik*, erfordrar data om den fotogrammetriska modellens höjdförhållanden och därför styrs ortofotoinstrumentet, direkt eller indirekt, från ett fotogrammetriskt instrument, där modellen bearbetas så, att styrdata för ortofotinstrumentet erhålles. Ortofot ser ut som en vanlig förstoring av en flygbild, men har ortoprojektionens geometriska egenskaper, varför den geometriskt är att jämställa med en karta. Dessa bildkartor innehåller väsentligt mer information, än vad en karta kan innehålla. De moderna officiella kartorna över Sverige bygger till stor del på ortofotobilder.

Satellitbilder

Satellitbilder utnyttjas i ökande utsträckning för översiktlig planering och projektering för olika ändamål. Den senaste utvecklingen inom detta område innebär, att tredimensionella modeller kan erhållas, vilket avsevärt ökar bildernas användbarhet för olika ändamål. Ortofotokartor kan numera erhållas även från satellitbilder i skalor mellan 1:50 000 och 1:250 000. Höjdnoggrannheten i punktbestämningar kan som bäst bli 6 m och plannoggrannheten omkring 5 m.

Den tidigare nämnda *GPS-tekniken* kan användas i samband med lägesbestämning av intressanta punkter eller projekteringselement vid användningen av satellitkartorna, särskilt inom områden där geodetiskt bestämda punkter saknas.

GPS vid flygfotografering

GPS-tekniken utvecklas nu för att användas även vid positionsbestämning av flygkamerans läge i rymden vid fotograferingstillfället. Detta innebär i kombination med gyrostabilisering av flygkameran för att minimera effekten från flygplanets krängningar, att den kostnadskrävande anskaffningen av erforderliga stödpunkter för kontroll av den fotogrammetriska modellen och för dess referens till markens koordinatsystem kommer att avsevärt rationaliseras.

För att kunna följa den fotogrammetriska utvecklingen och för att effektivt kunna omsätta den i praktiken inrättades vid väg- och vattenbyggnadsstyrelsen den 1 maj 1957 en särskild avdelning för fotogrammetri. Denna avdelnings arbetsområde kan indelas i tre huvuduppgifter:

1:a Genom bedrivande av utvecklings- och undersökningsarbete tillvarataga de möjligheter fotogrammetrin erbjuder och vidareutveckla metodiken för flygbildens användning i vägplaneringens tjänst.

2:a Genom undervisning lära ut denna nya metodik till den planerande personalen på vägförvaltningarna.

3:e Genom produktion dels visa att de nya idéerna går att omsätta i praktiken, dels förse vägförvaltningarna med det material av kartor, profilmätningar o.dyl. som erfordras vid vägplaneringens olika stadier.

(Detta manifest innebar startskottet för utvecklingen av vägprojekteringsmetodiken.)

Terrängmodell

En karta i aktuell skala och försedd med nivåkurvor över ett markområde kan anses som en grafisk modell av terrängen. Kartan innehåller erforderliga plandetaljer och höjdkurvorna illustrerar markens höjdförhållanden. En sådan karta kan överföras till en digital terrängmodell genom att de grafiska illustrationerna punktvis anges genom sina koordinater i kartans koordinatsystem. Denna procedur, som benämnes digitalisering, sker med hjälp av ett digitaliseringsbord. För att data skall kunna användas vid återskapandet i datorn av terrängmodellen, måste de registrerade punkterna förses med lämplig kod, som identifierar punkten i fråga.

Det finns olika metoder för att registrera terrängens höjdförhållanden. En metod är att registrera kartans höjdkurvor, en annan är att registrera terrängens brytpunkter i form av polygoner, en tredje kan vara att registrera höjderna i ett rutnät med lämplig rutstorlek över terrängen. Registreringsmetoden hänger samman med den interpoleringsmetod, som dataprogrammet använder för att bygga upp terrängmodellen i datorn. Terrängdata kan också anskaffas genom ter-

restra, mätningstekniska, takymetriska, metoder, varvid lämpligen en modern totalstation av typ *Geodimeter 440 eller 460* kan användas. Genom att använda en totalstation kan de registrerade data kontrolleras, innan operatören lämnar mätningsområdet. Terrestra metoder användes främst, när det aktuella mätområdet är begränsat eller då vegetationen hindrar insyn från luften. Terrängdata kan också anskaffas med fotogrammetriska metoder, varvid mätmetoden anpassas till de krav, som modellprogrammet anger. Lämpliga instrument för dessa mätningar är de analytiska instrumenten som nämnts ovan, *Wild Aviolyt, Zeiss Planimat, Kern DSR.* I dessa arbetsstationer kan data registreras, kontrolleras, transformeras och lagras i databas i *en* procedur, vilket innebär en rationell bearbetning. Även markens geologiska och geotekniska förhållanden kan registreras och lagras i en terrängmodell.

Geologisk flygbildtolkning

Flygbilder är ett bra hjälpmedel vid insamling av geovetenskaplig information inom geomorfologi, berggrundsgeologi, kvartärgeologi och hydrologi. Med hjälp av bildtolkning kan den erfarne geologen dels avgränsa och klassificera intressanta områden, dels kvantifiera tillgången på det material, som är aktuellt t ex grus eller berg lämpligt för krossning. Flygbildtolkning och fältkontroll måste alltid gå hand i hand. Avvägningen mellan dem är beroende av undersökningens ambitioner och den aktuella graden av generalisering och måste ske med hänsyn till krav på noggrannhet och kostnad.

Tolkningens kvalitet är beroende av bildmaterialets typ och kvalitet samt bildtolkarens kunskap och erfarenhet inom sitt område. Vid bildtolkning av bergarter och förekomst av byggnadsmaterial måste oftast indirekta indikationer utnyttjas. Vegetation och jordtäcke kan tillsammans med markens konfiguration indirekt ge information om vad som döljer sig därunder.

Den erfarne geologen eller geoteknikern har kunskap om dessa samband och när han studerar flygbilderna, kan han dels avgöra lokalisering och mäktighet av de förekomster, han söker, dels planera erforderlig fältundersökning för att slutligt fastställa förekomsten. Indikationerna i bilderna av jordarter och fuktighetsförhållanden ger också bildtolkaren möjligheter att avgränsa områden med bärighetsproblem, som från byggnads- och anläggningssynpunkt kan vara komplicerade. Dessa områden undersöks därefter i fält, men genom studierna av flygbilderna kan den kostsamma fältundersökningen minimeras.

För bildtolkning användes ofta svartvita bilder, men erfarenheten visar att utnyttjandet av färgfilm av olika slag ger bildtolkaren mer information än vad pankromatiska svartvita bilder kan ge. IR-färgfilm är ett bra hjälpmedel, när berg i dagen skall avgränsas samt när vegetationen utnyttjas som jordartsindikator.

CAD-teknik

Den ovan beskrivna utvecklingen inom de teknikområden, som är intressanta för utvecklingen av vägprojekteringsmetodikens anskaffning och bearbetning av relevant information, har medverkat till att metodiken stegvis har kunnat utvecklas. Projektören får på enklare sätt tillgång till erforderlig information och han kan själv behandla den på det sätt, han önskar. Han är inte till så stor del som förut, beroende av annan expertis för sitt direkta arbete. Han har med andra ord tillgång till data på sitt bord.

Detta innebär att *CAD*-tekniken kan användas även inom vägprojekteringstekniken. Terränginformation, såväl topografisk som geologisk-geoteknisk kan erhållas genom terrängmodeller. Typsektioner för vägkroppens utformning finns i databas. Program för beräkning av massförflyttning, perspektiv, ritningar, byggnadskostnader, utsättningar etc finns också tillgängliga i systemet. Olika alternativa lösningar kan illustreras på grafisk skärm eller ritas automatiskt och studeras och diskuteras med kolleger och andra intressenter. Konsekvensbeskrivningar kan upprättas och illustreras. De flesta beräkningarna kan utföras med en kraftfull PC och när den inte räcker till, finns anslutningsmöjligheter till en större dator.

Denna utveckling av projekteringsmetodiken är under introduktion i många länder i dag.

Slutord

Kraven på undersökning och dokumentation av olika tänkbara alternativa lösningar med deras konsekvenser har stadigt ökat under årens lopp sedan 1950-talet. Samtidigt har emellertid utvecklingen inom elektroniken och informationsteknologin successivt ökat projektörens möjlighet till att anskaffa, bearbeta och presentera erforderlig information av olika slag. Informationsteknologin kommer att utvecklas vidare och så kommer också att ske med metodiken för vägprojektering baserad på den grund, som lades under 1950–1960-talen.

Developments in road planning since the 1950s

Summary

With the development of the motor car as a means of transport after the Second World War, the demands placed on the country's roads and road maintenance increased dramatically. The road system consisted largely of low capacity gravel roads and the expanding volume of traffic entailed increasing problems with traffic safety. In the first road plan—Road Plan 57—guidelines were drawn as to how the road system should be developed in the coming decades to meet estimated demands as regards both passenger and goods transport. Principles for the primary and secondary road system were fixed and questions relating to standards were discussed.

The need for improvements in techniques both for road planning and for road construction and maintenance became increasingly evident with the

increasing capacity and safety demands. Internationally too, in Europe and USA, the tendencies were plain. Demands on road transport increased at the same time as the railways had difficulties in holding their own. There was increased interest in door to door transport and finished products began to play a more important role in goods transport. The transport of raw materials continued to have great importance but at the same time the need for fast and safe transport increased. In recent years the increased interest in the rational use of capital in industry has given rise to a completely changed view regarding store management. As a result the concept *Just in Time* has begun to be increasingly applied in the field of goods transport and this has meant dramatically altered speed and quality reguirements as far goods transport is concerned.

Developments in information and communications technology which took place at the beginning of the 50s resulted in an ever increasing interest in—and need for—mobility. The effect of this—in conjunction with increased affluence—was that motor transport increased thus stepping up requirements as regards road maintenance. In today's world the need for mobility is great, a fact reflected in the dramatic increase in road transport in recent years. Simultaneously collective traffic has experienced difficulty in expanding and developing. This i largely a result of political indecision which has meant that difficult decisions have been postponed until the problems have become so large that there are obvious difficulties in finding requisite finance. In the meantime the development of society has meant that people are increasingly dependent on access to private transport.

Work on road planning at the beginning of the 50s gave rise to increased discussion of road standards and the influence of developments in Europe and USA were obvious. In the USA an important test—*AASHO ROAD-TEST*—was carried out to find out how the demands on highway carrying capacity in relation to heavy traffic were to be met.

From the 50s onwards there was a dramatic increase of interest in road design partly as a means to creating a simpler and safer traffic environment and partly as a way of merging the road with its surroundings, and the concept of *Road Aesthetics* was much employed. In Germany and Italy, technologies for the so called soft alignement of roads were developed. This meant that priority was given to ensuring that the road merged with its surroundings. An effort was made to avoid straight stretches of road scarring the countryside. Instead transition curves in the form of clothoids were introduced between the circular curves. Certain schools required that straight stretches should be completely avoided and that the line of the road should be made up of circular curves with clothoids as transition curves. A clothoid is a curve with a continously incrasing radius, a kind of spiral.

The debates in the 50s and 60s were concerned with questions of noise and requirements that the extension of the road system should be designed for minimal noise disturbance, were important.

The extension of the road system also had to take into account industrial and housing developments and consequently the demands on economic planning techniques were crucial. Questions of priority became increasingly important with the realisation that all the various needs could not be satisfied at once. The development of these techniques at both a national and regional level, accelerated as did techniques for traffic estimation and analysis. Forecasts regarding traffic development form an important part of the discussion about road standards and priority.

The need for all kinds of information as a basis for planning and carrying out road maintenance increased dramatically at the beginning of the 50s.

Some of it was needed for community planning. Other information concerned traffic, its projected composition and development. There was topographical and geological information about the countryside where the road was to be built and put into use and there were various types of information about the existing road network e g for providing a basis for the planning and carrying out of road maintenance.

In forecasting, developments in technology were needed to process all this information so that different alternative solutions could be studied and analysed satisfactorily.

Moreover there was an acute need of technology to present the results of road design plans to decision-makers and the general public to ensure that the plans would in fact be accepted.

During the same period, planning and forecasting benefited from advances in information processing, photogrammetry and geodetic measurement techniques, both internationally and in Sweden. Developments in Germany, Switzerland and USA were somewhat in advance of those in Sweden but through well established cooperation a great deal of the early lessons could be transferred here so that initial efforts were made easier.

Developments have thereafter kept pace with the development of auxiliary means. Progress in information technology towards more advanced but at the same time simpler facilities, continues to play an important role in effective road planning and design.

Teknik- och industrihistoria



Chassimontering vid Scania i Södertälje. Foto Kay Danielson, TM.